

РОССИЙСКАЯ
АКАДЕМИЯ
НАУК
*Институт проблем
управления*

РОССИЙСКАЯ
АКАДЕМИЯ
ОБРАЗОВАНИЯ
*Институт управления
образованием*

Д.А. Новиков, А.Л. Суханов

**МОДЕЛИ И МЕХАНИЗМЫ УПРАВЛЕНИЯ
НАУЧНЫМИ ПРОЕКТАМИ В ВУЗАХ**

Москва – 2005

УДК 519
ББК 32.81
Н 73

Новиков Д.А., Суханов А.Л. **Модели и механизмы управления научными проектами в ВУЗах.** М.: Институт управления образованием РАО, 2005. – 80 с.

ISBN 5-88795-028-5

Работа содержит результаты исследований теоретико-игровых и оптимизационных моделей и методов (механизмов) управления научными проектами в ВУЗах.

Проводится обзор известных результатов, рассматриваются оригинальные модели управления, позволяющие ставить и решать задачи комплексного оценивания результатов научных проектов, планирования, распределения ресурсов, стимулирования исполнителей и оперативного управления научными проектами.

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

Рецензент: д.т.н., проф. А.В. Щепкин

ISBN 5-88795-028-5

Заказ 132. Тираж 500 экз.

© Новиков Д.А., Суханов А.Л., 2005

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НАУЧНЫМИ ПРОЕКТАМИ В ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ	7
1.1. Управление научной деятельностью	7
1.2. Общая характеристика научных проектов.....	24
1.3. Специфика научных проектов в ВУЗе	33
и модель системы управления научными проектами	33
1.4. Классификация задач управления научными проектами в ВУЗе.....	36
2. МОДЕЛИ И МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ НАУЧНЫМИ ПРОЕКТАМИ В ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ.....	39
2.1. Оценка результатов научных проектов.....	39
2.2. Планирование портфеля научных проектов	49
2.3. Распределение ресурсов в научных проектах	55
2.4. Стимулирование исполнителей научных проектов	59
2.5. Оперативное управление научными проектами.....	66
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	71
ЛИТЕРАТУРА	73

ВВЕДЕНИЕ

Одним из основных принципов осуществления государственной научно-технической политики является интеграция научной, научно-технической и образовательной деятельности на основе различных форм участия работников, аспирантов и студентов образовательных учреждений высшего профессионального образования в научных исследованиях и экспериментальных разработках [135]. Высшая школа является основной средой для формирования научных кадров высшей квалификации и в настоящее время более 60 % из общего числа аспирантов и более 70 % докторантов проходят подготовку в ВУЗах России [123]. Вместе с тем, уровень организации и результативности научной деятельности ВУЗов не в полной мере соответствует современным тенденциям развития науки и технологий в сферах деятельности будущих специалистов, наблюдается негативная тенденция «старения» научных кадров высшей школы.

Одной из главных проблем по-прежнему остаётся низкий уровень востребованности результатов «ВУЗовской науки» в промышленности и социальной сфере, а также внедрения результатов в образовательный процесс и развития исследовательской и опытно-экспериментальной базы ВУЗов.

Решение этих и других проблем «ВУЗовской науки» требует материально-технических ресурсов, однако далеко не полностью использованы возможности интенсификации научной деятельности на основе внедрения в процесс управления ВУЗом современных достижений науки и практики управления и образования, которые получены в работах отечественных и зарубежных учёных по следующим направлениям:

– теория управления проектами (В. Н. Бурков, Д. А. Новиков, В. И. Воропаев, Д. И. Голенко-Гинзбург, И. И. Мазур, В. Д. Шапиро и др.);

– теория активных систем (В. Н. Бурков, А. К. Еналеев, В. В. Кондратьев, Д. А. Новиков, А. В. Щепкин и др.);

– информационная теория иерархических систем (Ю. Б. Гермейер, Ф. И. Ерешко, А. Ф. Кононенко, Н. С. Кукушкин, Н. Н. Моисеев и др.);

– разделы экономико-математического моделирования, исследующие задачи согласованного планирования и программно-целевого планирования (К. А. Багриновский, В. Л. Макаров, Г. С. Поспелов, В. А. Ириков, Г. Г. Балаян и др.);

– теория контрактов (S. Grossman, O. Hart, V. Holmstrom, E. Maskin, R. Myerson и др.);

– оценка результатов и эффективности научных исследований (Ю. Б. Татарин и др.), методология образования (В. И. Загвязинский, В. В. Краевский, В. С. Леднёв, А. М. Новиков) и инновационная деятельность в образовании (В. А. Сластёнин, Л. С. Подымова, В. В. Кузнецов и др.).

Управление научными проектами. В последнее время все чаще на смену термину «управление научными исследованиями» приходит термин «управление научными проектами». Обусловлено это, наверное, следующим. В характерных для настоящего времени условиях динамично изменяющихся требований к результатам научной деятельности возникает необходимость четко

выделять результаты этой деятельности, достигаемые к определенному моменту времени, анализировать: какими силами и с какими затратами эти результаты были достигнуты. Все это – свойства проекта как цикла деятельности [87, 88]. Поэтому в сфере научных исследований проекты все чаще заменяют собой процессы – говорить о «процессе научных исследований вообще» зачастую становится бессмысленным.

Под *проектом*, следуя [20], будем понимать ограниченное во времени целенаправленное изменение отдельной системы с установленными требованиями к качеству результатов, возможными рамками расхода средств и ресурсов и специфической организацией.

Следовательно, «*научный проект*» может быть определен как ограниченный во времени целенаправленный процесс выработки, теоретической систематизации и применения нового научного знания с установленными требованиями к качеству результатов, расходу ресурсов и специфической организацией

Управление проектами (УП), как раздел теории управления социально-экономическими системами, имеет продолжительную историю – начиная с 50-х годов прошлого века (метод критического пути) и заканчивая современными механизмами и технологиями управления проектами.

На сегодняшний день выделяют [77] четыре обширных раздела управления проектами:

- календарно-сетевое планирование и управление, использующее методы теории графов для построения и оптимизации сетевого графика проекта [18, 26, 38];

- методологию управления проектами, отражающую современную терминологию и успешный опыт реализации проектов [30, 139, 150];

- механизмы управления проектами – методы (процедуры) принятия управленческих решений, основывающиеся на разработке и анализе математических моделей организационного управления проектами [8, 20, 35, 61, 77]; основным аппаратом моделирования механизмов управления является теория игр [43];

- методы и средства автоматизации управления проектами – см. обзоры в [35, 139].

Настоящая работа принадлежит к третьему направлению – рассматривает механизмы УП (подробное описание современного состояния теории управления организационными системами можно найти в [94]). Кроме того, отметим, что существуют два аспекта рассмотрения задач управления научными проектами. Первый соответствует позиции организации, реализующей научные проекты в заданных институциональных условиях. Второй – позиции органов государственного управления и государственных¹ научных фондов, которые создают нормативно-правовую базу научной деятельности, осуществляют выделение приоритетных направлений развития науки и техники и отбор научных проектов, предлагаемых организациями (ВУЗами, академическими института-

¹ К сожалению, на сегодняшний день в России отсутствуют негосударственные фонды поддержки научных исследований. Исключение составляют лишь венчурные фонды, финансирующие инновационные проекты [55].

ми и т.д.) к реализации, для финансирования последних. В настоящей работе мы находимся на позиции ВУЗа и рассматриваем задачи управления научными проектами «внутри» него.

Структура изложения. Первая глава «Проблемы управления научными проектами в высших учебных заведениях» содержит обзор основных подходов и результатов разработки проблемы управления научной деятельностью (раздел 1.1), в том числе – по управлению исследованиями и разработками – см. подраздел 1.1.1, в котором представлен обзор основных этапов возникновения проблемы управления исследованиями и разработками (ИР) и произведено обобщение основных классов моделей ИР. В п. 1.1.2 «Нормативно-правовое обеспечение научной деятельности» представлен обзор основных положений нормативной правовой базы в научно-технической сфере. В п. 1.1.3 проблема оценки научной деятельности рассматривается в отношении следующих объектов оценки: заявки на выполнение НИ, качество результатов научной деятельности (НД), результативность и уровень организации НД. В п. 1.1.4 представлены основные задачи ВУЗов в организации научной деятельности и содержание координационного управления научной деятельностью.

В разделе 1.2 «Общая характеристика научных проектов» на основе анализа определений понятия «проект», признаков проекта и общей классификации проектов вводится определение понятия «научный проект» и даётся общая классификация научных проектов. Основное содержание научного проекта рассматривается в рамках основных положений теории управления проектами, теории организационных систем, а также основных компонентов деятельности, полного жизненного цикла систем и объектов и инновационного процесса.

В разделе 1.3 «Специфика научных проектов в ВУЗе и модель системы управления научными проектами» рассматриваются три группы целей научной деятельности ВУЗов (теоретические, прикладные и образовательные) и вводится классификация научных проектов. Разрабатывается модель системы управления научными проектами (СУНП), формулируются задачи управления научными проектами в ВУЗе (раздел 1.4).

Вторая глава «Модели и методы управления научными проектами в ВУЗе» посвящена разработке моделей и механизмов управления научными проектами в ВУЗе на основе базовых механизмов управления в организационных системах [94]. В разделе 2.1 «Оценка результатов научных проектов» формулируется общая постановка задачи комплексного оценивания, а затем описываются нечеткие матричные и сетевые системы комплексного оценивания, древовидные и сетевые системы комплексного оценивания обобщены на нечеткий случай. Сформулированы и решены прямые и обратные задачи комплексного оценивания, а также задачи определения резервов и минимизации затрат на достижение требуемого значения комплексной оценки.

В разделе 2.2 «Планирование портфеля научных проектов» решается задача построения модели системы управления научными проектами и исследования в рамках этой модели условий согласования интересов всех участников системы.

В разделе 2.3 «Распределение ресурсов в научных проектах» сформулирована и решена задача согласованного управления научными проектами в рамках четырехуровневой иерархической организационной структуры и сформулированы условия согласованности интересов руководства организации, функциональных руководителей, руководителей научных проектов и исполнителей.

В разделе 2.4 «Стимулирование исполнителей научных проектов» сформулирована и решена задача повышения уровня научной деятельности кафедры в условиях полной и неполной информированности руководства кафедры об эффективности научной деятельности профессорско-преподавательского состава. Разработан механизм планирования, оптимальный по критерию максимума ожидаемого уровня научной деятельности кафедры.

В разделе 2.5 «Оперативное управление научными проектами» разработана динамическая модель комплексных научных исследований, в рамках которой задача распределения ресурсов между научными направлениями сведена к задаче оптимального управления.

Заключение содержит основные результаты и выводы.

1. ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НАУЧНЫМИ ПРОЕКТАМИ В ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ

В настоящей главе представлен обзор основных подходов и результатов исследований по следующим основным направлениям: управление научными исследованиями и разработками, управление научной деятельностью в ВУЗах и оценка научной деятельности. На основе анализа различных аспектов рассмотрения и исследования проектов вводятся: определение понятия «научный проект», классификация научных проектов, характеристики научных проектов. С учётом основных особенностей научных проектов конкретизирована специфика реализации научных проектов. С использованием подходов теории управления проектами и теории управления организационными системами разработана модель системы управления и сформулированы задачи управления научными проектами в ВУЗе.

1.1. Управление научной деятельностью

Настоящий раздел содержит обобщённые сведения об основных подходах и результатах исследований проблемы управления научной деятельностью по следующим направлениям:

- моделирование исследований и разработок и программно-целевое планирование и управление;
- оценка научной деятельности (оценка заявок на выполнение научных проектов, оценка качества результатов, результативности и уровня организации научной деятельности);
- координационное управление научной деятельностью.

1.1.1. Управление научными исследованиями и разработками

Проблема управления научными исследованиями и разработками (ИР) является одной из основных в процессе управления научной деятельностью, и различные подходы к её решению рассматриваются в многочисленных работах отечественных и зарубежных учёных. Главной целью исследований в этой предметной области является повышение уровня обоснованности управленческих решений в научно-технической сфере.

Уже в начале XX века П. Фримен сформулировал гипотезу о целесообразности описания процесса выполнения ИР с точки зрения процесса управления [146], которая потом была реализована при построении модели процесса ИР в сетях типа GERT (Graphical Evaluation and Review Technique). В качестве характерных состояний сети используются: определение задачи в соответствии с заданной потребностью; определение вариантов (гипотез) решения; оценка и выбор наилучшего варианта (параллельных вариантов); построение модели для определения результата решения задачи; внедрение полученного результата [145, 149].

В исследовании проблемы управления ИР значительное внимание уделяется рассмотрению подходов к организации и классификации наук [44, 46, 54, 59, 60, 74, 141], научно-исследовательских работ [47, 60, 70, 100] и выделения их стадий [11, 64].

Основные подходы к моделированию процессов ИР могут быть распределены по следующим основным классам моделей:

- сетевые модели с однозначной структурой процесса (PERT, CPM, СПУ) [36, 78];
- альтернативные сетевые модели (логические и стохастические ACM, GERT) [114, 145, 149];
- эвристические модели творческих процессов [12, 113];
- информационно-логические модели (ИЛМ) ИР [9, 10];
- модели программно-целевого планирования и управления (ПЦПУ) ИР [81, 82, 117, 118].

Основное содержание целевого подхода к *информационному моделированию ИР* составляют характеристики целей и результатов, как существенные свойства процесса выполнения ИР и основных видов его обеспечения. При этом выделяются три основных аспекта процесса выполнения ИР: внутренний (анализ и описание характерных состояний ИР), внешний (уровень исследования в общей структуре ИР) и динамический (взаимодействие и перемещение процессов и результатов ИР).

Основными типами ИЛМ являются: ИЛМ полного жизненного цикла систем и объектов; ИЛМ процесса достижения цели ИР; ИЛМ процесса комплексного обеспечения и формирования эффекта от использования результатов ИР [9].

Основное содержание ПЦПУ заключается в планировании ИР от конечной цели к средствам, включая *программу*, под которой понимается комплекс опе-

раций (мероприятий), увязанных технологически, ресурсно и организационно, и обеспечивающих достижение поставленной цели. Моделирование процесса управления реализацией программы основывается на разработке структурной, информационной, процедурной и сетевой моделей программы [118].

Таким образом, в общем виде управление научными исследованиями и разработками можно рассматривать как процесс создания всех необходимых условий для выявления потенциально эффективных потребностей в ИР, организации эффективного их выполнения и передачи полученных результатов потребителям (заказчикам) для дальнейшего использования [9].

1.1.2. Нормативно-правовое обеспечение научной деятельности

Основу нормативно-правой базы в научно-технической сфере составляют следующие нормативные правовые акты Российской Федерации и Министерства образования Российской Федерации:

1. Конституция Российской Федерации от 25 декабря 1993 года [65].
2. Гражданский кодекс Российской Федерации [41].
3. Доктрина развития российской науки, утверждённая указом Президента Российской Федерации от 13 июня 1996 г. № 884 [47].
4. Федеральный закон «О науке и государственной научно-технической политике», от 23.08.1996 г., № 127-ФЗ [135].
5. Основы политики Российской Федерации в области развития науки и технологий на период до 2010 года и дальнейшую перспективу, утверждённые Президентом Российской Федерации 30 марта 2002 г. (№ ПР-576) [107].
5. Типовое положение об образовательном учреждении высшего профессионального образования (высшем учебном заведении) Российской Федерации (утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 5 апреля 2001 г. № 264) с дополнением, внесённым постановлением Правительства Российской Федерации от 17.09.2001 г., № 676) [132].
6. Концепция научной, научно-технической и инновационной политики в системе образования Российской Федерации на 2001 – 2005 годы (Приказ Минобразования России от 6.06.2000 г., № 1705) [66].
7. «Об утверждении перечня показателей государственной аккредитации и критериальных значениях показателей, используемых при установлении вида высшего учебного заведения» (Приказ Минобразования России от 22.10.2001 г., № 3414) [104].
8. Положение об организации научных исследований, проводимых подведомственными учреждениями в рамках тематических планов по заданиям Министерства образования Российской Федерации и финансируемых из средств федерального бюджета (Приказ Министерства образования Российской Федерации от 17 июля 2000 г., № 2219) [114].
9. Приказ ГоскомВУЗа РФ от 22 июня 1994 г. № 614 «Об утверждении Положения о научной деятельности высших учебных заведений Государственного комитета Российской Федерации по высшему образованию» [119].

10. Закон Российской Федерации «Об образовании» от 13 января 1996 г. № 12-ФЗ [52].

Структура государственного управления научной деятельностью и реализации государственной научно-технической политики в Российской Федерации может быть представлена в следующем обобщённом виде (см. рисунок 1.1) [37].

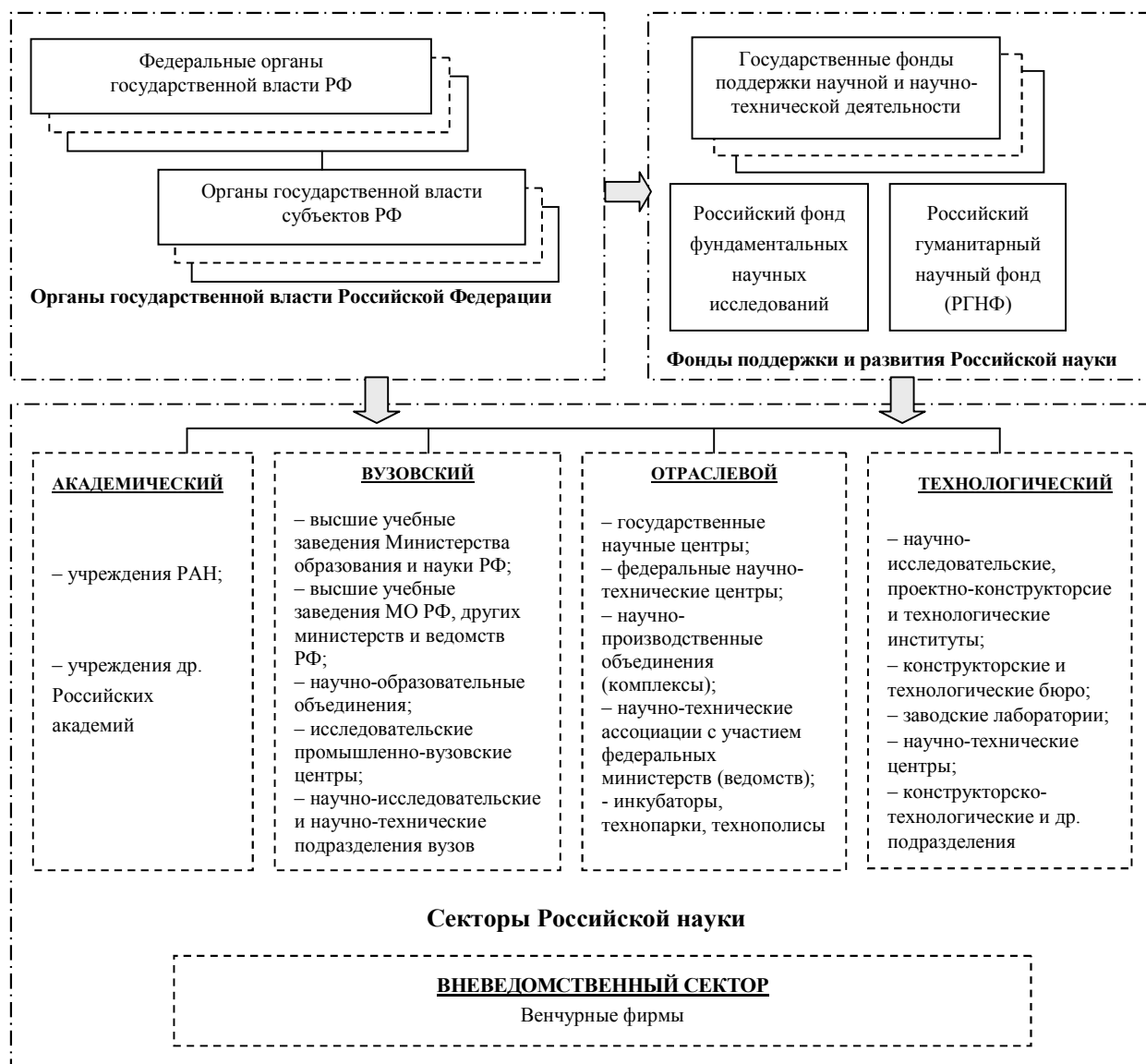


Рис. 1.1. Структура государственного управления научной деятельностью

Основные положения нормативных правовых актов содержат определения и содержание основных понятий в научно-технической сфере, определяют объекты и субъекты научной и научно-технической деятельности, организационные, правовые, социальные и экономические аспекты учебной и научной деятельности.

В соответствии с [65, ст. 47. п.1.] каждому гражданину гарантируется свобода литературного, художественного, научного, технического и других видов

творчества, преподавания. Интеллектуальная собственность охраняется законом.

Базовыми понятиями в научно-технической сфере являются следующие [135]:

Научная (научно-исследовательская) деятельность (далее – *научная деятельность*) – деятельность, направленная на получение и применение новых знаний, в том числе:

– *фундаментальные научные исследования* – экспериментальная или теоретическая деятельность, направленная на получение новых знаний об основных закономерностях строения, функционирования и развития человека, общества, окружающей природной среды;

– *прикладные научные исследования* – исследования, направленные преимущественно на применение новых знаний для достижения практических целей и решения конкретных задач.

Научно-техническая деятельность – деятельность, направленная на получение, применение новых знаний для решения технологических, инженерных, экономических, социальных, гуманитарных и иных проблем, обеспечения науки, техники и производства как единой системы.

Экспериментальные разработки – деятельность, которая основана на знаниях, приобретенных в результате проведения научных исследований или на основе практического опыта, и направлена на сохранение жизни и здоровья человека, создание новых материалов, продуктов, процессов, устройств, услуг, систем или методов и их дальнейшее совершенствование.

Научный и (или) научно-технический результат – продукт научной и (или) научно-технической деятельности, содержащий новые знания или решения и зафиксированный на любом информационном носителе.

Научная и (или) научно-техническая продукция – научный и (или) научно-технический результат, в том числе результат интеллектуальной деятельности, предназначенный для реализации.

Научная, научно-техническая и инновационная политика в системе образования осуществляется исходя из следующих основных принципов [66]:

– единство научного и образовательного процессов и их направленность на экономическое, социальное и духовное развитие общества;

– оптимальное сочетание государственного регулирования и самоуправления;

– концентрация ресурсов на приоритетных направлениях исследований, проведение полного цикла исследований и разработок, заканчивающихся созданием готовой продукции;

– поддержка ведущих ученых, научных коллективов, научных и научно-педагогических школ, способных обеспечить опережающий уровень образования и научных исследований, развитие научно-технического творчества молодежи;

– многообразие форм организации, обеспечение конкурентности при формировании тематических планов, научных, научно-технических и инновационных программ;

– поддержка предпринимательской деятельности в научно-технической сфере;

– интеграция науки и образования в международное сообщество.

Главной целью научной, научно-технической и инновационной политики системы образования является обеспечение подготовки специалистов, научных и научно-педагогических кадров на уровне мировых квалификационных требований, эффективное использование ее образовательного, научно-технического и инновационного потенциала для развития экономики и решения социальных задач страны.

Особенностями задач научно-исследовательской деятельности высших учебных заведений являются [114]:

– наиболее полное привлечение научно-педагогических работников к выполнению научных исследований, способствующих развитию наук, техники и технологий;

– использование полученных результатов в образовательном процессе;

– подготовка научно-педагогических кадров высшей квалификации;

– повышение научной квалификации профессорско-преподавательских кадров;

– практическое ознакомление студентов с постановкой и разрешением научных и технических проблем и привлечение наиболее способных из них к выполнению научных исследований.

Одной из *основных задач высшего учебного заведения* является организация и проведение фундаментальных и прикладных научных исследований и иных научно-технических, опытно-конструкторских работ, в том числе по проблемам образования [132].

Организация и проведение НИР должны основываться на принципах эффективности и экономности использования бюджетных средств, т.е. достижения заданных результатов с использованием наименьшего объема средств или достижения наилучшего результата с использованием определенных бюджетных средств, а также на принципах адресности и целевого характера бюджетных средств, т.е. выделения бюджетных средств в распоряжение конкретных получателей с обозначением направления их на финансирование конкретных целей [132].

Министерство образования России организует проведение экспертизы представленного ВУЗом (организацией) проекта задания Министерства на проведение научных исследований на очередной календарный год. *Предметом экспертизы являются [114]:*

– соответствие объема бюджетных назначений для задания на проведение научных исследований, установленного Министерством, и объема, представленного ВУЗом в проекте задания;

– итоги выполнения НИР по темплану в году, предшествующем текущему;

– соответствие тематики заявленных к проведению НИР основным направлениям научных исследований ВУЗа (организации), приоритетным направлениям развития науки и техники и критическим технологиям федерального уровня, кадровому и материально-техническому потенциалу ВУЗа; решениям

коллегии, приказам и другим нормативно-методическим документам Министерства по вопросам организации и проведения НИР;

– реализация поддержки научных исследований ведущих групп ученых ВУЗа (организации);

– участие в проведении научных исследований аспирантов, докторантов, молодых ученых;

– правильность индексирования заявленных НИР по кодам Государственного рубрикатора научно-технической информации (далее – ГРНТИ);

– правильность отнесения заявленных НИР к фундаментальным научным исследованиям, прикладным научным исследованиям и экспериментальным разработкам;

– проверка учета замечаний экспертизы, проведенной по результатам выполнения НИР в году, предшествующем текущему.

Конкурсный отбор заявок на проведение научных исследований производится на основе следующих основных критериев [114]:

– научная и (или) практическая значимость сформулированной в заявке научной или научно-технической проблемы, ее соответствие приоритетным направлениям научных исследований федерального, отраслевого, ВУЗовского уровня;

– поддержка научных исследований ведущих групп ученых ВУЗа (организации);

– участие профессорско-преподавательского состава, докторантов, аспирантов, молодых ученых в выполнении НИР;

– участие студентов в выполнении научных исследований;

– использование результатов НИР в образовательном процессе;

– наличие в распоряжении заявителей НИР необходимых материально-технических ресурсов и соответствующего уровня кадрового потенциала научного коллектива, позволяющих решить поставленную проблему.

Для фундаментального или прикладного научного исследования в акте по результатам экспертизы должна быть отражена степень соответствия работ, проводимых в рамках данной НИР, техническому заданию на эту НИР. Для экспериментальной разработки должна быть отражена степень соответствия полученных результатов НИР ожидаемым результатам, предусмотренным техническим заданием на НИР.

1.1.3. Оценка научной деятельности

Проблема оценки научной деятельности является одной из ключевых в предметной области науковедения и *рассматривается в следующих основных аспектах:*

– оценка заявок на выполнение научных проектов;

– оценка качества результатов научной деятельности [1, 11, 15, 44, 46, 59, 110, 131, 132, 137, 138, 142, 152, 154];

– оценка результативности научной деятельности [9, 36, 59, 81, 82, 130, 131, 132];

– оценка уровня организации научной деятельности (исследовательского труда [130]).

Известные на настоящее время *методики экспертной оценки научных проектов* характеризуются следующим образом [37]:

а) Разработанная в 1996 году *Методика ГоскомВУЗа России* предназначена для определения значений показателей качества научно-технических проектов по материалам бизнес-планов. Производится экспертная процедура оценки проекта в баллах по каждому из пяти научно-технических показателей: направление разработки; научно-технический уровень разработки; научно-технический потенциал коллектива; правовая охрана; сертификация научно-технической продукции.

б) В *Российской программе экономических исследований* используются следующие экспертные признаки отбора проектов: актуальность темы исследований, чёткость постановки задачи; использование современной научной методологии, проработанность и оригинальность метода исследования; наличие необходимых исходных данных; опыт заявителя и его знакомство с научными работами в соответствующей области; значимость проекта для решения насущных проблем российской экономики; реалистичность и эффективность плана работы над проектом; уровень презентации проекта и участие соискателя в работе научного семинара Программы; содействие профессиональному росту исполнителей.

в) *Методика Национального фонда США* предусматривает группировку проектов по научно-техническим задачам и направлениям с последующей экспертной оценкой групп проектов по показателям качества и формированием обобщённой оценки. По результатам экспертных процедур формируется ранжированный перечень проектов. Научно-техническими показателями качества являются: наличие правовой охраны решений, использованных в проекте; наличие научно-технических, экономических и других показателей, отличающих продукцию проекта от продукции аналогичного назначения, производимой в стране (за рубежом); наличие перспектив развития предлагаемого проекта; авторитетность коллектива разработчиков.

г) *Методика Российского фонда фундаментальных исследований* предполагает проведение экспертизы на основе сравнительного анализа проектов по трем уровням:

– на первом уровне производится предварительная экспертиза проекта с формализацией результатов на рейтинговой основе;

– на втором уровне устанавливается общий рейтинг проекта $R = r_1 + r_2 + r_3$, где:

- r_1 учитывает научную ценность проекта (вероятность того, что выполнение проекта может привести к принципиально новым результатам, обеспечить существенное продвижение в рамках данного направления, оказать влияние на прогресс в данной или смежной научной области);

- r_2 учитывает реальность выполнения проекта в срок (научный уровень руководителя и потенциал возглавляемого им коллектива, научный за-

дел и публикации по теме, информационное, лабораторное и материальное обеспечение проекта, корректность распределения задач по этапам, результатам и срокам работы).

- r_3 корректирует суммарную оценку².

- на третьем уровне формируется заключение по проекту.

В настоящее время известно более 50 методов оценки качества результатов научных исследований и разработок, однако строго определенных и унифицированных методов оценки этих результатов пока не существует [132].

В [59] предлагается следующая общая *классификация результатов научной деятельности*:

- новые знания фундаментального характера;
- результаты ИР, не имеющие материального воплощения (научные результаты, направленные на создание социальных инноваций);
- результаты ИР, которые могут быть воплощены в конкретные материальные объекты (научные результаты, направленные на создание продуктивных и технологических инноваций).

Министерством науки и образования России при формировании отчёта о научной деятельности ВУЗа за календарный год установлена следующая *классификация основных результатов научных исследований* [108]:

- для фундаментальных научных исследований: теория, метод, гипотеза;
- для прикладных научных исследований: методика, алгоритм, технология, устройство, установка, прибор, механизм, вещество, материал, продукт, система (управления, регулирования, контроля, проектирования, информационная), программное средство, база данных.

Одним из основных показателей качества результатов научной деятельности в [137] вводится показатель научно-технического уровня (НТУ), как обобщающая характеристика перспективности и прогрессивности научно-технических решений, заложенных в разработку, по сравнению с уже существующими и ранее созданными, которые относятся к одной научной отрасли. Определение НТУ производится комплексным методом на основе интегрированной оценки как функции от частных оценок (показателей) и весовых коэффициентов, характеризующих важность каждого показателя. Для разработок, которые могут быть материализованы в конкретные объекты, используют количественно-субъективные комплексные оценки, в основе которых лежат количественно-объективные оценки (см. таблицу 1.1). Обобщение данной совокупности показателей в единую комплексную количественно-субъективную оценку осуществляется на основе специальных шкал, далее показатель НТУ разработки определяется как отношение обобщающей оценки, полученной анализируемым образцом и прототипом (идеальным образцом). Значимость результатов определяется с использованием специальных шкал перевода и объединения в обобщенную комплексную оценку различных качественных значений единичных показателей и критериев, имеющих различные единицы

² Отметим, что данная методика вычисления «рейтинга» не выдерживает никакой критики с точки зрения теории принятия решений.

измерения и степень выраженности. В качестве примера может быть использована шкала-идентификатор качества результатов научной деятельности [44]. Кроме того, в дополнение к методике оценки НТУ разработок может быть использована шкала, применяемая Российским фондом фундаментальных исследований (РФФИ) для оценки заявок на гранты [110].

Таблица 1.1. Характеристика показателей качества результатов научной деятельности

Показатели	Характеристика показателя
Результаты имеющие материальное воплощение [1, 15, 44, 46, 132, 138, 142, 152, 154]	
<ul style="list-style-type: none"> – количество признаков, по которому объект разработки отличается от прототипа; – степень усовершенствования технического решения по сравнению с прототипом; – коэффициент конструкторской преемственности; – коэффициент повторяемости составных частей; – коэффициент унификации изделия; – количество усовершенствованных эксплуатационных показателей объекта техники; – количество патентов, полученных по данному техническому решению; количество стран, в которых данная разработка запатентована; – количество объектов (отраслей), в которых может быть использована данная разработка. 	<p>Характеристики прототипа (идеального образца):</p> <ul style="list-style-type: none"> – образец, составленный на основе экспертных опросов; – образец, значения первоначальных показателей которого равны максимальной величине из всех возможных в используемой шкале; – образец, составленный на основе прогнозирования тенденций изменения значений индивидуальных показателей
Результаты, не имеющие материального воплощения [11, 44, 59, 110, 131]	
Новизна постановки задачи, методов решения, полученных результатов	<ul style="list-style-type: none"> – отсутствие прототипа, либо наличие прототипа, который отличается от данного по всем основным признакам; – наличие прототипа, совпадающего по (меньшинству, половине, большинству) признаков
Вклад в развитие той отрасли науки, к которой относится разработка	<ul style="list-style-type: none"> – получены принципиально новые знания (открыты новые законы, разработаны теории, гипотезы, концепции); – по-новому или впервые объяснены известные факты, теории, гипотезы; – подтверждены или поставлены под сомнение известные представления; – описаны отдельные элементарные факты, выполнены обзоры накопленного опыта
Вклад в развитие методологии той отрасли науки, к которой относится разработка	<ul style="list-style-type: none"> – разработан принципиально новый метод (методика); – усовершенствован существующий метод (методика); – определен приоритет в использовании определенной совокупности известных ранее методов (методик), которая дает положительный эффект; – определен приоритет в использовании для данной задачи известных в других областях методов (методик) без их изменения

Для повышения уровня объективности оценки НТУ результатов научных исследований, в отечественной практике разработана методика [11] количественно-качественной оценки НТУ результатов с использованием таблиц-матриц

и шкал, построенных на основе содержательных нормативных критериев, отражающих степень воздействия определенных показателей на уровень научной значимости результата. Комплекс нормативных критериев-показателей включает [11]: уровень новизны научного результата; степень и широту воздействия результатов НИР на науку (уровень концептуального сдвига); глубину проникновения в сущность объекта или явления (уровень научного познания рассматриваемого объекта – теоретический или эмпирический). На основе комбинации данных показателей составлен измерительный блок, состоящий из трех оценочных логических таблиц-матриц и трех оценочных шкал.

В работе [1] предложен подход к оценке НТУ результатов научной деятельности на основе разработки номенклатуры показателей качества (научная и практическая значимость, экономическая эффективность) и коэффициентов их весомости. Каждый показатель оценивается по пятибальной шкале и имеет весовой коэффициент, и оценка НТУ производится с использованием балльного метода.

В работе [84] предложен так называемый метод «Кортер», разработанный на основе комбинации корреляционного и выборочного анализа. В этом случае НТУ определяется как степень отклонения значений параметров исследуемых объектов от средних значений параметров, отражающих современный средний мировой уровень.

В [130] основными характеристиками научной деятельности определяются следующие:

– *продуктивность*, как количественная характеристика научной продукции (научной информации), полученной ученым (научным коллективом) за определенный промежуток времени;

– *качество научного продукта*, как система параметров (показателей), обладающих определённым уровнем (интенсивностью), важных с точки зрения потребителя этого продукта;

– *эффективность*: а) как способность получить определенный эффект: научно-технический, экономический, социальный и т.п.; б) как характеристика уровня организации научного процесса, обеспечивающего достижение поставленной цели с оптимальными затратами ресурсов.

В [39] результат научной деятельности определяется как степень достижения научного, научно-технического, экономического и социального эффектов, которые характеризуются следующим образом:

– *научный эффект*, как прирост информации, предназначенной для «внутринаучного» потребления.

– *научно-технический эффект*, как возможность использования результатов научных исследований в других НИОКР и получения информации, необходимой для создания новой продукции;

– *экономический эффект*, как величина прибыли за счёт использования результатов научной деятельности;

– *социальный эффект*, как степень влияния результатов научной деятельности на различные сферы деятельности современного общества.

При таком подходе, *факторы научной результативности* характеризуются следующим образом (см. таблицу 1.2) [39].

Таблица 1.2. Характеристика факторов научной результативности

Факторы научной результативности	Качество фактора	Характеристика фактора
Новизна результатов	Высокая	Принципиально новые результаты, новая теория, открытие новой закономерности
	Средняя	Некоторые общие закономерности, методы, способы, позволяющие создать принципиально новую продукцию
	Недостаточная	Положительное решение на основе простых обобщений, анализа связей факторов, распространение известных принципов на новые объекты
	Тривиальная	Описание отдельных факторов, распространение ранее полученных результатов, реферативные обзоры
Глубина научной проработки	Высокая	Выполнение сложных теоретических расчетов, проверка на большом объеме экспериментальных данных
	Средняя	Невысокая сложность расчетов, проверка на небольшом объеме экспериментальных данных
	Недостаточная	Теоретические расчеты просты, эксперимент не проводился
Степень вероятности успеха	Большая	
	Умеренная	
	Малая	

Оценка результативности научных исследований производится с помощью системы взвешенных балльных оценок, причём для фундаментальных НИР рассчитывается только коэффициент научной результативности, а для прикладных НИР в том числе и коэффициент научно-технической результативности (см. таблицу 1.3). Значения коэффициентов значимости каждого фактора и достигнутого уровня по каждому фактору устанавливаются с использованием методов экспертных оценок [39].

Среди различных оценочных систем результативности научной деятельности выделяется десять основных методов [153]: метод «целевого управления», метод ранжирования (последовательного сопоставления), метод использования эталонных шкал, метод самооценки, групповая экспертная оценка, выборочный анализ проектов, согласованная оценка и самооценка (совместное обсуждение результатов с самим ученым), оценка коллегами, подготовка реферата в произвольной форме, метод ограниченного выбора оценок, указатель научных ссылок, индекс престижности журналов, из которых наибольшее распространение в практике получили первые восемь методов [81].

Таблица 1.3. Характеристика факторов научно-технической результативности

Факторы научно-технической результативности	Качество фактора	Характеристика фактора
Перспективность использования результатов	Первостепенная	Результаты могут найти применение во многих научных направлениях
	Важная	Результаты будут использованы при разработке новых технических решений
	Полезная	Результаты будут использованы при последующих НИР и разработках
Масштаб реализации результатов	Национальная экономика	Время реализации: до 3 лет, до 5 лет, до 10 лет, свыше 10 лет
	Отрасль	
	Отдельные фирмы и предприятия	
Завершенность результатов	Высокая	Техническое задание на ОКР
	Средняя	Рекомендации, развернутый анализ, предложения
	Недостаточная	Обзор, информация

Одним из примеров методики оценки научно-технического потенциала и направлений исследовательской деятельности научного учреждения может служить методика, разработанная в Институте проблем управления РАН [70]. В качестве показателя качества, согласно которому оценивается деятельность научного коллектива (или научного направления), в методике используется комплексный показатель, определенный на основе многокритериальной оценки.

1.1.4. Управление научной деятельностью в ВУЗах

Основными задачами высших учебных заведений в области научно-исследовательской деятельности являются [119]:

- приоритетное развитие фундаментальных исследований как основы для создания новых знаний, освоения новых технологий, становления и развития научных школ и ведущих научных коллективов на важнейших направлениях развития науки и техники;

- обеспечение подготовки в ВУЗах квалифицированных специалистов и научно-педагогических кадров высшей квалификации на основе новейших достижений научно-технического прогресса;

- исследование и разработка теоретических и методологических основ формирования и развития высшего образования; усиление влияния науки на решение образовательных и воспитательных задач, сохранение и укрепление базисного, определяющего характера науки для развития высшего образования;

- эффективное использование научно-технического потенциала высшей школы для решения приоритетных задач обновления производства и проведения социально-экономических преобразований;

- развитие новых, прогрессивных форм научно-технического сотрудничества с научными, проектно-конструкторскими, технологическими организа-

циями и промышленными предприятиями с целью совместного решения важнейших научно-технических задач, создания высоких технологий и расширения использования ВУзовских разработок в производстве;

- развитие инновационной деятельности ВУЗов с целью создания наукоемкой научно-технической продукции и конкурентоспособных образцов новой техники и материалов, ориентированных на рынок высоких технологий;

- создание условий для защиты интеллектуальной собственности и авторских прав исследователей и разработчиков как основы укрепления и развития ВУзовской науки и выхода научных коллективов ВУЗов на мировой рынок высокотехнологичной продукции;

- расширение международного научно-технического сотрудничества с учебными заведениями и фирмами зарубежных стран с целью вхождения в мировую систему науки и образования и совместной разработки научно-технической продукции;

- создание качественно новой экспериментально-производственной базы высшей школы;

- развитие финансовой основы исследований и разработок за счет использования внебюджетных средств и инновационной деятельности.

Основными задачами ВУЗа в области научной деятельности являются [132]:

- организация и проведение фундаментальных и прикладных научных исследований, и иных научно-технических, опытно-конструкторских работ, в том числе по проблемам образования;

- развитие наук и искусств посредством научных исследований и творческой деятельности научно-педагогических работников и обучающихся, подготовка научно-педагогических работников высшей квалификации.

Высшие учебные заведения (научные организации) самостоятельно осуществляют текущее и перспективное планирование научной и инновационной деятельности, определяют виды работ, условия финансирования, состав исполнителей [119].

Планирование научных исследований в высших учебных заведениях (научных организациях) осуществляется, как правило, в соответствии с основными научными направлениями ВУЗа (научной организации) [119].

В тематический план на конкурсной основе включаются инициативные фундаментальные исследования, поисковые и рисковые работы, направленные на создание опережающего научного задела, а также отдельные прикладные разработки, способствующие развитию инновационной деятельности ВУЗа [119].

В целях организации эффективной научной и инновационной деятельности высшие учебные заведения (научные организации) осуществляют [119]:

- тематическое планирование и определение приоритетов, поддержку научных школ и коллективов, занимающих передовые позиции в отечественной и мировой науке;

- привлечение финансовых ассигнований из различных источников;

– организацию экспертизы научных тем и инновационных проектов, представляемых для финансирования по единому заказ-наряду и включения в число участников межвузовских и региональных научно-технических программ;

– создание систем коллективного пользования и централизованного обслуживания научных коллективов ВУЗов оборудованием, материалами, комплектующими изделиями;

– разработку организационной структуры научного учреждения, правовых и экономических основ его деятельности;

– контроль за организацией научных исследований, реализацией инновационных проектов, эффективным использованием и развитием научной и экспериментально-производственной базы ВУЗа;

– изучение отечественного и зарубежного опыта, проведение научных конференций и семинаров, активной рекламной и пропагандистской деятельности.

Научные работы в высшем учебном заведении выполняются [119]:

– профессорско-преподавательским составом ВУЗа в соответствии с индивидуальными планами в основное рабочее время;

– научными, инженерно-техническими работниками, специалистами и рабочими научных и конструкторских организаций ВУЗа в основное рабочее время;

– студентами в ходе выполнения курсовых, дипломных проектов, других исследовательских работ, предусмотренных учебными планами, в студенческих научных кружках, студенческих бюро, научно-производственных отрядах, центрах научного и технического творчества молодежи учебных заведений и других организациях студенческого научного творчества, а также на кафедрах, в научно-исследовательских учреждениях, конструкторских и технологических организациях ВУЗа в свободное от учебы время за плату;

– докторантами, аспирантами, стажерами-исследователями и преподавателями-стажерами высшего учебного заведения в соответствии с индивидуальными планами их подготовки, а также в свободное от учебы (работы) время на кафедрах, в научно-исследовательских учреждениях, конструкторских и технологических организациях за дополнительную плату.

К выполнению научных работ, финансируемых из средств республиканского бюджета Российской Федерации и по хозяйственным договорам, в том числе на условиях совместительства, привлекаются профессорско-преподавательский состав, научные сотрудники, руководящие и другие работники ВУЗа, а также предприятий, учреждений и организаций независимо от форм собственности в свободное от основной работы время [119].

Требования к научной и (или) научно-технической деятельности высшего учебного заведения и порядок ее оценки устанавливаются федеральным органом управления образованием по согласованию с федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим формирование и реализацию государственной научно-технической политики [132].

Оценка научной и (или) научно-технической деятельности высшего учебного заведения и её взаимосвязи с образовательным процессом осуществляется органом исполнительной власти, в ведении которого оно находится. Результаты

оценки научной и (или) научно-технической деятельности в высшем учебном заведении составляют часть общей оценки деятельности высшего учебного заведения при его государственной аккредитации и являются для федерального органа управления образованием одним из оснований для установления (подтверждения) вида высшего учебного заведения [132].

В научной литературе по проблемам управления научной деятельностью в системе высшего образования широкое распространение получила концепция процессного подхода в соответствии с которой процесс управления может быть выражен в виде непрерывных взаимосвязанных действий – функций управления [81].

В рамках этого подхода модель процесса управления научной деятельностью определяется как взаимосвязь основных функций управления: планирование, организация, программно-целевой подход, мотивация, обратная связь (анализ, мониторинг, контроль) и координация, которые объединены процессами коммуникации и выработки мер воздействия (см. рисунок 1.2) [81].

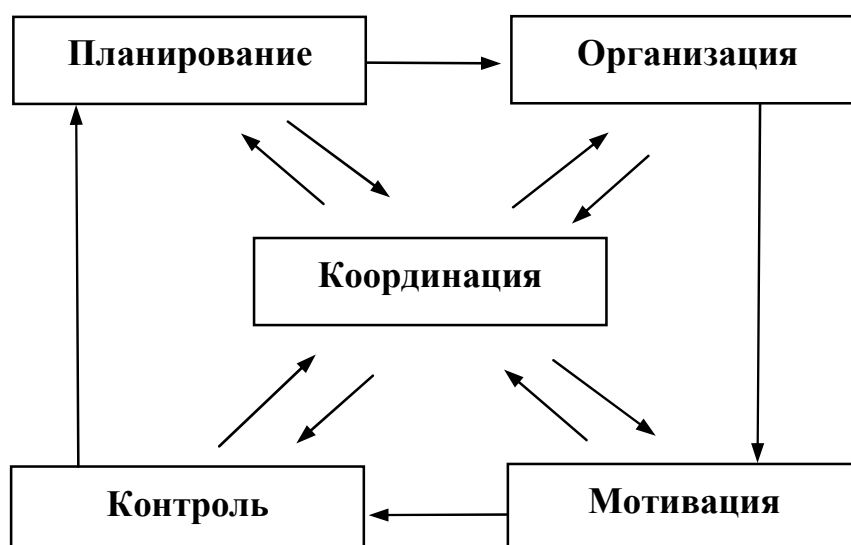


Рис. 1.2. Взаимосвязь основных функций управления научной деятельностью

В [81] координационное управление научной деятельностью определено как совокупность взаимоувязанных научно-организационных, социально-экономических и нормативно-правовых воздействий на автономные исследовательские коллективы и отдельных учёных, работающих в данной области, в целях гармоничной реализации интересов государства, общества, ВУЗа (организации) и учёного в достижении максимально возможной эффективности усилий и средств, направленных на достижение целей научной деятельности.

В качестве объектов координационного управления определяются [81]: научные исследования (исследовательский процесс), а также координационная деятельность и её обеспечение (процесс управления научными исследованиями). Под мониторингом научной деятельности в упомянутой работе понимается постоянное наблюдение за реализацией процесса управления научной дея-

тельностью с целью определения её состояния, анализа функционирования, выявления тенденций и закономерностей развития.

В [86] предлагается следующий подход к оценке эффективности научной деятельности ВУЗов (см. таблицу 1.4).

Таблица 1.4. Процедура формирования оценки эффективности научной деятельности ВУЗа

Факторы	Классификация показателей	Характеристика показателей
Типы задач оценки эффективности	Прямая задача	Оценка деятельности при заданных параметрах
	Обратная задача	Определение значений параметра для достижения заданной цели деятельности
Оцениваемый объект	По уровню оргструктуры	– группа ВУЗов; – отдельный ВУЗ; – подразделение ВУЗа; группа сотрудников
	По типам научных исследований	– фундаментальные – прикладные; – опытно-конструкторские работы
Уровни управления, использующие результаты оценок	По уровню оргструктуры	– руководство Министерства; – руководство ВУЗа руководство подразделения (факультета, кафедры, лаборатории).
	Использование для реализации функций управления	– прогнозирование планирование; – организация – контроль – анализ
Направления деятельности, учитываемые при оценке эффективности	1. Научно-исследовательская деятельность по определённой специальности. 2. Подготовка научных кадров. 3. Научно-методическая работа. 4. Применение результатов научной деятельности в подготовке студентов. 5. Научно-общественная деятельность.	
Уровень планирования НИР	Надсистемы	Тематический план ВУЗа
Уровень важности использования результатов.		Вузовский
По виду показателей	Количественные.	Качественные
Вид оценки	Абсолютные:	– экономические – информационные
	Относительные	– с учётом важности направлений и групп показателей – с нормированием показателей; – с учётом потенциала подразделений с учётом потенциала подразделений; – с нормированием значений показателей.

Исследованию проблем ВУЗовской науки посвящено значительное количество работ отечественных учёных, в которых значительное место занимает проблема оценки эффективности научной деятельности. В решении этой проблемы выделяются три основных методологических подхода [81]: интегральный, экспертный и формализованный бальный.

Показатели эффективности научной деятельности ВУЗов характеризуют влияние результатов научной деятельности в трёх аспектах [7]: научный эффект (влияние результатов НД на развитие науки); учебно-научный эффект (влияние результатов НД на образовательный процесс); научно-производственный эффект (влияние результатов НД на практическую деятельность). Показатели эффективности НД ВУЗов могут использоваться в качестве нормативов, а их отношения между собой – в качестве индикаторов, то есть, обобщённых показателей, характеризующих состояние НД. В то же время, состав показателей должен характеризоваться единством содержания и целей, соответствовать плановым и отчётным показателям ВУЗа, а также требованиям стандартов, действующих в системе высшей школы [7].

1.2. Общая характеристика научных проектов

Методологические вопросы управления проектами рассмотрены в работах зарубежных [141, 143, 144, 145, 149, 151] и отечественных учёных [17, 30, 50, 139], а также в международном стандарте ИСО 10006-97 [148].

Наиболее полно содержание понятия «проект» представлено в определении [20]: «*Проект* – это ограниченное по времени целенаправленное изменение отдельной системы с установленными требованиями к качеству результатов, возможными рамками расхода средств и ресурсов и специфической организацией».

Анализ многочисленных определений понятия «проект» позволяет выделить *признаки проекта*, основными из которых являются следующие [20]: наличие изменений, целенаправленность, уникальность, временные ограничения продолжительности проекта, бюджетные ограничения, ограничения на обеспечение ресурсами и специфическая организация.

Управление проектами как научная дисциплина представляет собой раздел теории управления социально-экономическими системами, изучающий методы, формы и средства наиболее эффективного и рационального управления изменениями [20].

С учётом различных определений понятия «управление проектом» [141, 145, 149], наиболее полно содержание понятия «управление проектом» представлено в следующих определениях:

– *управление проектом* представляет собой методологию организации, планирования, руководства и координации человеческих и материальных ресурсов на протяжении жизненного цикла проекта (проектного цикла), направленную на эффективное достижение его целей путём применения системы современных методов, техники и технологий управления для достижения определённых

в проекте результатов по составу и объёму работ, стоимости, времени и качеству [73];

– *управление проектом* – прямая, межпрофессиональная корпорация процессов планирования, управления и принятия решений при межпрофессиональной постановке задач [120].

– *управление проектом* включает планирование, организацию, мониторинг и контроль всех аспектов проекта в ходе непрерывного процесса достижения его целей [148].

При всём многообразии проектов их можно классифицировать следующим образом (см. таблицу 1.5) [73].

Таблица 1.5. Классификация проектов

Основания классификации	Типы проектов				
	Уровень проекта	Проект	Программа		Система
Масштаб проекта	Малый	Средний		Мегапроект	
Сложность проекта	Простой	Организа- ционно- сложный	Технически сложный	Ресурсно сложный	Комплексно сложный
Сроки реализации	Краткосрочный		Средний	Мегапроект	
Требования к качеству и способам его обеспечения	Бездефицитный		Модульный	Стандартный	
Ограничения по ресурсам совокупности проектов	Мультипроект		Монопроект		
Характер проекта / уровень участников	Международный (совместный)		Отечественный: государственный, территориальный, местный		
Характер целевой задачи проекта	- антикризисный		Реформирование / реструктуризация		
	- маркетинговый		Инновационный		
	- образовательный и др.		Чрезвычайный и др.		
Объект инвестиционной деятельности	Финансовый инвестиционный		Реальный инвестиционный		
Причина возникновения проекта	Открывшиеся возможности		Необходимость структурно-функциональных преобразований	Реорганизация	
	Чрезвычайная ситуация и др.			Реструктуризация	
				Реинжиниринг	

В самом общем виде *процесс управления проектами* можно представить в виде следующей принципиальной схемы (см. рисунок 1.3) [30].

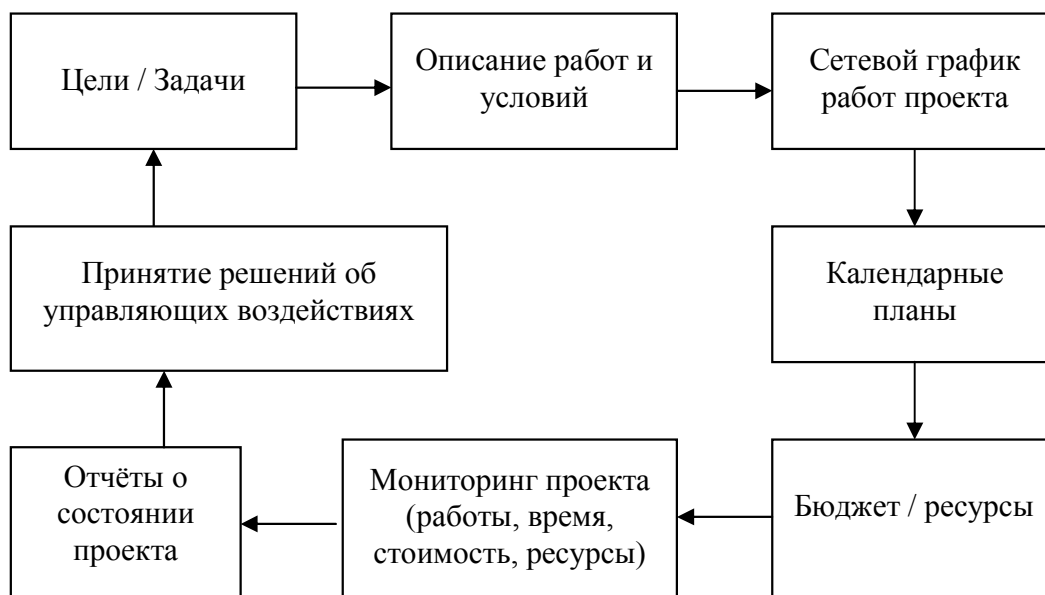


Рис. 1.3. Схема процесса управления проектами

Как показывает практика, применение методологии управления проектами в сочетании с теоретическими основами выработки и принятия решений в значительной степени повышает эффективность реализации проектов. На различных фазах жизненного цикла применяются следующие основные *методы управления проектами* [20]:

1. *Разработка концепции проекта:*

- а) Методы определения целей проекта;
- б) Методы описания и анализа целей: морфологические деревья, дерево целей, методы маркетинга, социологические методы, экспертные системы;
- в) Методы концептуального проектирования: формализованное описание предметной области, начальных условий и ограничений; выбор критериев; поиск решений; анализ альтернатив;
- г) Методы предпроектного анализа;

2. *Разработка проекта:*

- а) Методы структурной декомпозиции;
- б) Методы построения композиционных структурных моделей;
- в) Методы решения задач на структурных моделях;
- г) Методы моделирования процессов осуществления проектов;
- д) Методы построения систем моделей (в т.ч. иерархических) с заданными свойствами;
- е) Имитационное моделирование;
- ж) Методы календарного планирования: – временной, стоимостной и ресурсный анализ; – планирование ресурсов и затрат;
- з) Методы функционально-стоимостного анализа, учёт риска, надёжности и др.
- и) Методы управления качеством;
- к) Методы управления риском;

л) Методы проектного анализа на стадии разработки.

3. *Завершение проекта*: методы анализа эффективности проекта, методы разработки исполнительных графиков и анализа данных о запланированном и фактическом ходе выполнения проектов.

Вместе с тем, применение указанных методов требует разработки соответствующих механизмов для решения следующих основных задач управления проектом [20]:

- определение и анализ целей проекта;
- построение, оценка и выбор альтернативных решений по реализации проекта (вариантов проекта);
- формирование структуры проекта, выбор состава исполнителей, ресурсов, сроков и стоимости работ;
- управление взаимодействием с внешней средой;
- управление исполнителями;
- регулирование хода работ (оперативное управление, внесение корректив).

Принципиально важным для дальнейшего анализа состояния проблемы управления проектами является рассмотрение проекта как организационной системы, а управление проектом – как задачу управления организационной системой. Под организационной системой понимается система, содержащая хотя бы один элемент, способный к целенаправленному (активному) поведению [20]. В общем случае, понятие «*организационная система*» определяется как объединение людей, совместно реализующих некоторую программу или цель и действующих на основе определенных процедур и правил (механизмов) [21].

Механизм функционирования организационных систем – совокупность правил, законов и процедур, регламентирующих взаимодействие участников активной системы [21]. *Механизм управления в организационной системе* – совокупность процедур принятия управленческих решений [21].

Значительные результаты в разработке механизмов управления организационными системами достигнуты в рамках теории активных систем [22-25], которая создана и успешно развивается научной школой В.Н. Буркова в Институте проблем управления РАН им. В.А. Трапезникова (ИПУ РАН). *Теория активных систем (ТАС)* – раздел теории управления социально-экономическими системами, изучающий свойства механизмов их функционирования, обусловленные проявлениями активности участников системы. Подходы и методы исследования ТАС имеют много общего с такими разделами теории управления социально-экономическими системами как: теория иерархических игр (или информационная теория иерархических систем – научная школа Н. Н. Моисеева и Ю. Б. Гермейера, развиваемая в основном сотрудниками ВЦ РАН и МГУ – Ф. И. Ерешко, А. Ф. Кононенко, В. В. Федоровым и др.), теория управления сложными системами – научная школа В. Л. Волковича и В. С. Михалевича), разделы экономико-математического моделирования исследующие задачи согласованного планирования, и программно-целевого планирования (К. А. Багриновский, В. Л. Макаров, Г. С. Поспелов, В. А. Ириков и др.), управление проектами (В. И. Воропаев, Д. И. Голенко-Гинзбург и др.), теория кон-

трактов, развиваемая в основном зарубежными учеными (О. Hart, В. Holmstrom и др.), теория реализуемости (Е. Maskin, R. Myerson и др.).

Наиболее полная *классификация механизмов управления в организационных системах* представлена в [94] по следующим основаниям: предмет управления, расширение базовой модели активной системы, метод моделирования, функция управления, задача управления, масштаб реальных систем, отраслевая специфика.

В общей классификации проектов [73], научный проект выделяется, прежде всего, по характеру целевой задачи. По своему содержанию научный проект является одной из основных форм организации научной деятельности, которая определяется как деятельность, направленная на получение и применение нового знания [135]. Таким образом, цель реализации научных проектов носит двуединый характер и определяет основное содержание взаимосвязанных процессов получения и применения новых знаний.

Процесс получения новых знаний реализуется в форме фундаментальных и прикладных научных исследований, а процесс их применения реализуется в форме экспериментальных разработок [135].

Функционирование науки, техники и производства как единой системы обеспечивается осуществлением научно-технической деятельности, направленной на получение, применение новых знаний для решения технологических, инженерных, экономических, социальных, гуманитарных и иных проблем [135].

В настоящее время, не существует единого толкования понятия «научный проект». В соответствии с основными положениями теории управления проектами [20] и основаниями методологии [87], **научный проект** можно определить как *ограниченный во времени целенаправленный процесс выработки, теоретической систематизации и применения нового научного знания с установленными требованиями к качеству результатов, расходу ресурсов и специфической организацией*.

В общем виде *научные проекты можно классифицировать* следующим образом (см. таблицу 1.6).

Общая характеристика научного проекта может быть представлена в следующих основных аспектах его рассмотрения:

- научный проект как деятельность;
- научный проект в рамках полного жизненного цикла систем и объектов (ПЖЦСИО);
- научный проект в структуре инновационного процесса;
- научный проект в рамках теории управления проектами;
- научный проект в рамках теории организационных систем.

С позиций системного анализа, деятельность рассматривается как сложная система, направленная на подготовку, обоснование и реализацию решения проблем политического, социального, экономического, технического и т.д. характера [109, 136].

Таблица 1.6. Общая классификация научных проектов

Основания классификации	Типы научных проектов				
Цель	Получение новых знаний			Применение новых знаний	
	Фундаментальные научные исследования	Прикладные научные исследования		Экспериментальные разработки	
Результат	теория, метод, гипотеза, др.	методика, алгоритм, технология, устройство, установка, прибор, механизм, вещество, материал, продукт, система (управления, регулирования, контроля, проектирования, информационная), программное средство, база данных, др.			
Предмет исследования	Приоритетные направления развития науки, технологий и техники РФ			Критические технологии РФ	
Структура разрабатываемых проблем	Тематические			Комплексные	
Уровень организации	Международный	Государственный	Ведомственный	Научно-исследовательская организация	Высшее учебное заведение
Форма организации	Программа	Тема	Научно-исследовательская (опытно-конструкторская работа)		Диссертационная работа
Состав участников	Научные работники	Преподаватели		Аспиранты	Студенты
Эффект от внедрения результатов	Теоретический (научный)	Практический	Образовательный (повышение квалификации участников проекта, совершенствование образовательной и научной деятельности, др.)		
Характер финансирования	Бюджетные			Хоздоговорные	
Время реализации	Долгосрочные (5 и > лет)		Среднесрочные (3 – 5 лет)		Краткосрочные (1 – 3 года)

Таким образом, научный проект представляется как завершённый цикл продуктивной деятельности отдельного человека, коллектива, организации, предприятия или совместной деятельности многих организаций и предприятий [87].

Характеристика научных проектов в рамках основных компонентов деятельности [87] может быть представлена следующим образом (см. таблицу 1.7), из чего можно сделать вывод о единстве технологии (содержание, методы и средства) и результатов индивидуальной и коллективной научной деятельности. Имеющиеся различия обусловлены наличием неопределённости.

Полный жизненный цикл систем и объектов включает процесс замысла, воплощения и последующего использования объектов – машин, механизмов, устройств, материалов, веществ, систем, комплексов и технологий, вплоть до снятия их с эксплуатации (см. рисунок 1.4) [9].

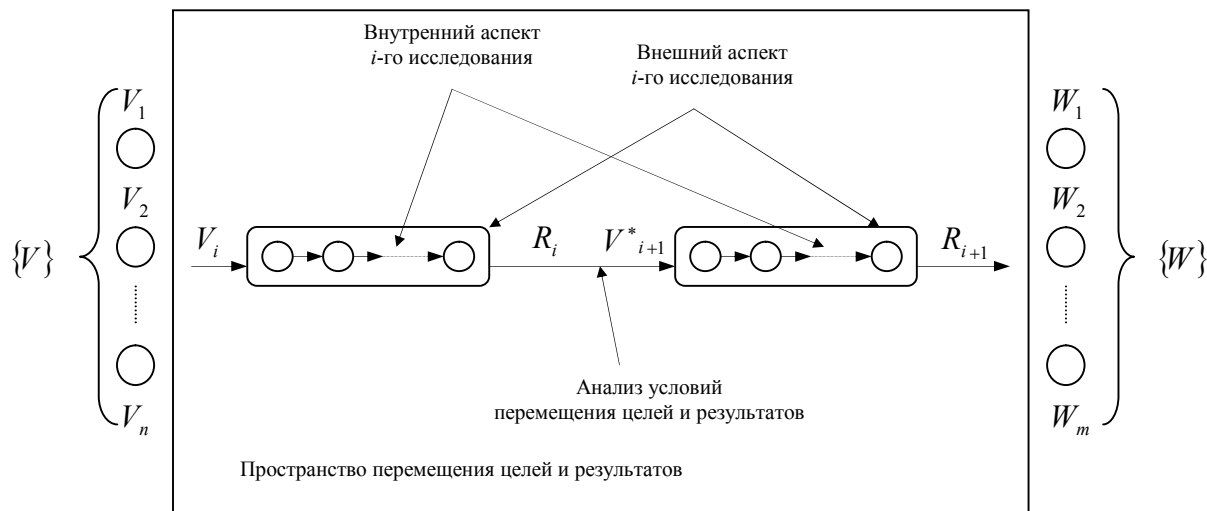
Под циклом исследований и разработок (ИР) понимается полная и упорядоченная по степени завершённости совокупность результатов, начиная с возникновения научной идеи до получения её полного информационного представления, необходимого и достаточного для её конкретного воплощения в новый продукт, вплоть до его передачи для промышленного освоения. Под стадией понимается наиболее обобщённое характерное состояние ПЖЦ, на достижение которого ориентированы исследования (разработки) [9].

Таблица 1.7. Компоненты деятельности и характеристика научных проектов

Компоненты деятельности	Индивидуальная научная деятельность	Коллективная научная деятельность (в т.ч. научная деятельность организации)
Потребность, мотив	<ul style="list-style-type: none"> – повышение качества решения задач в сфере профессиональной деятельности; – формирование (развитие) научного задела – повышение уровня научной квалификации; – самоутверждение; – развитие творческих способностей 	<ul style="list-style-type: none"> – заказ надсистемы; – совершенствование деятельности организации; – создание новых объектов; – формирование научного задела для создания новых объектов; – поиск направлений реализации научного задела; – научная потребность в комплексном изучении объектов, процессов или явлений; – повышение квалификации сотрудников; – подготовка научных и научно-педагогических кадров; – совершенствование опытно-экспериментальной базы; – заказ внешней организации – коммуникационная среда в научно-технической сфере; – внедрение (апробация) результатов научных исследований; – интеграция в научное пространство
Компоненты деятельности	Индивидуальная научная деятельность	Коллективная научная деятельность (в т.ч. научная деятельность организации)
Цель	Подцель в рамках достижения цели коллективной научной деятельности	<ul style="list-style-type: none"> – цель научного проекта; – подцель в рамках достижения цели научной деятельности организации
Задачи	Задача (задачи) по достижению цели (подцели) научного проекта (узконаправленные)	Задачи в рамках научной темы (программы), предметной области (комплексные)
Формы	<ul style="list-style-type: none"> – диссертационная работа; – этап, раздел (подраздел) НИОКР 	Программа, тема, НИОКР
Содержание (предмет исследования)	<ul style="list-style-type: none"> – Приоритетные направления развития науки, технологий и техники РФ; – Критические технологии РФ 	
Методы [84]	<p>Теоретические методы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>методы-последовательные действия</i>: выявление и разрешение противоречий, постановка проблемы, построение гипотез и т.д.; – <i>методы-операции</i>: анализ, синтез, сравнение, абстрагирование и конкретизация и т.д. <p>Эмпирические методы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>методы-познавательные действия</i>: обследование, мониторинг, эксперимент и т.д.; – <i>методы-операции</i>: наблюдение, опрос, тестирование и т.д. 	
Средства	Организационное, материально-техническое, информационное обеспечение	
Результат	<p>Результаты фундаментальных научных исследований: теория, метод, гипотеза, др.</p> <p>Результаты прикладных научных исследований: методика, алгоритм, технология, устройство, установка, прибор, механизм, вещество, материал, продукт, система (управления, регулирования, контроля, проектирования, информационная), программное средство, база данных, др.</p>	

Результаты системного анализа процессов выполнения ИР [9, 10] позволяют предположить, что их основными характеристиками являются цели и результаты. При целевом подходе к управлению ИР выделяются следующие основные *способы задания целей* [9]:

- формулировка формы и содержания результата достижение которого желательно;



где: $\{W\}$ – множество практических целей, сформулированных на основе анализа практических потребностей; $\{V\}$ – множество научных целей, сформулированных на основе анализа практической и научной потребностей; V_{i+1}^* – внешняя цель, для достижения которой необходим результат R_i ; V_i – цель i -го исследования; R_i – результат i -го исследования.

Рис. 1.5. Аспекты рассмотрения научного исследования

Научные проекты с позиций теории управления проектами можно представить в форме характеристики основных показателей проекта (см. таблицу 1.8).

Таблица 1.8. Показатели научного проекта

Показатели проекта	Характеристика научного проекта						
Объём работ ³	Продукты научной (научно-технической) деятельности				Научная (научно-техническая) продукция		
	количество (единицы)	объём печатных материалов (авторские (печатные) листы)			цена (руб.)		
Качество работ	Степень соответствия цели проекта	Степень соответствия эталону	Эффект от внедрения результатов				
			теоретический	практический	образовательный		
Состав участников	Категория				Квалификация		
	научные работники	преподаватели	аспиранты	студенты	доктор наук	кандидат наук	без учёной степени
Сроки выполнения	5 и > лет		3 – 5 лет		1 – 3 года		
Уровень риска	Низкий		Средний		Высокий		

³ Конечно, и число научных работ, и число печатных листов являются очень условными измерителями результатов научной деятельности. Тем не менее, они до сих пор, к сожалению, фигурируют в большинстве нормативных материалов. Более правильным представляется использование комплексных оценок – см. раздел 2.1 настоящей работы.

Таким образом, основными *особенностями научных проектов* являются: некоммерческая направленность, неопределённость результатов, продолжительные сроки реализации, трудность оценки как планируемых, так и фактических результатов реализации проектов, необходимость комплексного охвата предметных областей и организации информационного обмена, отсутствие аналогий в ретроспективе, узкая специализация участников.

1.3. Специфика научных проектов в ВУЗе и модель системы управления научными проектами

Одной из основных задач ВУЗа является организация и проведение фундаментальных и (или) прикладных научных исследований, направленных на решение научных или прикладных проблем и совершенствование профессионального образования студентов.

Цели научной деятельности ВУЗа предлагается распределить по трем основным группам:

а) *Теоретические (научные)*: проведение исследований по перспективным направлениям развития науки и техники в сфере деятельности надсистемы и ВУЗа;

б) *Прикладные*:

– разработка научных (научно-технических) проблем в сфере деятельности надсистемы и образовательном процессе ВУЗа;

– совершенствование и развитие исследовательской и опытно-экспериментальной базы научной и образовательной деятельности;

в) *Образовательные*:

– подготовка научных и научно-педагогических кадров;

– повышение научной квалификации научно-педагогического состава (профессорско-преподавательский состав и научные работники);

– обучение студентов основам научной и научно-технической деятельности.

Научная деятельность ВУЗа организуется и осуществляется на плановой основе и является должностной обязанностью научно-педагогического состава, докторантов и аспирантов.

Основной формой организации научной деятельности ВУЗа являются научные проекты, которые могут быть классифицированы по таким основаниям, как уровень и структура разрабатываемых проблем, предметная направленность, состав участников, тип заказчика, характер финансирования и время выполнения (см. таблицу 1.9).

Таблица 1.9. Классификация научных проектов в ВУЗе

№ п/п	Основания классификации	Типы научных проектов в ВУЗе		
1	Теоретический уровень разрабатываемых проблем	Фундаментальные		Прикладные
2	Структура разрабатываемых проблем	Тематические		Комплексные
3	Предметная направленность	Проблемы развития научных направлений		Совершенствование профессионального образования
4	Состав участников	МежВУЗовские	Вузовские	1. Факультетов 2. Кафедр 3. Научных подразделений 4. Индивидуальные
5	Тип заказчика	Заказные: 1. От надсистемы 2. От внешних организаций		Поисковые
6	Характер финансирования	Бюджетные		Хоздоговорные
7	Время выполнения	Долгосрочные (5 и > лет)	Среднесрочные (3 – 5 лет)	Краткосрочные (1 – 3 года)

Процесс реализации научных проектов в ВУЗе имеет ряд особенностей, основными из которых являются следующие [126]:

– специфическая иерархическая структура системы управления научной деятельностью ВУЗа;

– приоритетность в реализации научных проектов по заказу надсистемы (например, Минобразования или другого ведомства в случае отраслевых ВУЗов);

– некоммерческий характер и бюджетное финансирование большинства научных проектов;

– значительная степень внешней неопределённости в определении целей реализации долгосрочных и среднесрочных научных проектов, а также в содержании требований надсистемы по структуре и содержанию подготовки специалистов;

– распределение большей части научного потенциала по учебно-научным подразделениям (факультет и кафедра).

Перечисленные особенности характерны, в первую очередь, для государственных ВУЗов. В негосударственных ВУЗах основным результатом реализации научных проектов, как правило, является совершенствование учебного процесса. Кроме того, в негосударственных ВУЗах обычно меньше внимание уделяется фундаментальным исследованиям, а больший акцент делается на коммерческих прикладных научных проектах, которые могут рассматриваться как инновационные проекты [55, 56].

Основной целью управления научными проектами в ВУЗе является обеспечение требуемого уровня качества результатов при фиксированных (изменяющихся) параметрах социального заказа на подготовку специалистов и основных видов ресурсного обеспечения ВУЗа (материально-техническое, финансовое,

организационное, кадровое, научно-методическое, нормативно-правовое и информационное).

Для реализации научных проектов, в рамках организационно-штатной структуры ВУЗа формируется система управления научными проектами ВУЗа (далее – СУНП) (см. рисунок 1.6). Специфика реализации научных проектов в ВУЗе предполагает в качестве основной – матричную структуру управления (МСУ). Одной из характерных особенностей реализации научных проектов в ВУЗе является специфическая иерархическая структура управления научной деятельностью, в рамках которой руководитель проекта, как правило, подчинен (постоянно или временно) одному из функциональных руководителей – см. также модели управления во второй главе настоящей работы.

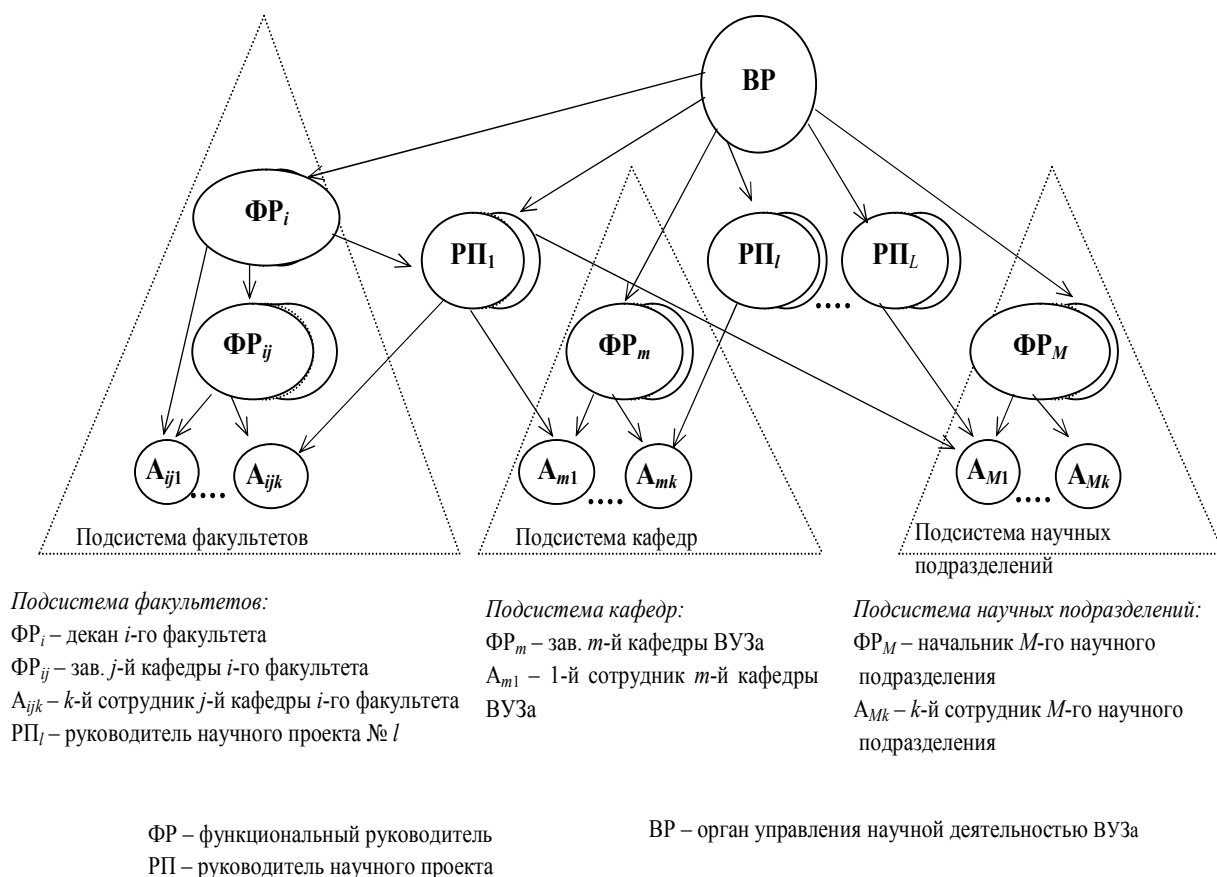


Рис. 1.6. Система управления научными проектами ВУЗа

Матричная структура управления научными проектами в ВУЗе и основная классификация активных систем [89], позволяют идентифицировать СУНП как четырехуровневую, многоэлементную, динамическую активную систему с сообщением информации, распределённым контролем, межуровневым взаимодействием и наличием неопределённости (см. рисунок 1.7).

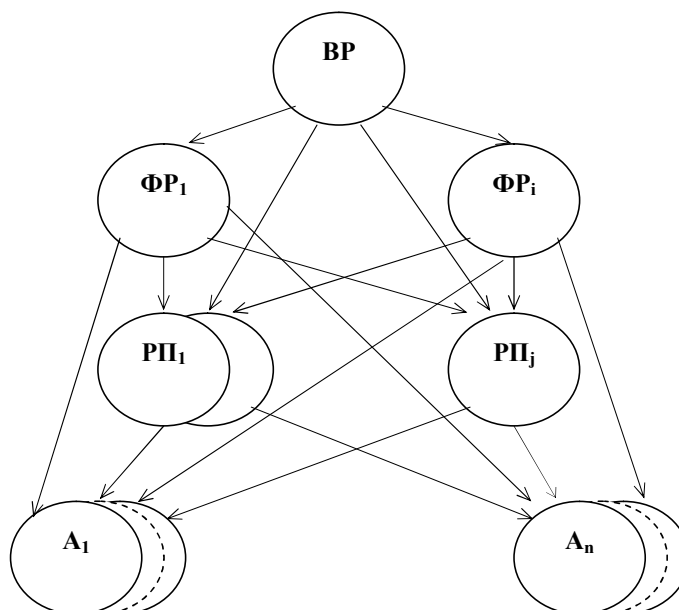


Рис. 1.7. Организационная структура системы управления научными проектами в ВУЗе

1.4. Классификация задач управления научными проектами в ВУЗе

В процессе функционирования СУНП (см. рисунок 1.6) выделяются следующие основные этапы:

1. Планирование научной деятельности:

а) Долгосрочное планирование (порядка 5 лет): разработка перспективной тематики научных исследований ВУЗа на 5 лет; определение направлений научных исследований (ННИ); – выделение в рамках ННИ тем научных исследований (ТНИ) – долгосрочных научных проектов (ДНП); назначение руководителей ДНП; формирование научных советов по ННИ; определение головных исполнителей по ДНП (факультет, кафедра, научное подразделение).

б) Краткосрочное планирование (календарный год): – разработка Плана научной деятельности ВУЗа на календарный год; – формирование среднесрочных (СНП) и краткосрочных научных проектов (КНП) по ННИ; – назначение руководителей и ответственных исполнителей СНП и КНП, головных исполнителей (ГИ) и соисполнителей (СИ) по СНП и КНП (факультет, кафедра, научное подразделение).

2. Реализация научных проектов:

– экспертиза и приемка результатов научных проектов или их этапов;
 – реализация результатов научных проектов в образовательном процессе ВУЗа и/или в надсистеме и/или у заказчика и/или у потребителя.

3. Отчетность о результатах научной деятельности:

а) Отчетность о выполнении Перспективной тематики научных исследований ВУЗа (1 раз в 5 лет);

б) Отчетность о результатах научной деятельности ВУЗа за календарный год;

в) Отчетность о результатах научной деятельности кафедр и научных подразделений за календарный год.

г) Отчетность о выполнении научных проектов (по факту их завершения).

В рамках основных этапов функционирования СУНП решаются следующие основные задачи управления научными проектами (см. таблицу 1.10).

Таблица 1.10. Этапы функционирования СУНП и задачи управления научными проектами

Этапы функционирования СУНП	Задачи управления научными проектами		
1. Планирование научной работы: – перспективное планирование (3-5 лет) – текущее планирование (календарный год)	Планирование портфеля научных проектов [77]	Формирование направлений научных исследований	
		Распределение ресурсов	Стимулирование исполнителей
2. Реализация научных проектов.	Оценка результатов научных проектов	Оперативное управление	
3. Отчётность о результатах научной работы.		Оценка уровня внедрения результатов научных проектов:	
	Оценка научной деятельности:		
	– ВУЗа		
	– факультета		
	– кафедры		
– научного подразделения			
– сотрудника (слушателя, студента)			
			– в образовательный процесс ВУЗа; – в деятельность надсистемы; – у заказчика; – у потребителя

Перечисленные в таблице 1.10 этапы функционирования СУНП являются «внутренними»: помимо них существуют этапы маркетинга, реализации и сопровождения – см. выше.

Таким образом, можно выделить следующие общие классы *задач управления научными проектами в ВУЗе*:

- оценки результатов научных проектов;
- планирования портфеля научных проектов;
- распределения ресурсов в научных проектах;
- стимулирования исполнителей научных проектов;
- оперативного управления научными проектами

Для решения перечисленных задач управления научными проектами необходима разработка соответствующих механизмов управления с использованием базовых механизмов управления организационными системами (см. таблицу 1.11).

Таблица 1.11. Механизмы и задачи управления научными проектами

Механизмы управления организационными системами [21]	Задачи управления научными проектами				
	Оценка результатов научных проектов	Планирование портфеля научных проектов	Распределение ресурсов	Стимулирование исполнителей	Оперативное управление научными проектами
Механизмы стимулирования	–	•	•	+	+
Механизмы распределения ресурса	–	+	+	•	•
Механизмы активной экспертизы	+	•	–	–	•
Механизмы внутренних цен	–	+	+	•	•
Конкурсные механизмы	–	+	•	•	–
Неманипулируемые механизмы обмена	•	–	•	–	–
Механизмы «затраты–эффект»	–	+	•	–	•
Механизмы смешанного финансирования	–	+	+	•	•
Механизмы агрегирования	+	+	•	–	•
Механизмы самокупаемости	–	+	+	–	•
Механизмы назначения	–	+	+	•	–
Механизмы синтеза организационной структуры	–	+	•	–	–
Механизмы комплексного оценивания	+	–	–	–	•
Механизмы согласия	–	+	+	–	•
Механизмы опережающего самоконтроля	–	•	–	+	+
Компенсационные механизмы	–	•	–	•	+
Противозатратные механизмы	–	•	+	–	–
Механизмы выбора ассортимента	–	+	•	–	–
Механизмы закупок	–	+	•	–	–
Механизмы оптимизации обменных производственных схем	–	•	•	–	–
Многоканальные механизмы	+	–	–	•	•
Механизмы страхования	–	•	•	–	–

«+» – механизм следует использовать

• – механизм возможно использовать

«–» – механизм практически не используется

Модели и методы управления научными проектами, позволяющие решать задачи оценки результатов научных проектов, планирования портфеля научных проектов, распределения ресурсов для реализации научных проектов, стимулирования исполнителей научных проектов и оперативного управления научными проектами рассматриваются во второй главе работы.

2. МОДЕЛИ И МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ НАУЧНЫМИ ПРОЕКТАМИ В ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ

Настоящая глава⁴ посвящена разработке и исследованию моделей и методов управления научными проектами в ВУЗе. Содержательной основой процесса моделирования является комплекс задач управления научными проектами в ВУЗе, решаемых органами управления НД на этапах функционирования СУНП (см. первую главу настоящей работы).

2.1. Оценка результатов научных проектов

На практике распространена задача оценивания сложных систем, процессов и явлений, описываемых многими показателями. Для принятия управленческих решений желательно иметь агрегированную картину, которая, с одной стороны, включала бы минимальное количество показателей, а, с другой стороны, позволяла бы выявлять существенные с точки зрения управляющего органа различия состояний управляемой системы. Процедура перехода от исходного набора *частных показателей* (оценок по частным критериям) к *агрегированным показателям* (оценкам по агрегированным критериям) называется *процедурой комплексного оценивания*. Совокупность исходных и конечных показателей, совместно с процедурой агрегирования, называется *системой комплексного оценивания* [19].

Задача построения системы комплексного оценивания с математической точки зрения практически совпадает с многокритериальной задачей принятия решений и требует характеристики процедур комплексного оценивания, удовлетворяющих тем или иным системам требований (аксиом) [100, 110].

С практической точки зрения важным является не только поиск процедуры агрегирования, но и предъявление такого алгоритма ее построения и использования, который основывался бы на информации, получаемой от экспертов – специалистов в различных предметных областях. Поэтому процедуры комплексного оценивания обычно строят последовательно, декомпозируя получение агрегированного показателя на несколько процедур, то есть сначала «сворачивают» частные показатели, затем сворачивают уже полученные показатели и т.д. Во многих случаях логика свертки диктуется деревом целей – структурой декомпозиции целей и задач описываемой системы [20].

Имея систему комплексного оценивания, можно ставить и решать задачи управления [21]. Если заданы процедура агрегирования частных показателей и затраты на их изменение, то можно искать оптимальные (с точки зрения затрат, рисков и т.д.) комбинации частных показателей, приводящие к требуемому значению агрегированного показателя.

⁴ В написании ряда разделов второй главы принимали участие А.А. Иващенко и Н.А. Коргин.

Наибольшее распространение в последние годы получили *матричные процедуры комплексного оценивания*, в которых существует набор частных показателей, измеряемых в дискретной шкале, которые сворачиваются попарно (*дихотомическая – бинарная – процедура*), а агрегированные значения определяются так называемыми *матрицами свертки*. При этом возникают как теоретические задачи нахождения функций свертки, представимых в виде дихотомического дерева [26, 36], перестроения деревьев свертки [4], так и задачи построения матричных систем комплексного оценивания в различных прикладных областях: управления развитием приоритетных направлений науки и техники [69], управления проектами [20], управления безопасностью [17, 64], регионального управления [3, 4], управления научными [121], производственными [19, 21], и образовательными [90, 95] системами и т.д.

Настоящий раздел посвящен рассмотрению нечетких сетевых систем комплексного оценивания, которые обобщают матричные свертки, с одной стороны, на случай сети (бинарное дерево является частным случаем сети [18]), а с другой стороны – на случай нечетких [5] оценок (как частных, так и агрегированных). Для этого сначала дается общая постановка задачи комплексного оценивания, а затем описываются нечеткие матричные и сетевые системы комплексного оценивания.

Обозначим: $N = \{1, 2, \dots, n\}$ – множество частных критериев, оценки $x_i \in X_i$ по которым принимают значения из множеств X_i , $i \in N$; $x_0 \in X_0$ – *комплексная (агрегированная) оценка*, которая вычисляется в соответствии с процедурой агрегирования $F(\cdot): X' \rightarrow X_0$, то есть $x_0 = F(x)$, где $x = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in X' = \prod_{i \in N} X_i$.

Различают *непрерывные* (когда X_i – область в некотором конечномерном евклидовом пространстве) и *дискретные* (когда множества X_i конечны) процедуры комплексного оценивания. Также можно отдельно выделить *унифицированные процедуры*, в которых все множества X_i одинаковы (например, отрезок $[0; 1]$ или дискретная шкала с одним и тем же числом значений).

Предположим, что заданы: функция затрат $c(x^1, x^2): (X')^2 \rightarrow \mathcal{R}^1$ на изменение вектора частных показателей с $x^1 \in X'$ до $x^2 \in X'$; начальное состояние $x^0 \in X'$; F_0 – требуемое значение комплексной оценки; R – ограничение на ресурсы. Будем считать, что $X_i \subseteq \mathcal{R}^1$, $i \in \{0\} \cup N$, то есть все оценки – скалярные.

Прямая задача комплексного оценивания заключается в вычислении при известном векторе частных показателей $x^0 \in X'$ значения комплексной оценки $F^0 = F(x^0)$. При известном отображении $F(\cdot)$ данная задача тривиальна.

Обратная задача комплексного оценивания заключается в нахождении такого множества $X(F_0) \subseteq X'$ значений векторов частных показателей, которые приводят к заданной комплексной оценке F_0 , то есть

$$X(F_0) = \{x \in X' \mid F(x) = F_0\}.$$

Задача распределения ресурса

$$(1) F(x) \rightarrow \max_{\{x \in X' \mid c(x^0, x) \leq R\}}$$

заключается в поиске такого вектора частных показателей, который приводил бы к максимальной комплексной оценке при условии ограниченности затрат (затраты на переход не должны превышать имеющегося ресурса R).

Обратная задача распределения ресурса

$$(2) c(x^0, x) \rightarrow \min_{\{x \in X' \mid F(x) = F_0\}}$$

заключается в нахождении такого вектора значений частных показателей, переход к которому из текущего состояния обеспечивал бы достижение заданного значения F_0 комплексной оценки.

Задачи, аналогичные (1) и (2) можно ставить и решать и с учетом неопределенности – например, риска не достижения соответствующих значений частных показателей. Возможен также учет глобальных ограничений $X_{\text{гл}}$ на значения частных показателей: $x \in X' \cap X_{\text{гл}}$.

Отметим, что задача (2) может формулироваться и для более сложных случаев – когда требуется определить оптимальную (с точки зрения затрат) траекторию в пространстве частных критериев, приводящую к концу планового периода к требуемой или максимально возможной величине комплексной оценке (в динамике можно также минимизировать время достижения требуемого значения комплексной оценки и т.д.).

Если ввести на множестве X' значений частных критериев функционал $G(x^1, x^2)$, отражающий «расстояние» между векторами значений частных критериев, то в случае монотонно неубывающего по всем переменным отображения $F(\cdot)$ можно определять *резерв*

$$(3) \delta(x_0) = x_0 - \arg \min_{x \in X(F(x_0))} G(x_0, x).$$

Понятие резерва позволяет ввести определение *напряженного варианта* [20], как такого (условно говоря «Парето-оптимального по расстоянию $G(\cdot)$ ») вектора значений частных критериев, что ни одна из оценок ни по одному из этих критериев не может быть уменьшена без уменьшения комплексной оценки. Делается это следующим образом: если резервы (3) «независимы», то учет взаимной зависимости значений частных критериев, приводящих к одному и тому же значению комплексной оценки F_0 , приводит к следующему определению множества напряженных вариантов:

$$\Delta(x_0) = \{x \in X' \mid F(x) = F_0 \text{ и } \forall x' \neq x F(x') < F_0\}.$$

Все сформулированные в настоящем разделе определения и поставленные задачи являются достаточно общими, хотя и сводятся к известным задачам математического программирования или дискретной оптимизации. Для их использования на практике необходимо, как минимум, расшифровать «что скрывается внутри» процедуры агрегирования $F(\cdot)$, как ее строить и как ею пользоваться в каждом конкретном случае. Поэтому перейдем к рассмотрению матричных систем комплексного оценивания.

Начнем с описания четких матричных (дискретных дихотомических древо-видных) систем комплексного оценивания, следуя примеру, приведенному в [5]. Предположим, что требуется оценить уровень научной деятельности ВУЗа (критерий X_0) (см. рисунок 2.1), который определяется уровнем результатов

научных исследований (критерий X_1) и уровнем применения результатов научных исследований (критерий X_2). Уровень результатов научных исследований, в свою очередь, определяется уровнем результатов фундаментальных научных исследований (критерий X_{11}) и уровнем результатов прикладных научных исследований (критерий X_{12}), а уровень применения результатов научных исследований – уровнем применения результатов научных исследований в ВУЗе (критерий X_{21}) и уровнем применения результатов научных исследований во внешних организациях (критерий X_{22}). В данном случае частными критериями являются X_{11} , X_{12} , X_{21} и X_{22} , агрегированным критерием является X_0 , а критерии X_1 и X_2 являются промежуточными.



Рис. 2.1. Дерево критериев научной деятельности ВУЗа

Пусть оценки по каждому критерию могут принимать конечное число значений (для простоты будем использовать четырехбальную шкалу: 1 – «плохо», 2 – «удовлетворительно», 3 – «хорошо» и 4 – «отлично»). Требуется (прямая задача), имея оценки по критериям X_{11} , X_{12} , X_{21} , X_{22} нижнего уровня, получить агрегированную оценку по критерию X_0 . В случае бинарного (дихотомического) дерева для свертки оценок, полученных в дискретной шкале, используют логические матрицы (матрицы свертки), значения элементов которых определяют агрегированную оценку при условии, что оценки по агрегируемым критериям являются номерами соответствующих строк и столбцов.

Если использовать в рассматриваемом примере матрицы свертки, (см. рисунок 2.2), то, например, при $x_{11} = 4$, $x_{12} = 3$, $x_{21} = 2$, $x_{22} = 3$ получим, что $x_1 = 4$, $x_2 = 2$, а $x_0 = 3$ (см. таблицу 2.1).

X₂					X₀	X₁					X₂					
1	1	2	2	3	X₁₂	1	1	1	2	2	X₂₂	1	1	1	3	3
2	1	2	3	3	2	1	2	3	3	2	1	2	3	3		
3	2	2	3	4	3	2	3	3	4	3	1	2	3	4		
4	2	3	3	4	4	2	3	4	4	4	2	2	3	4		
	1	2	3	4	X₁	1	2	3	4	X₁₁	1	2	3	4	X₂₁	

Рис. 2.2. Матрицы свертки

Таблица 2.1. Агрегирование четких оценок

Критерии	Четкие значения
X ₀	3
X ₁	4
X ₂	2
X ₁₁	4
X ₁₂	3
X ₂₁	2
X ₂₂	3

Напряженными вариантами, приводящими, например, к агрегированной оценке $x_0 = 4$, будут следующие 8 вариантов:

$$x_{11} = 3, x_{12} = 4, x_{21} = 3 \text{ и } x_{11} = 3, x_{12} = 4, x_{21} = 3$$

при любых значениях x_{22} .

Обобщением описанной выше четкой матричной системы комплексного оценивания является нечеткая матричная система комплексного оценивания, в которой оценки по каждому из критериев являются в общем случае нечеткими, и агрегируются в соответствии с четкими матрицами свертки⁵. Нечетким оценкам могут соответствовать вектора степеней уверенности экспертов в достижении четких оценок. Получаемая в результате агрегирования оценка также является нечеткой и несет в себе больше информации, чем четкие оценки.

Пусть \tilde{x}_1 – нечеткая оценка по первому критерию, задаваемая функцией принадлежности $\mu_{\tilde{x}_1}(x_1)$ на универсальном множестве, определяемом соответствующей шкалой (в рассматриваемом примере это множество – $\{1, 2, 3, 4\}$), \tilde{x}_2 –

⁵ Под нечеткими процедурами комплексного оценивания будем понимать четкие процедуры (отображения) нечеткой информации в нечеткую информацию. Все полученные результаты могут быть легко обобщены на случай, когда процедура агрегирования является нечеткой. Однако содержательные интерпретации и практическое использование подобных моделей представляется затруднительным в силу высокой их сложности.

нечеткая оценка по второму критерию, задаваемая функцией принадлежности $\mu_{\tilde{x}_2}(x_2)$.

В соответствии с принципом обобщения [106] полученная в результате агрегирования по процедуре $F(\cdot)$, задаваемой матрицей свертки, нечеткая оценка \tilde{x}_0 будет определяться функцией принадлежности⁶

$$(4) \mu_{\tilde{x}_0}(x_0) = \sup_{\{(x_1, x_2) | F(x_1, x_2) = x_0\}} \min \{ \mu_{\tilde{x}_1}(x_1), \mu_{\tilde{x}_2}(x_2) \}, x_0 = \overline{1,4}.$$

В предельном случае, то есть когда агрегируются четкие оценки, естественно, агрегированная оценка является четкой и совпадает с получающейся в результате использования четкой процедуры комплексного оценивания.

Пусть для рассматриваемого примера нечеткие оценки по критериям нижнего уровня принимают значения, приведенные в таблице 2.2, и сворачиваются в соответствии с деревом, приведенным на рисунке 2.1. Используя матрицы свертки, приведенные на рисунке 2.2, и выражение (4), получаем нечеткие оценки по агрегированным критериям (см. таблицу 2.2).

Таблица 2.2. Агрегирование нечетких оценок

Критерии	Нечеткие значения			
	1	2	3	4
X₀	0,00	0,20	0,70	0,30
X₁	0,00	0,10	0,40	0,70
X₂	0,20	0,90	0,30	0,10
X₁₁	0,00	0,20	0,40	0,70
X₁₂	0,00	0,10	1,00	0,40
X₂₁	0,20	0,90	0,30	0,10
X₂₂	0,00	0,30	0,95	0,40

Нечеткие оценки по критериям X_0 , X_1 и X_2 для рассматриваемого примера приведены на рисунке 2.3.

По аналогии с напряженными вариантами в системах четкого комплексного оценивания [20], можно рассматривать *нечеткие напряженные варианты*. Пусть задан нечеткий вектор оценок агрегированного критерия (в рассматриваемом примере – это вектор $\tilde{x}_0 = (0; 0,2; 0,7; 0,3)$). Напряженными назовем минимальные вектора агрегируемых оценок, приводящие к заданному нечеткому вектору агрегированных оценок. Легко убедиться, что в рассматриваемом примере – это вектора $\tilde{x}_1 = (0; 0; 0,2; 0,7)$ и $\tilde{x}_2 = (0,2; 0,7; 0,3; 0)$.

Напряженному варианту будет соответствовать следующий набор значений оценок нижнего уровня: $\tilde{x}_{11} = (0; 0; 0,2; 0,7)$, $\tilde{x}_{12} = (0; 0; 0,7; 0)$, $\tilde{x}_{21} = (0,2; 0,7; 0,3; 0)$, $\tilde{x}_{22} = (0; 0; 0,7; 0)$. Разности между приведенными в таблице 2.2 значениями оценок и напряженными можно считать резервами по соответствующим критериям, что позволяет ставить и решать задачи оптимизации.

⁶ Супремум по пустому множеству в выражении (4) (и аналогичных ему) будем считать равным нулю.

ции резервов, затрат и риска. Отметим, что найденные напряженные варианты отличаются от оценки, даваемой формулой (6) – см. ниже, в соответствии с которой в данном примере $\mu_{\tilde{x}_i}^{\min}(x_i) = 0,7, x_i \in \{1, 2, 3, 4\}, i \in \{11, 12, 21, 22\}$.

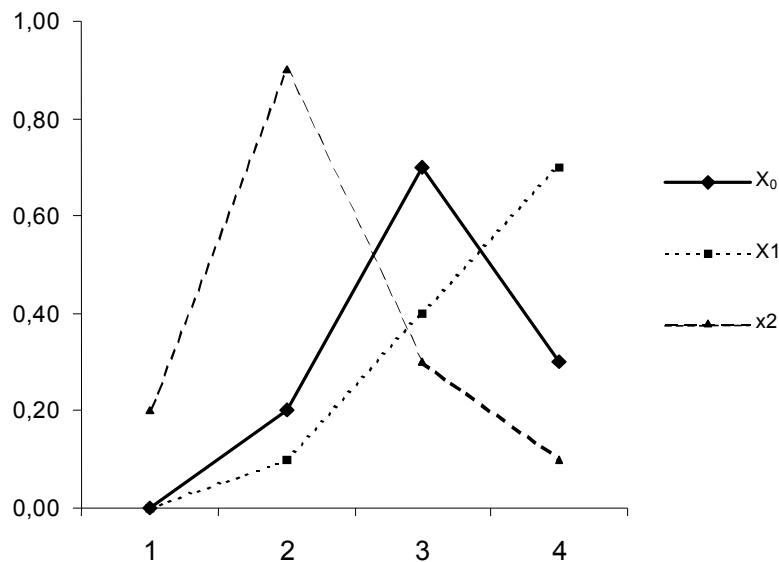


Рис. 2.3. Нечеткие оценки по критериям X_0, X_1 и X_2

Завершив рассмотрение примера, обобщим полученные результаты. В случае, когда нечеткие оценки $\{\tilde{x}_i\}_{i \in N}$ агрегируются в соответствии с четкой процедурой $F(\cdot)$ значение функции принадлежности для агрегированной оценки \tilde{x}_0 вычисляется по следующей формуле:

$$(5) \mu_{\tilde{x}_0}(x_0) = \sup_{\{x \in X' \mid F(x) = x_0\}} \min_{i \in N} \{ \mu_{\tilde{x}_i}(x_i) \}, x_0 \in X_0.$$

Можно решить и обратную задачу: пусть задана требуемая функция принадлежности $\mu_{\tilde{x}_0}(x_0)$ итоговой агрегированной нечеткой оценки \tilde{x}_0 . Тогда равномерная оценка сверху «минимальных» («напряженных») значений функций принадлежности значений частных критериев есть

$$(6) \mu_{\tilde{x}_i}^{\min}(x_i) = \sup_{\{x_0 \in X_0 \mid x_i \in \text{Proj}_i X(x_0)\}} \mu_{\tilde{x}_0}(x_0), x_i \in X_i, i \in N.$$

где $\mu_{\tilde{x}_0}(x_0)$ определяется (5).

Пример расчетов нечетких напряженных вариантов по формуле (6) приведен выше. Имея значения минимальных функций принадлежности (6), приводящих к заданному нечеткому агрегированному результату, можно при известном функционале затрат, определенном на множестве пар («начальных» и «конечных») функций принадлежности, искать наиболее дешевый вариант достижения заданного нечеткого агрегированного результата из начального состояния, описываемого также нечетких вектором оценок по частным критериям.

Нечетким резервом назовем следующую нечеткую величину:

$$(7) \delta_{\tilde{x}_i}(x_i) = \mu_{\tilde{x}_i}(x_i) - \mu_{\tilde{x}_i}^{\min}(x_i), x_i \in X_i, i \in N.$$

Если функции затрат монотонны по оценкам и значениям функции принадлежности, а процедура агрегирования не убывает по каждой из агрегируемых оценок, то более дешевыми будут комбинации оценок частных критериев, которые имеют минимальные нечеткие резервы (7). С другой стороны, нечеткие резервы могут интерпретироваться как «запас устойчивости» состояния системы относительно внешних возмущений или ошибок оценивания.

Выражения (4)-(7) дают возможность решения в явном виде прямых и обратных задач комплексного оценивания для двух «предельных» случаев – произвольной функции агрегирования и свертки двух дискретных показателей. Все остальные – «промежуточные» – случаи рассматриваются аналогично.

Обобщим полученные в предыдущем разделе результаты на случай, когда логика агрегирования показателей описывается *сетью* [18], то есть ориентированным графом без циклов, в котором выделено множество вершин, являющихся *входами*, и одна вершина, являющаяся выходом *сети*. Будем считать, что сеть не содержит контуров.

Для этого сначала рассмотрим четкий случай сетевого агрегирования показателей, измеряемых в произвольной (дискретной или непрерывной шкале), а затем перейдем к нечеткому случаю.

Пусть сеть описывается ациклическим графом (E, V) , где V – множество вершин, а E – множество дуг между этими вершинами.

Предположим, что множество V состоит из множества N входов сети (в которые не ведет ни одна дуга) и множества $K = \{1, 2, \dots, k\}$ вершин, в которые входят дуги (для сети без контуров всегда можно построить *правильную нумерацию*: $\forall p, q \in V, (p, q) \in E$ выполнено $p < q$ [18]). Вершину с номером k в множестве K будем считать выходом сети.

Наложим на сеть следующее ограничение (содержательно означающее, что используется информация по всем частным и промежуточным показателям, кроме окончательной агрегированной оценки, вычисленной в выходе сети – вершине из множества K с номером k):

$$(8) \quad \forall i \in N \exists l \in K: (i, l) \in E.$$

$$\forall j \in K, j \neq k \exists l \in V: (j, l) \in E.$$

$$(9) \quad \forall i, l \in N (i, l) \notin E.$$

Последнее ограничение означает, что все вершины из множества N являются входами сети, и ни одна из них не вычисляется как агрегат от какой-либо другой.

Содержательно вершины, принадлежащие множеству K можно считать «промежуточными узлами агрегирования» – на выходе вершины $j \in K$ имеется переменная y_j , значение которой определяется известным отображением $F_j(\cdot)$, $j \in K$.

Для формального определения этого отображения введем следующие обозначения: $P_j = \{i \in N \mid (i, j) \in E\}$, $Q_j = \{l \in K \mid (l, j) \in E\}$, $j \in K$.

Пусть для каждой вершины $j \in K$ задано множество Y_j и число $y_j \in Y_j$, определяемое отображением

$$(10) F_j: \left(\prod_{i \in P_j} X_i \right) \times \left(\prod_{l \in Q_j} Y_l \right) \rightarrow Y_j,$$

то есть

$$(11) y_j = F_j((x_i)_{i \in P_j}, (y_l)_{l \in Q_j}), j \in K.$$

Величина y_k как раз и будет значением комплексной оценки.

Сетевой системой комплексного оценивания назовем следующий кортеж:

– сеть (E, V) с правильной нумерацией, удовлетворяющую условиям (8) и (9);

– совокупность множеств $N, K, (X_i)_{i \in N}, (Y_j)_{j \in K}$;

– совокупность отображений $F_j(\cdot), j \in K$, – см. (10).

Прямая задача (определения комплексной оценки по заданным значениям оценок по частным показателям) для сетевой системы решается просто – достаточно последовательно вычислить значения k промежуточных критериев (это возможно в силу правильной нумерации сети).

Обозначим $z = (x, y) \in Z' = X' \times Y'$, где $Y' = \prod_{l \in K} Y_l$.

Обратная задача (определения множества значений оценок по частным показателям, приводящим к заданному значению комплексной оценки) решается несколько более сложным образом с помощью следующего алгоритма:

Шаг 0. Фиксируем $y_k \in Y_k$. Определим множество

$$Z^k(y_k) := \{(x, y') \in Z' \mid y'_k = y_k\}$$

Шаг $m = \overline{1, k}$.

$$(12) Z^{k-m}(y_k) = \{(x, y') \in Z^{k-m+1}(y_k) \mid F_{k-m+1}((x_i)_{i \in P_{k-m}}, (y'_l)_{l \in Q_{k-m}}) = y_{k-m+1}\}.$$

Алгоритм остановится через k шагов (12), и в результате получится искомое множество $X(y_k) = Proj_N Z^0(y_k) \subseteq X'$.

Задача (1) распределения ресурса для сетевого случая будет иметь такой же вид, что и выше, а обратную задачу распределения ресурса можно сформулировать следующим образом:

$$(13) c(x^0, x) \rightarrow \min_{x \in X(y_k)}.$$

Обобщим полученные результаты на нечеткий случай: для сетевой модели значение функции принадлежности для нечеткой комплексной оценки имеет вид:

$$(14) \mu_{\tilde{y}_j}(y_j) = \sup_{\{(x, y) \in Z' \mid F_j((x_i)_{i \in P_j}, (y_l)_{l \in Q_j})\}} \min [\min_{i \in P_j} \{ \mu_{\tilde{x}_i}(x_i) \}, \min_{l \in Q_j} \{ \mu_{\tilde{y}_l}(y_l) \}],$$

где $\mu_{\tilde{x}_i}(x_i)$, $x_i \in X_i$, – функция принадлежности нечеткой частной оценки \tilde{x}_i , $i \in N$, а \tilde{y}_j – нечеткая промежуточная или комплексная (при $j = k$) оценка с функцией принадлежности $\mu_{\tilde{y}_j}(y_j)$, $y_j \in Y_j, j \in K$.

Обратная задача в рассматриваемой сетевой модели при известной функции принадлежности (14) формулируется по аналогии с (6), а нечеткие резервы – по аналогии с (7).

Приведем пример нечеткой сетевой системы комплексного оценивания.

Пусть $n = 3$, $k = 4$, $X_i = X_0 = \{1, 2, 3\}$, $i = \overline{1,3}$, сеть представлена на рисунке 2.4, а матрицы свертки – на рисунке 2.5, $y_3 = \max \{y_1, y_2\}$, $x_0 = y_4 = \min \{x_1, y_3\}$.

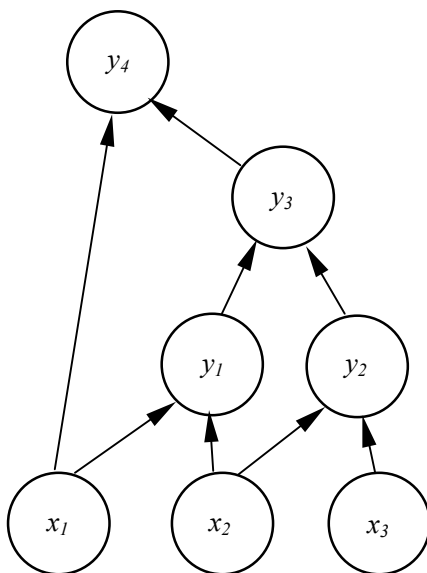


Рис. 2.4. Пример сети комплексного оценивания

	3	2	3	3
x₂	2	2	2	2
	1	1	1	2
		1	2	3
		x₁		

	3	2	2	3
x₃	2	1	2	3
	1	1	2	3
		1	2	3
		x₂		

Рис. 2.5. Матрицы свертки

Пусть заданы нечеткие оценки по частным критериям:

$$\tilde{x}_1 = (0,3; 0,8; 0,4), \tilde{x}_2 = (0,2; 0,4; 0,9), \tilde{x}_3 = (0,1; 0,7; 0,2).$$

По формуле (14) рассчитываем «промежуточные» нечеткие оценки:

$$\tilde{y}_1 = (0,3; 0,4; 0,8), \tilde{y}_2 = (0,2; 0,4; 0,7), \tilde{y}_4 = (0,2; 0,4; 0,7)$$

и, наконец, нечеткую комплексную оценку:

$$\tilde{x}_0 = \tilde{y}_4 = (0,3; 0,7; 0,4).$$

Применение формулы (6) дает одинаковую оценку сверху для всех значений функций принадлежности всех частных критериев, равную 0,7.

Проведенный анализ показывает, что процедуры комплексного оценивания являются гибким и эффективным инструментом обработки информации, используемой при поддержке принятия управленческих решений. В то же время, применяемые в них алгоритмы достаточно громоздки, поэтому целесообразным представляется при их компьютерной реализации предусматривать средства визуализации как исходных данных, так и промежуточных и оконча-

тельных результатов, с тем, чтобы система была «прозрачна» для пользователей – экспертов и лиц, принимающих решения.

2.2. Планирование портфеля научных проектов

Теоретико-игровые модели анализа и синтеза механизмов управления являются предметом исследований в теории управления организационными системами [21]. Специфика управления портфелями проектов [77] заключается, в том числе, в том, что они реализуются в рамках матричных структур, в которых исполнитель оказывается подчинен одновременно нескольким «равноправным» управляющим органам – например, руководителю проекта и своему функциональному руководителю (в отличие от линейных структур, в которых существует древовидная иерархия подчинения [89]). Такие структуры получили название систем с распределенным контролем. Систематически впервые их модели исследованы в [101]. Полная характеристика решений задачи управления в системе с несколькими управляющими органами (центрами) и одним управляемым субъектом – агентом – получена в [42, 58]. В дальнейшем модели с распределенным контролем развивались в нескольких направлениях: в [34] получено решение задачи управления для двухуровневой системы с несколькими центрами и несколькими агентами, характеризуемыми векторными предпочтениями; в [21, 34, 42] изучалась роль высшего руководства в согласовании интересов центров; в [35] рассматривались модели так называемых X-структур, в которых руководство исполнителями осуществляла управляющая компания; в [8] приведены модели матричных структур, в которых руководитель проекта обладает приоритетом принятия решений перед функциональным руководителем. В упомянутых работах рассматривались теоретико-игровые модели, то есть модели, учитывающие активность поведения участников организационной системы. Кроме них существуют оптимизационные модели [29, 80], в рамках которых решается задача поиска иерархии управления, реализующей требуемые функции управления с минимальными затратами. В оптимизационных моделях целенаправленности поведения участников системы уделяется меньше внимания, и их исследование выходит за рамки настоящей работы.

Научные проекты, в частности, характеризуются тем, что в них нарушается «равноправность» руководителей проектов и функциональных руководителей – исполнители подчинены, в первую очередь, функциональным руководителям, и руководители научных проектов вынуждены согласовывать с последними условия привлечения исполнителей для участия в тех или иных проектах. Более того, иногда руководители проектов оказываются непосредственно подчинены тем или иным функциональным руководителям.

Поэтому возникает задача построения модели системы управления научными проектами, и исследования в рамках этой модели условий согласования интересов всех участников системы.

Рассмотрим типичную для управления научными проектами структуру системы управления, включающую четыре уровня: высшее руководство (ВР),

функциональных руководителей (ФР) – например, заведующих отделами, лабораториями или кафедрами, руководителей научных проектов (РП) и исполнителей (см. рисунок 2.6).

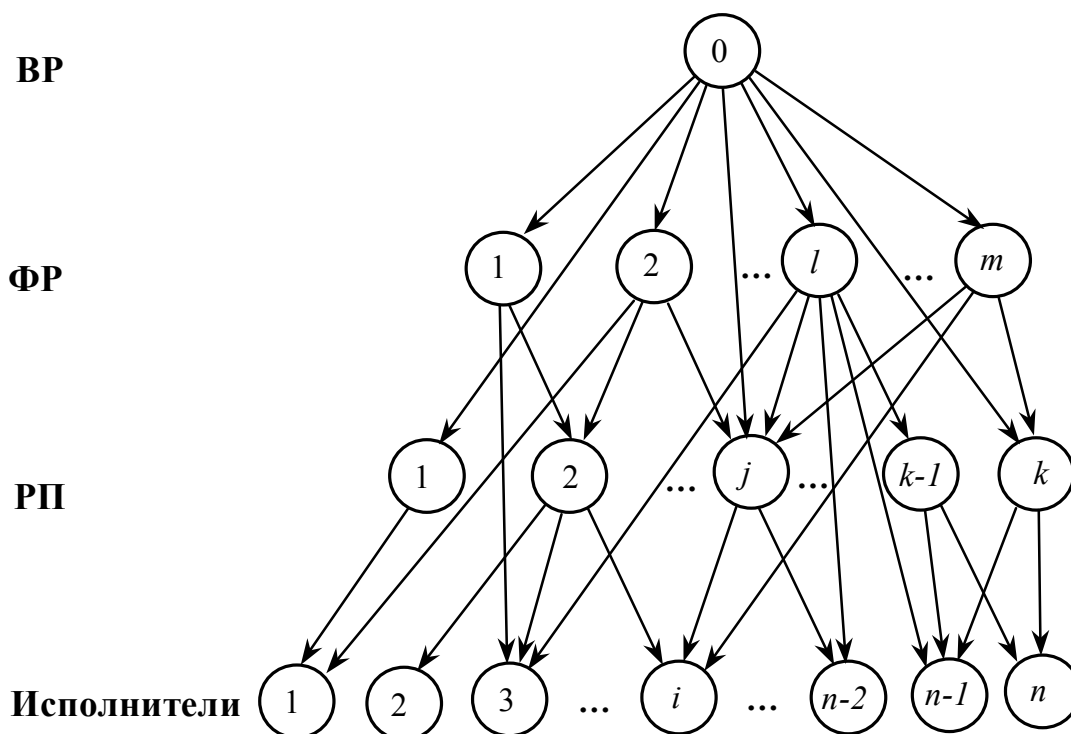


Рис. 2.6. Организационная структура системы управления научными проектами

Высшее руководство осуществляет планирование, обеспечение, координацию и контроль деятельности функциональных руководителей и руководителей проектов (всех или некоторых); функциональные руководители – руководителей проектов и исполнителей; руководители проектов – исполнителей. Так, на рисунке 2.6 представлена ситуация, когда все ФР подчинены ВР (в рамках линейной оргструктуры), часть РП (1-ый, j -ый и k -ый) также подчинены ВР (остальные РП – 2-ой и $k-1$ -ый контролируются ВР через ФР). Некоторые РП подчинены ВР напрямую и ни контролируются ни одним из ФР (например первый РП). Исполнители подчинены и ФР и РП. Например, 1-ый исполнитель подчинен первому РП и второму ФР. Некоторые исполнители подчинены только руководителям проектов (например, второй и n -ый). Такие исполнители могут соответствовать внешним соисполнителям или сотрудникам временных трудовых коллективов, подчиненных РП.

Введем следующие обозначения:

$N = \{1, 2, \dots, n\}$ – множество агентов (исполнителей);

$K = \{1, 2, \dots, k\}$ – множество руководителей проектов;

$M = \{1, 2, \dots, m\}$ – множество функциональных руководителей;

$y_i \in A_i \subseteq \mathfrak{R}^n$, $0 \in A_i$ – действие i -го исполнителя, $i \in N$;

$y = (y_1, y_2, \dots, y_n) \in A' \subseteq \mathfrak{R}^{\sum_{i \in N} n_i}$ – вектор действий исполнителей;
 $c_i(y)$ – функция затрат i -го исполнителя, $i \in N$;
 $h_j(y)$ – функция дохода j -го руководителя проекта, $j \in K$;
 $H_l(y)$ – функция дохода l -го функционального руководителя, $l \in M$;
 $H_0(y)$ – функция дохода высшего руководства;
 $\sigma_{ij}(y)$ – функция стимулирования i -го агента со стороны j -го руководителя проекта, $i \in N, j \in K$;
 $v_{il}(y)$ – функция стимулирования i -го агента со стороны l -го функционального руководителя, $i \in N, l \in M$;
 $u_{jl}(y)$ – функция стимулирования j -го руководителя проекта со стороны l -го функционального руководителя, $j \in K, l \in M$;
 $s_j(y)$ – функция стимулирования j -го руководителя проекта со стороны высшего руководства, $j \in K$;
 $q_l(y)$ – функция стимулирования l -го функционального руководителя со стороны высшего руководства, $l \in M$.

Структуру выплат между участниками системы поясняет рисунок 2.7.

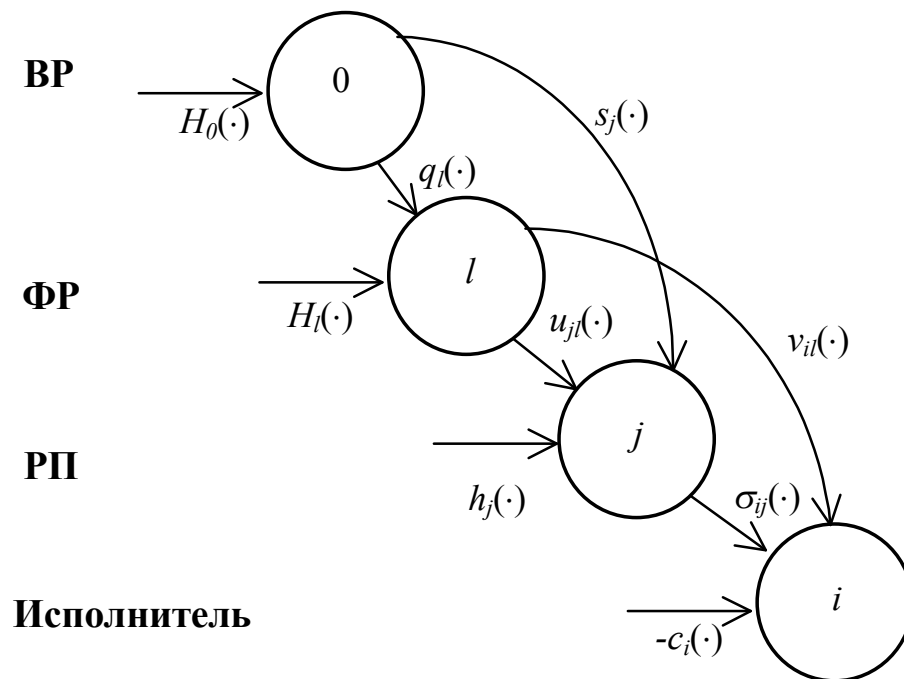


Рис. 2.7. Структура выплат между участниками организационной системы

Относительно функции затрат i -го агента предположим, что функция $c_i(y)$ возрастает по действию i -го агента и равна нулю при выборе i -ым агентом нулевого действия. Все вознаграждения будем считать неотрицательными в ходе всего последующего изложения.

Запишем целевые функции участников организационной системы. Целевая функция агента представляет собой сумму вознаграждений, полученных от всех руководителей проектов, в которых он участвует, плюс сумма вознаграж-

дений, полученных от всех функциональных руководителей, которым он подчинен, минус собственные затраты агента⁷:

$$(1) f_i(\sigma_i, v_i, y) = \sum_{j \in K} \sigma_{ij}(y) + \sum_{l \in M} v_{il}(y) - c_i(y), i \in N.$$

Целевая функция руководителя проекта складывается из его дохода плюс сумма вознаграждений со стороны функциональных руководителей и высшего руководства за вычетом выплат исполнителям:

$$(2) F_j(\sigma_j, u_j, s_j, y) = h_j(y) + \sum_{l \in M} u_{jl}(y) + s_j(y) - \sum_{i \in N} \sigma_{ij}(y), j \in K.$$

Целевая функция функционального руководителя складывается из его дохода плюс вознаграждение со стороны высшего руководства за вычетом вознаграждений, выплачиваемых руководителям проектов и исполнителей:

$$(3) \Phi_l(q_l, u_l, v_l, y) = H_l(y) + q_l(y) - \sum_{j \in K} u_{jl}(y) - \sum_{i \in N} v_{il}(y), l \in M.$$

Целевая функция высшего руководства складывается из его дохода за вычетом выплат функциональным руководителям и руководителям проектов:

$$(4) \Phi_0(y, s, q) = H_0(y) - \sum_{l \in M} q_l(y) - \sum_{j \in K} s_j(y).$$

Последовательность функционирования следующая. Сначала высшее руководство выбирает свою стратегию и сообщает ФР и РП вектор-функции стимулирования⁸ $s(y)$ и $q(y)$, затем ФР выбирают свои вектор-функции стимулирования $u(y)$ и $v(y)$, после чего свои вектор-функции $\sigma(y)$ выбирают РП, и, наконец, исполнители выбирают свои действия.

В соответствии с общим подходом [92], обобщающим двухуровневые иерархические игры [33, 43] на случай иерархий произвольной глубины, равновесие игры участников системы определяется следующим образом. Сначала ищется равновесие Нэша игры агентов, зависящее от стратегий всех игроков всех более высоких уровней иерархии (то есть, РП, ФР и ВР). При известной этой зависимости ищется равновесие игры на следующем уровне иерархии (игры РП) в зависимости от стратегий всех игроков всех более высоких уровней иерархии (то есть, ФР и ВР). И так далее, до самого верхнего уровня иерархии, на котором решается задача максимизации выигрыша ВР.

Сформулированная задача чрезвычайно громоздка, так как в ней требуется искать зависимость равновесия (в игре, в которой стратегией игрока является выбор вектор-функции) от вектор-функций, выбранных участниками, находящимися на более высоких уровнях иерархии. Так, требуется, как минимум,

найти: $\mathfrak{R}^{\sum_{i \in N} n_i}$ -мерный вектор действий агентов, $k \cdot n$ равновесных функций стимулирования, выбираемых РП, $m \cdot n + m \cdot k$ равновесных функций стимулирования, выбираемых ФР, и $m + k$ оптимальных функций стимулирования, выби-

⁷ Условимся обозначать вектор стимулирований той же буквой, что и его компоненты, опуская соответствующий индекс.

⁸ Как и в любой иерархической игре, предполагается, что на момент принятия решений игрок знает стратегии, выбранные игроками, находящимися на всех более высоких уровнях иерархии.

раемых ВР. Решить данную задачу «в лоб» для сколь-либо общего случая представляется невозможным. Поэтому воспользуемся известными результатами исследования подзадач исходной задачи.

Одним из основных результатов исследования задачи стимулирования является принцип компенсации затрат [91]: при решении задачи синтеза оптимальной функции стимулирования достаточно ограничиться классом квазикомпенсаторных систем стимулирования, при использовании которых вознаграждение агента отлично от нуля и равно затратам агента только в случае выполнения последним плана, то есть выбора того действия, которое ему рекомендует центр.

Поэтому фиксируем вектор действий исполнителей $x \in A'$ и рассмотрим класс квазикомпенсаторных систем стимулирования:

$$(5) \sigma_{ij}(x, y) = \begin{cases} \sigma_{ij}, & y_i = x_i \\ 0, & y_i \neq x_i \end{cases}, i \in N, j \in K,$$

$$(6) u_{jl}(x, y) = \begin{cases} u_{jl}, & y = x \\ 0, & y \neq x \end{cases}, j \in K, l \in M,$$

$$(7) v_{il}(x, y) = \begin{cases} v_{il}, & y_i = x_i \\ 0, & y_i \neq x_i \end{cases}, i \in N, l \in M,$$

$$(8) s_j(x, y) = \begin{cases} s_j, & y = x \\ 0, & y \neq x \end{cases}, j \in K,$$

$$(9) q_l(x, y) = \begin{cases} q_l, & y = x \\ 0, & y \neq x \end{cases}, l \in M.$$

В соответствии с (5)-(9) ненулевые выплаты имеют место только в том случае, когда все участники стимулируют друг друга за выполнение одних и тех же планов, причем агенты выполняют планы. Отметим, что из (5) и (7) следует, что i -ый агент получает ненулевое вознаграждение (компенсацию затрат при любой обстановке игры) только в случае выполнения им соответствующей компоненты плана, независимо от того, выполнили ли планы остальные агенты. Соответствующий принцип управления был предложен в [100] и получил название принципа децентрализации игры агентов. Для сравнения отметим, что из (6), (8) и (9) следует, что вознаграждения ФР и РП отличны от нуля только в том случае, если все агенты выполнили планы.

Исследуем теперь вопрос о том, в каких случаях агентам будет выгодно выполнять планы и какие при этом должны быть равновесные системы стимулирования (5)-(9). Соответствующее управление назовем согласованным.

Задача поиска множества согласованных управлений заключается в формулировке условий того, что выбор соответствующих стратегий будет равновесием игры участников организационной системы на каждом из уровней иерархии. Другими словами, для каких планов найдется совокупность вознаграждений за выполнение этих планов (см. (5)-(9)), таких, чтобы агенты выполняли планы как равновесие Нэша своей игры, а выбор именно данных функций стимулирования был бы равновесием Нэша игры РП на своем уровне иерархии и ФР – на своем уровне. Имея решение этой задачи, в следующем

разделе формулируется и решается задача синтеза оптимальных (с точки зрения ВР) согласованных управлений.

Исследуем сначала игру агентов.

Лемма 1. Если при использовании системы стимулирования агентов (5), (7) выполнено

$$(10) \sum_{j \in K} \sigma_{ij} + \sum_{l \in M} v_{il} \geq c_i(x), i \in N,$$

то выбор действия $y_i = x_i$ является доминантной стратегией i -го агента, $i \in N$.

Справедливость утверждения леммы 1 следует из подстановки (5), (7) и (10) в определение доминантной стратегии [43].

Вычислим следующие величины:

$$w_j = \max_{y \in A'} [h_j(y) - \sum_{i \in N} c_i(y)], j \in N,$$

$$W_l = \max_{y \in A'} [H_l(y) - \sum_{i \in N} c_i(y)], l \in M.$$

$$W_0 = \max_{y \in A'} [H_0(y) - \sum_{i \in N} c_i(y)].$$

Утверждение 1. При плане $x \in A'$ множества Парето-эффективных равновесий Нэша игры руководителей проектов и Парето-эффективных равновесий Нэша игры функциональных руководителей не пусты тогда и только тогда, когда выполнено (10) и

$$(11) h_j(x) + \sum_{l \in M} u_{jl} + s_j - \sum_{i \in N} \sigma_{ij} \geq w_j, j \in K.$$

$$(12) H_l(x) + q_l - \sum_{j \in K} u_{jl} - \sum_{i \in N} v_{il} \geq W_l, l \in M.$$

$$(13) H_0(x) - \sum_{l \in M} q_l - \sum_{j \in K} s_j \geq W_0.$$

Утверждение 1 доказывается по аналогии с соответствующими утверждениями в [58, 101].

Назовем план $x \in A'$ согласованным, если существует такой набор систем стимулирования, которые являются Парето-эффективными равновесиями игр ФР и РП, и при которых агенты выполняют план как равновесие своей игры. Также предположим, что в случае, когда множества равновесий игр ФР или РП состоят более чем из одной точки, ВР может выбирать любое конкретное равновесие из соответствующих множеств.

Лемма 1 и утверждение 1 обосновывают справедливость следующего утверждения.

Утверждение 2. Для того чтобы план $x \in A'$ был согласованным достаточно выполнения условий (10)-(13).

Утверждение 2 гласит, что заданный план будет согласованным, если для него найдется набор из $[(n + 1)(k + m) + km]$ вознаграждений:

$$(14) \{\sigma_{ij}\}_{i \in N, j \in K}, \{v_{il}\}_{i \in N, l \in M}, \{u_{jl}\}_{j \in K, l \in M}, \{q_l\}_{l \in M}, \{s_j\}_{j \in K},$$

такой, что константы (14) удовлетворяют системе неравенств (10)-(13).

Рассмотрим следующую задачу. Фиксируем план $x \in A'$ и найдем

$$(15) C(x) = \min_{\{(s, q) | (10)-(13)\}} \left[\sum_{j \in K} s_j + \sum_{l \in M} q_l \right].$$

Величина (15) характеризует минимальные затраты высшего руководства по реализации согласованного плана $x \in A'$. Для тех планов, для которых система неравенств (10)-(15) не имеет решения, положим затраты (15) равными плюс бесконечности.

С учетом (15) целевая функция (4) ВР примет вид:

$$(16) \Phi_0(x) = H_0(x) - C(x).$$

Оптимальным согласованным планом будет

$$(17) x^* = \arg \max_{x \in A'} [H_0(x) - C(x)].$$

По аналогии с результатами, приведенными в [34, 91], можно показать, что условием существования согласованного плана является следующее неравенство: $\max_{x \in A'} [H_0(x) + \sum_{l \in M} H_l(x) + \sum_{j \in K} h_j(x) - \sum_{i \in N} c_i(x)] \geq W_0 + \sum_{l \in M} W_l + \sum_{j \in K} w_j$.

Таким образом, решение задачи согласованного управления научными проектами в рамках рассматриваемой модели состоит из двух этапов: на первом этапе для каждого плана $x \in A'$ проверить возможность его согласования (существования величин (13), удовлетворяющих (10)-(12)) и найти затраты (14) ВР; на втором этапе найти оптимальный согласованный план (16).

Задача, решаемая на первом этапе, хотя и является задачей линейного программирования, выглядит достаточно громоздко, тем более что решать такие задачи нужно для каждого плана $x \in A'$. Поэтому особенно привлекательно выглядит демонстрируемая ниже возможность нахождения аналитических решений.

Из (10)-(13) получаем, что для значения (15) справедлива следующая оценка: $\forall x \in A'$

$$(18) C(x) \geq \sum_{l \in M} W_l + \sum_{j \in K} w_j - \sum_{l \in M} H_l(x) - \sum_{j \in K} h_j(x) + \sum_{i \in N} c_i(x).$$

Таким образом, обоснована справедливость следующего утверждения:

Утверждение 3. Для максимального выигрыша ВР справедлива следующая оценка:

$$(19) \Phi_0^* \leq H_0(x^{**}) - C(x^{**})$$

где

$$(20) x^{**} = \arg \max_{x \in A'} [H_0(x) + \sum_{l \in M} H_l(x) + \sum_{j \in K} h_j(x) - \sum_{i \in N} c_i(x)].$$

Интересно отметить, что согласованный план (20) максимизирует сумму целевых функций всех участников системы – ВР, ФР, РП и исполнителей, то есть является Парето-оптимальным с точки зрения системы в целом.

2.3. Распределение ресурсов в научных проектах

Одним из характерных отличий научных проектов является то, что в них руководители проектов, как правило, подчинены руководителям подразделений (функциональным руководителям). Поэтому перед функциональным руководителем, помимо задачи обеспечения регулярной деятельности (например, заве-

дующий кафедрой в ВУЗе должен обеспечить нормальный ход учебного процесса), стоит задача распределения его подчиненных (например, профессорско-преподавательского состава кафедры) между научными проектами. Условно эту задачу можно назвать *задачей о планировании нагрузки*. Приведем ее формальную постановку и обсудим возможные способы решения.

Обозначим t_{ij} – время, затрачиваемое i -ым агентом на работу по j -му проекту, t_{i0} – время, затрачиваемое им на регулярную деятельность, где $i \in N = \{1, 2, \dots, n\}$ – множеству агентов, $j \in M = \{1, 2, \dots, m\}$ – множеству проектов. Пусть заданы: T_j – оценка суммарных трудозатрат по j -му проекту; T_0 – суммарная нагрузка по регулярной деятельности (например, учебная нагрузка кафедры); T_i^{\max} – максимальное рабочее время i -го агента, $i \in N$; α_{ij} – эффективность участия i -го агента в j -ом проекте, $i \in N, j \in M \cup \{0\}$; β_j – приоритетность j -го проекта с точки зрения функционального руководителя, $j \in M$.

В качестве критерия эффективности выберем суммарную эффективность реализации проектов исполнителями, подчиненными данному функциональному руководителю:

$$(1) \sum_{j \in M} \beta_j \sum_{i \in N} \alpha_{ij} t_{ij} + \sum_{i \in N} \alpha_{i0} t_{i0} \rightarrow \max_{\{t_{ij}\}}.$$

Отметим, что данный критерий отражает «локальные» приоритеты конкретного функционального руководителя, которые могут не быть согласованными с представлениями высшего руководства, отвечающего за реализацию комплекса научных проектов в организации в целом.

Для согласования интересов различных участников существуют специальные механизмы, рассматриваемые в [97].

Рассмотрим теперь ограничения, которым должно удовлетворять распределение нагрузки. Во-первых, необходимо выполнить суммарную нагрузку:

$$(2) \sum_{i \in N} t_{i0} = T_0.$$

Во вторых, необходимо удовлетворить ограничениям на объемы работ по научным проектам:

$$(3) \sum_{i \in N} t_{ij} = T_j, j \in M.$$

И, наконец, в третьих, следует учесть ограниченность рабочего времени каждого агента:

$$(4) \sum_{j \in M} t_{ij} \leq T_i^{\max}, i \in N.$$

Задачу максимизации (1) с ограничениями (2)-(4) назовем задачей о распределении нагрузки. Это – задача линейного программирования с $(m + 1)n$ неизвестными и $n + m + 1$ ограничением. Более того, задача (1)-(4) является классической транспортной задачей [18], решение которой существует, если выполнено следующее условие:

$$(5) \sum_{i \in N} T_i^{\max} \leq T_0 + \sum_{j \in M} T_j.$$

Его содержательная интерпретация: сумма ограничений на рабочее время всех агентов не меньше суммарной нагрузки (по регулярной деятельности и всем проектам).

Отметим, что, в соответствии с ограничением (3), функциональный руководитель не допускал невыполнения какого-либо из проектов. Это ограничение можно ослабить, сформулировав задачу одновременного определения множества выгодных проектов (это множество может оказаться строго уже, чем множество M , даже если все проекты имеют высокий приоритет, но нарушено условие (5)) и распределения агентов между ними. Для этого достаточно в (3) вести суммирование по множеству реализуемых проектов, которое, в свою очередь, также требуется найти. Получили «гибрид» транспортной задачи и задачи о ранце [18], в котором уже присутствует дискретная компонента. Для решения сформулированной задачи требуется для каждого подмножества множества проектов решить задачу (1)-(4), после чего получится классическая задача о ранце.

Выше сформулирована и решена (сведена к известным) задача функционального руководителя, заключающаяся в распределении нагрузки (по регулярной деятельности и проектам) между агентами. При этом предполагалось, что эффективности деятельности агентов достоверно известны. На практике это не всегда так, поэтому рассмотрим задачу принятия решений руководителем проекта в условиях неполной его информированности об эффективности деятельности участников проекта.

Предположим, что руководителю проекта необходимо распределить объем R работ между n агентами, эффективности $\{r_i\}$ ему неизвестны. Из теории принятия решений известны несколько способов устранения неопределенности [21]. Наиболее распространены два из них – принцип максимального гарантированного результата, дающий пессимистическую оценку, и механизм с сообщением информации, в котором управляющий орган принимает решения на основании информации, сообщенной агентами (например, агенты сообщают оценки эффективности своей деятельности).

Известно, что при использовании механизмов с сообщением информации возникает проблема манипулирования – агентам может быть невыгодно сообщение достоверной информации [21]. В рассматриваемой модели систем управления научными проектами эффект манипулирования информацией может заключаться в следующем. Если предположить, что для любого агента более предпочтительно участие в научном проекте, нежели чем аудиторная нагрузка (а это предположение, как свидетельствует опыт, достаточно реалистично), то агенты будут стремиться зависить сообщаемые оценки эффективности своей деятельности в рамках научных проектов.

Однако, во-первых, научные проекты, реализуемые подразделением, как правило, взаимосвязаны (и по содержанию, и по результатам) между собой и тесно связаны с содержанием учебного процесса. Поэтому при постановке и решении задачи планирования (распределения работ) необходимо учитывать эту взаимосвязь.

Отметим, что в большинстве известных механизмов планирования предпочтения агентов сепарабельны, то есть выигрыш каждого агента зависит только от плана, назначенного именно ему, и не зависит от планов, назначенных другим агентам [110]. Исключением являются так называемые механизмы согласия, в которых каждый агент заинтересован в своей компоненте плана и еще одной – общей для всех – компоненте, называемой базовой. В механизмах согласия удастся добиться достоверности сообщаемой агентами информации [21], поэтому их использование в задачах распределения работ по научным проектам целесообразно (в качестве базовой компоненты можно выбрать, например, регулярную деятельность). Однако при этом различные проекты (кроме попарно – каждый с базовой компонентой) будут несвязанны.

Для отражения заинтересованности агентов в реализации всех проектов предположим, что их предпочтения описываются следующими функциями полезности

$$(6) f_i(x(s)) = - \sum_{j \in N} \gamma_{ij} (x_j(s) - x_{ij})^2, \quad i \in N,$$

где $x_j(s)$ – j -ая компонента вектора $x(s) = (x_1(s), x_2(s), \dots, x_n(s))$ планов, зависящего от вектора $s = (s_1, s_2, \dots, s_n)$ сообщений агентов; $\gamma_{ij} \geq 0$ – константы; x_{ij} – представления i -го агента о том, какой план следует назначить j -му агенту, $i, j \in N$. Частным случаем (6) являются сепарабельные однопиковые предпочтения ($\gamma_{ij} = 0, j \neq i$), рассматриваемые в [21, 110].

Предположим, что используется следующая процедура планирования (принцип пропорционального распределения [21]):

$$(7) x_i(s) = \frac{s_i}{\sum_{j \in N} s_j} R, \quad i \in N.$$

Исследуем равновесные сообщения агентов в зависимости от их взаимных представлений $\{x_{ij}\}$. Для того, чтобы получить аналитические результаты, возьмем случай двух агентов с $\gamma_{11} = \gamma_{22} = 1$, $\gamma_{12} = \xi_1$, $\gamma_{21} = \xi_2$, $s_i \in [0; 1]$, $x_{ij} \in [0; 1]$, $i, j = 1, 2$, $R = 1$. Содержательно константа ξ_i означает насколько i -ый агент заинтересован в назначении выгодного плана агенту $3 - i$, по сравнению с заинтересованностью в получении выгодного плана для себя (понятно, что при сепарабельных предпочтениях $\xi_i = 0$), $i = 1, 2$.

Утверждение 4. Для того чтобы сообщения агентов, образующие стабильное информационное равновесие, были пропорциональны друг другу и существовали, достаточно выполнения следующего равенства:

$$(8) x_{11} (1 + \xi_2) + x_{22} (1 + \xi_1) + \xi_1 \xi_2 = x_{12} \xi_1 (1 + \xi_2) + x_{21} \xi_2 (1 + \xi_1) + 1$$

Справедливость утверждения 4 следует из непосредственного нахождения информационного равновесия и проверки условий его стабильности [102].

В предельных случаях получаем:

– при сепарабельных предпочтениях стабильное информационное равновесие существует при $x_{11} + x_{22} = 1$;

– при одинаковой взаимной заинтересованности агентов (то есть при $\xi_1 = \xi_2 = 1$) стабильное информационное равновесие существует при

$$x_{11} + x_{22} = x_{12} + x_{21}.$$

Содержательная интерпретация последнего условия такова: сумма представлений агентов о том, каковы планы, оптимальные для каждого из них, должна совпадать с суммой их представлений о том, каковы планы, оптимальные для оппонента.

2.4. Стимулирование исполнителей научных проектов

Различные виды взаимодействия между субъектами социально-экономических систем можно рассматривать как обмен между ними, приносящий выигрыш каждой из обменивающихся сторон. Взаимодействие между руководством кафедры ВУЗа (далее – кафедра) и профессорско-преподавательским составом (ППС) кафедры не является исключением. В частности, процесс распределения нагрузки на учебную и научную деятельность можно трактовать как обмен в следующем виде: кафедра раздает имеющийся у нее в наличии ресурс (время на различные виды деятельности) и взамен получает результат деятельности ППС. Этот подход позволяет построить математическую модель кафедры как обменной схемы [67], и применить результаты теории управления организационными системами [21, 43, 91, 94] и теории активных систем (ТАС) [67, 96], полученные при решении различных задач обмена, в частности, задач стимулирования [94].

Сформулируем теоретико-игровую модель кафедры, с помощью которой можно решить задачу повышения результативности научной деятельности (НД) кафедры. За основу берется модель обмена в двухуровневой активной системе с конечным числом агентов на нижнем уровне и одним управляющим органом – центром – на верхнем уровне [96] – см. рисунок 2.8.

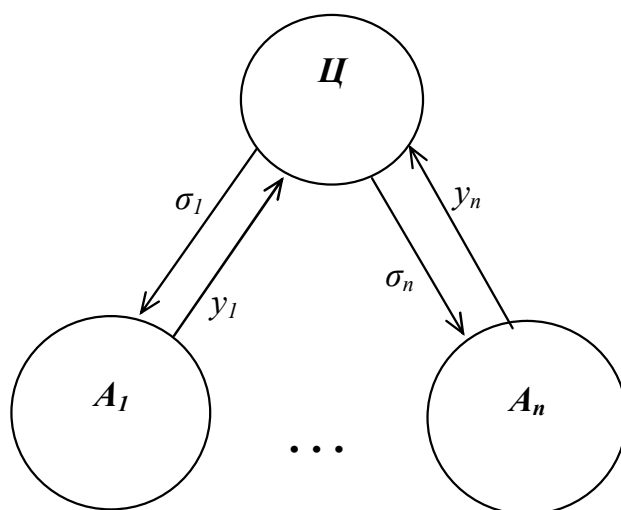


Рис. 2.8. Двухуровневая активная система

Будет моделироваться исключительно процесс распределения нагрузки на НД. За рамками модели остается вопрос финансовой оплаты труда ППС и пола-

гается лишь, что в схеме оплаты труда ППС не учитывается, как именно распределяется нагрузка.

В модели используются следующие допущения:

1. Нагрузка преподавателя делится на два вида деятельности – учебную и научную.

2. Рассматривается только один, абстрактный, вид научной деятельности.

3. Эффективность учебной деятельности всех преподавателей одинаковая.

Данные допущения необходимы исключительно для наглядности рассматриваемой модели. Полученные результаты справедливы и при отказе от этих допущений, однако задача повышения результативности НД будет гораздо сложнее с математической точки зрения. Кафедру можно рассматривать как двухуровневую организационную систему, на верхнем уровне которой находится руководство кафедры (центр), а на нижнем – ППС кафедры (агенты) (см. рисунок 2.8).

В системе происходит обмен между центром и агентами. Руководство кафедры (центр) выдает ППС кафедры (агентам) время, получая взамен от ППС результаты НД. Процесс взаимодействия между руководством кафедры и ППС кафедры можно представить в виде обмена, а саму систему – как обменную схему [67].

В терминах задачи стимулирования, являющейся частным случаем задачи обмена [67] взаимодействие между участниками системы имеет следующее содержание: центр стимулирует временем агентов за выполняемые ими действия (получаемые научные результаты). Однако в традиционной постановке задачи стимулирования агенты получают вознаграждение от центра после выполнения своих действий, а в рассматриваемой модели, центр сначала распределяет время между ППС, а затем преподаватели выбирают свои действия.

Поэтому возможно оппортунистическое поведение [94] со стороны ППС при котором выданное им время они могут использовать не по назначению.

Численность ППС обозначим n , состав кафедры – $N = \{1, 2, \dots, n\}$. Результат НД каждого преподавателя i обозначим за y_i , и будем трактовать как количество авторских листов. В соответствии с терминологией теории активных систем, y_i – действие, выбираемое i -м агентом (преподавателем).

Задача центра будет заключаться в перераспределении нагрузки на НД с целью максимизации общего результата НД кафедры. Поэтому целевую функцию центра можно записать в виде суммы результатов НД ППС кафедры:

$$(1) \Phi = \sum_{i \in N} y_i.$$

Руководство кафедры осуществляет распределение нагрузки на НД путем определения плана НД для каждого преподавателя, который включает: время t_i на осуществление НД преподавателем и результат НД деятельности y_i , ожидаемый от преподавателя.

На возможности руководства кафедры по перераспределению нагрузки на НД накладываются следующие ограничения:

1. Суммарное время, выделяемое преподавателям на осуществление НД должно оставаться неизменным:

$$(2) \sum_N t_i = \sum_N T_i,$$

где T_i – нормативное время – время на осуществление НД преподавателем, определяемое нормативами от надсистемы.

2. Время, выделяемое каждому преподавателю на осуществление НД, может отличаться от нормативного времени в пределах, устанавливаемых надсистемой:

$$(3) t_i \in [(1 - \alpha)T_i; (1 + \alpha)T_i],$$

где α – параметр, определяющий отклонение от нормативного времени, устанавливаемый надсистемой.

Функцию полезности преподавателя можно записать в следующем виде: $f_i = t_i - y_i r_i$, где r_i – параметр, характеризующий персональную эффективность НД преподавателя, измеряемый в часах на авторский лист.

Чем выше значение данного параметра, тем больше времени тратит преподаватель на написание одного авторского листа, тем меньше эффективность его научной деятельности. Руководство кафедры должно назначать такие планы преподавателям, которые будут удовлетворять условию индивидуальной рациональности (ИР) – неотрицательности полезности каждого из агентов:

$$(4) \forall i f_i \geq 0.$$

Предположим, что ППС кафедры состоит из двух преподавателей – кандидата наук и доктора наук, параметры эффективности НД которых $r_{\text{дн}}$ и $r_{\text{кн}}$ соответственно, и точные значения обоих параметров известны руководству кафедры. В этом случае задача максимизации уровня НД кафедры формулируется следующим образом:

$$y_{\text{дн}} + y_{\text{кн}} \xrightarrow{y_{\text{дн}}, y_{\text{кн}}} \max.$$

Ограничения на время, выделяемое руководством кафедры преподавателям на НД, имеют следующий вид:

$$(5) t_{\text{дн}} + t_{\text{кн}} = T_{\text{дн}} + T_{\text{кн}}$$

$$(6) \begin{cases} t_{\text{дн}} \in [(1 - \alpha)T_{\text{дн}}; (1 + \alpha)T_{\text{дн}}], \\ t_{\text{кн}} \in [(1 - \alpha)T_{\text{кн}}; (1 + \alpha)T_{\text{кн}}], \end{cases}$$

где $T_{\text{дн}}$ и $T_{\text{кн}}$ – время, выделяемое на осуществление НД преподавателями соответствующих квалификаций в соответствии с требованиями надсистемы.

Условия индивидуальной рациональности в модели остаются прежними. Учитывая, что потенциальная эффективность научной деятельности докторов наук выше чем у кандидатов наук $r_{\text{дн}} < r_{\text{кн}}$, получаем, что решение задачи максимизации будет иметь следующее решение:

$$t_{\text{дн}} = (1 + \alpha) T, y_{\text{дн}} = (1 + \alpha) T r_{\text{дн}}^{-1}, t_{\text{кн}} = (1 - \alpha) T, y_{\text{кн}} = (1 - \alpha) T r_{\text{кн}}^{-1}.$$

Качественно, более эффективному преподавателю (по результатам НД) выделяется максимально возможное количество времени на НД, а менее эффективному – остаток времени, выделяемого кафедре на НД. При этом так как центр знает точное значение эффективности преподавателей, он требует от них результаты НД, максимально возможные в рамках наложенных условий индивидуальной рациональности.

Можно оценить выигрыш центра от подобного перераспределения времени, выделяемого преподавателям на осуществление НД. Очевидно, что уровень НД кафедры при использовании базовых (нормативных) планов будет определяться выражением $(r_{\text{дн}}^{-1} + r_{\text{кн}}^{-1}) T$, а получаемый после перераспределения времени уровень НД кафедры будет определяться выражением $((1 + \alpha) r_{\text{дн}}^{-1} + (1 - \alpha) r_{\text{кн}}^{-1}) T$. При этом, увеличение уровня НД кафедры определяется выражением $\alpha (r_{\text{дн}}^{-1} - r_{\text{кн}}^{-1}) T$.

Полученное решение легко распространяется на случай большего числа преподавателей. Пусть ППС состоит из n преподавателей, причем центру известны точные значения их эффективностей. Упорядочим ППС в порядке возрастания эффективности НД (т.е. убывания времени, необходимого на написание одного авторского листа): $r_1 \geq \dots \geq r_n$.

Тогда, в случае, если n – четно, весь ППС разделится на две равные группы. Всем преподавателям с номерами $i \leq n/2$ будет назначен план с минимально возможным временем для научной деятельности, с номерами $i > n/2$ – с максимально возможным:

$$t_i = (1 - \alpha) T, y_i = (1 - \alpha) T r_i^{-1}, i = \overline{1, n/2},$$

$$t_i = (1 + \alpha) T, y_{\text{дн}} = (1 + \alpha) T r_i^{-1}, i = \overline{n/2 + 1, n}.$$

Для нечетного n , назначаемые планы будут иметь следующий вид:

$$t_i = (1 - \alpha) T, y_i = (1 - \alpha) T r_i^{-1}, i = \overline{1, n/2 - 1/2},$$

$$t_i = T, y_i = T k_i^{-1}, i = n/2 + 1/2,$$

$$t_i = (1 + \alpha) T, y_{\text{дн}} = (1 + \alpha) T r_i^{-1}, i = \overline{n/2 + 3/2, n}.$$

Выигрыш руководства кафедры после перераспределения нагрузки на НД определяется выражением $\Delta\Phi = \alpha T \left(\sum_{[n/2+1]}^n r_i^{-1} - \sum_1^{[n/2]} r_i^{-1} \right)$, где $[n/2]$ – целая часть числа $n/2$.

Предположим, что руководству кафедры не известны точные значения эффективности НД каждого преподавателя кафедры. Для решения подобных задач в теории активных систем применяются механизмы с сообщением информации – механизмы планирования [96, 110]. В данной модели планы НД, назначаемые преподавателям, будут зависеть от их собственных оценок своей эффективности НД, сообщаемых руководству кафедры, причем каждый преподаватель сообщает оценку только своей эффективности НД.

Одной из основных проблем при построении механизмов планирования является их манипулируемость. Агенты могут манипулировать планами, назначаемыми им центром, сообщая ложную информацию о неизвестных параметрах, тем самым увеличивая свою полезность в ущерб полезности центра. Вместе с тем, существуют механизмы открытого управления [96], в которых доминантной стратегией [43] для каждого агента является сообщение правды.

Одна из возможных постановок задачи перераспределения нагрузки между ППС кафедры в условиях неполной информированности руководства кафедры

об эффективности НД ППС кафедры имеет следующее содержание. Пусть центру известны:

- диапазон возможных значений эффективности НД каждого из преподавателей $\forall i = \overline{1, n} \quad r_i \in [\underline{r}, \overline{r}]$, где \overline{r} – самый лучший из возможных типов преподавателей, \underline{r} – худший тип;

- параметры вероятностного распределения $\rho(r)$ (плотность распределения) эффективности на данном множестве.

Задача центра заключается в максимизации ожидаемого уровня НД при соблюдении ограничений 2, 3 и 4:

$$\Phi = E \sum_{i \in N} y_i \xrightarrow{y_1, \dots, y_n} \max,$$

где E – оператор математического ожидания.

Центр предлагает агентам механизм планирования, при котором выделяемое для каждого преподавателя время и ожидаемый от него результат НД зависят от сообщений всех преподавателей о своей эффективности НД. Таким образом, план для i -го преподавателя, $\pi_i(s) = [y_i(s) \quad t_i(s)]$ зависит от $s = (s_1, \dots, s_n)$, где s_i – оценка i -ым преподавателем своей эффективности НД. Механизм планирования $\pi(s) = \{\pi_1(s), \dots, \pi_n(s)\}$ является механизмом открытого управления, если удовлетворяет условию совершенного согласования [96]:

$$\forall i = \overline{1, n}, \quad \forall r_i \in [\underline{r}, \overline{r}], \quad \forall s_{-i} \in [\underline{r}, \overline{r}]^{n-1}, \quad f_i(\pi_i(r_i, s_{-i}), r_i) = \max_{\tilde{\pi} \in X_i(s_{-i})} f_i(\tilde{\pi}, r_i),$$

где $X_i(s_{-i})$ обозначает множество возможных планов НД для i -го преподавателя, при векторе заявок остальных преподавателей s_{-i} . Содержательно это означает, что план НД, назначаемый i -му преподавателю должен быть наилучшим с его точки зрения при любых сообщениях остальных преподавателей кафедры и предположении, что сам преподаватель сообщает правдивую оценку своей эффективности НД.

Порядок функционирования системы при использовании механизмов планирования следующий:

- руководство кафедры объявляет механизм планирования $\pi(s)$;
- преподаватели сообщают руководству кафедры оценки своей эффективности НД;
- руководство кафедры назначает индивидуальные планы НД для каждого из преподавателей.

Из условий совершенного согласования определяется множество возможных механизмов, из которых выбирается один (или несколько), максимизирующий критерий эффективности [67]. Для нашей задачи механизмы открытого управления будут иметь следующий вид:

$$(7) \quad t_i(s_i, s_{-i}) = y_i(s_i, s_{-i})s_i + \int_{s_i}^{\overline{r}} y_i(\tau, s_{-i})d\tau.$$

Компонента $\int_{s_i}^{\overline{r}} y_i(\tau, s_{-i})d\tau$ называется информационной рентой [67] и опре-

деляет прибыль, получаемую преподавателем с типом s_i . Чем выше тип (ниже

эффективность), тем меньше прибыль преподавателя. Преподаватель с типом r получает минимально возможную прибыль, не нарушающую условие индивидуальной рациональности, т.е. нулевую.

Доказано [67], что компоненты планов, назначаемых в механизме открытого управления преподавателю i , должны быть монотонны по его заявке. Кроме того, прибыль преподавателя растет с улучшением его эффективности и преподаватель с наилучшим типом \bar{r} получает прибыль $\int_r^{\bar{r}} y_i(\tau, s_{-i}) d\tau$.

Оптимальный механизм получается в результате решения задачи линейного программирования – максимизации уровня НД кафедры при выполнении ограничений 2 и 3.

Утверждение 5. Решение имеет следующий вид:

Уровень эффективности НД преподавателя	t_i	y_i
Низкая ($i = \overline{1, \tilde{n}}$)	\underline{t}	$\underline{t} \underline{r} - 1$
Высокая ($i = \overline{\tilde{n} + 1, n}$)	\bar{t}	\bar{y}

где:

$$\tilde{r} = \int_{\bar{r}}^{\underline{r}} r \rho(r) dr \quad - \text{математическое ожидание типа преподавателя,}$$

«средний» тип;

$\tilde{n} : \forall i \leq \tilde{n}, s_i < \tilde{r}$ – число преподавателей, заявки которых о своем типе выше, чем «средний» тип (эффективность НД ниже среднего);

$\underline{t} = (1 - \min[1, \frac{n - \tilde{n}}{\tilde{n}}] \alpha) T$ – время на НД, выделяемое преподавателям, чья заявленная эффективность ниже средней;

$\bar{t} = (1 + \min[1, \frac{\tilde{n}}{n - \tilde{n}}] \alpha) T$ – время на НД, выделяемое преподавателям, чья заявленная эффективность выше средней.

Действие, ожидаемое от преподавателей, чья заявленная эффективность ниже средней определяется из выполнения условия индивидуальной рациональности для преподавателя наихудшего типа как равенства: $\underline{t} - \underline{y} \underline{r} = 0$.

Действие, ожидаемое от преподавателей, чья заявленная эффективность выше средней определяется следующим образом. План, назначаемый преподавателю с типом \tilde{r} , должен быть для него не менее выгоден, чем план для преподавателей с низкой эффективностью: $f(\pi(\tilde{r}), \tilde{r}) = f(\pi(\underline{r}), \underline{r})$.

Из данного равенства определяется действие, ожидаемое от преподавателей с высокой эффективностью: $\bar{y} = \bar{t}\tilde{r}^{-1} - \underline{t}(\tilde{r}^{-1} - \underline{r}^{-1})$.

На рисунке 2.9 показано, что план, назначаемый для любой из двух групп преподавателей, лучше для всех преподавателей данной группы, чем план, назначаемый для другой группы. Рассмотрим трех преподавателей. Преподаватели 1 и 2 принадлежат к малоэффективной группе, а преподаватель 3 – к высокоэффективной группе. Т.е. $\underline{r} > r_1 > r_2 > \tilde{r} > r_3 \geq \bar{r}$.

Лучи L обозначают уровни нулевой полезности для преподавателей соответствующего типа на плоскости (y, t) . Любая точка плоскости, лежащая выше луча выгодна преподавателю (чем дальше она лежит от луча по оси t , тем больше ее полезность). Точки, лежащие ниже луча, не удовлетворяют условию индивидуальной рациональности для преподавателя. Чем выше эффективность преподавателя, тем меньше наклон его луча.

Луч \underline{L} определяет уровень полезности для преподавателя с наименьшей эффективностью, луч \tilde{L} – для преподавателя со «средним» типом, луч $\tilde{L} + \Delta$ иллюстрирует принцип определения плана для группы преподавателей с высокой эффективностью.

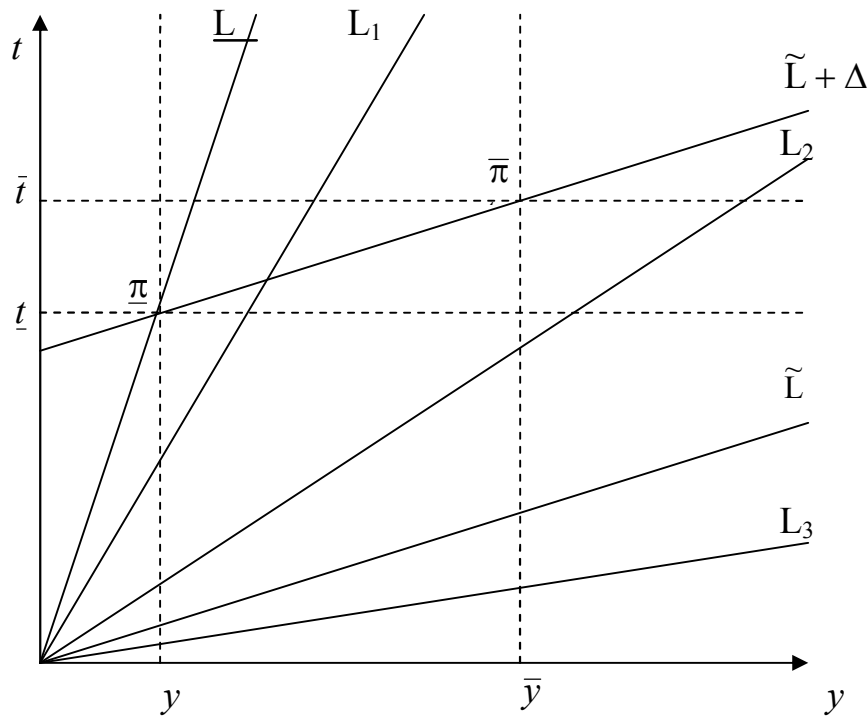


Рис. 2.9. Назначаемые планы и полезность преподавателей различного типа

План $\underline{\pi}$ для преподавателей с низкой эффективностью определяется пересечением $\tilde{L} + \Delta$ с \underline{L} . План $\bar{\pi}$ так же лежит на $\tilde{L} + \Delta$. Легко видеть, что точка $\bar{\pi}$ дает отрицательную полезность для преподавателя 1, менее выгодна для преподавателя 2, чем $\underline{\pi}$ и более выгодна для преподавателя 3 чем $\underline{\pi}$. Из чего следует,

что в предложенном механизме для преподавателей оптимальной стратегией будет сообщение достоверной информации о своих типах.

Рисунок 2.9 также иллюстрирует другой вид полученного выше механизма. Руководство кафедры не спрашивает преподавателей об их типах, а сразу предлагает на выбор два плана научной деятельности – $\bar{\pi}$ и $\underline{\pi}$. Как было показано выше, преподаватели с эффективностью, ниже средней, предпочтут план $\underline{\pi}$, а преподаватели с эффективностью, выше средней – план $\bar{\pi}$. Следует отметить, что точное положение точек $\bar{\pi}$ и $\underline{\pi}$ зависит от количества преподавателей в каждой из групп.

Эффективность механизма можно оценить, сравнив ожидаемый результат научной деятельности с максимальным гарантированным результатом

$$\Phi_{MGR} = nT\underline{r}^{-1} : \Delta\Phi = T[(n - \tilde{n})((1 + \min[1, \frac{\tilde{n}}{n - \tilde{n}}]\alpha)\tilde{r}^{-1} - \underline{r}^{-1}) - \tilde{n} \min[1, \frac{n - \tilde{n}}{n}]\alpha].$$

2.5. Оперативное управление научными проектами

Аппарат дифференциальных уравнений и оптимального управления успешно используется для построения моделей развития науки и образования [76, 79]. В настоящей работе основной акцент делается на взаимосвязь различных научных направлений на уровне содержания их результатов, а не только на уровне ограничений ресурсного обеспечения.

Рассмотрим комплексное научное исследование, состоящее из n научных направлений. Степень развития i -го направления оценивается в непрерывной шкале показателем $x_i \in [0; 1]$, $i \in N = \{1, 2, \dots, n\}$ – множеству научных направлений. Предположим, что заданы:

- вектор начальных состояний направлений $x_i^0 \in [0; 1]$, $i \in N$;

- законы динамики степеней развития:

$$(1) \dot{x}_i(t) = f_i(x(t), u_i(t)), i \in N,$$

где $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ – вектор состояния научного исследования, $u_i(t) \geq 0$ – зависимость от времени ресурсного обеспечения i -го направления;

- критерий $G(x)$ степени развития научного исследования в целом.

Относительно правых частей системы дифференциальных уравнений (1) предположим, что $\forall i \in N, \forall x \in [0; 1]^n \forall u_i \geq 0$ выполнено:

$$\text{A.1. } f_i(x, 0) = 0;$$

$$\text{A.2. } f_i(x, u_i) \geq 0;$$

$$\text{A.3. } \frac{\partial f_i(x)}{\partial x_j} \geq 0, j \neq i;$$

$$\text{A.4. } \frac{\partial f_i(x)}{\partial u_i} \geq 0;$$

$$\text{A.5. } \frac{\partial G(x)}{\partial x_i} \geq 0.$$

Содержательные интерпретации введенных предположений следующие. Первое предположение означает, что при отсутствии ресурсного обеспечения научное направление не развивается. Второе предположение отражает отсутствие «забывания» научных результатов. Третье предположение соответствует «комплексности» научного исследования – чем выше уровень развития соседних направлений, тем легче развиваться каждому отдельному направлению. Четвертое предположение гласит, что скорость развития научного направления растет с ростом ресурсного обеспечения. Пятое предположение означает, что чем выше степень развития каждого из научных направлений, тем выше степень развития комплексного научного исследования.

Рассмотрим фиксированный горизонт планирования (плановый период) $T > 0$ и предположим, что существует ограничение $u \in U$ на множество допустимых значений ресурсного обеспечения⁹ $u = (u_1, u_2, \dots, u_n)$.

Предположим, что цель управления научным исследованием заключается в максимизации степени его развития к концу планового периода выбором допустимого ресурсного обеспечения с учетом закона (1) динамики степеней развития:

$$(2) G(x(T)) \rightarrow \max_{u \in U, (1)} .$$

Можно сформулировать обратную задачу – достижения заданного уровня развития G_0 научного исследования с минимальными затратами ресурсного обеспечения: если задан функционал затрат $Q(u)$, то эта задача имеет вид

$$(3) Q(u) \rightarrow \min_{u \in U, (1), G(x) \geq G_0} .$$

Если в качестве критерия эффективности принять время достижения заданного уровня развития G_0 научного исследования, то получим задачу

$$(4) T \rightarrow \min_{u \in U, (1), G(x(T)) \geq G_0} .$$

В качестве критерия степени развития научного направления можно использовать приоритетный критерий:

$$(5) G_\alpha(x) = \sum_{i \in N} \alpha_i x_i ,$$

где $\alpha_i > 0$, $i \in N$ – константы, такие, что $\sum_{i \in N} \alpha_i = 1$. Тогда $G: [0; 1]^n \rightarrow [0; 1]$. Вто-

рой альтернативой является критерий равномерного развития, вычисляемый как

$$(6) G_{min}(x) = \min_{i \in N} \{x_i\} .$$

Отметим, что критерий (5) отражает «приоритеты развития науки» – столь модное на сегодня выделение приоритетных направлений, введение системы грантов и т.д. Такой подход оправдан в случае независимых научных направлений на уровне опытно-конструкторских разработок. Для фундаментальных исследований представляется более адекватным критерий (6), так как в этом случае априори неизвестно, где случится «прорыв», и необходимо равномерно

⁹ В зависимости от постановки задачи под компонентой данного вектора может пониматься либо текущее значение ресурсного обеспечения, либо траектория в целом.

развивать комплекс взаимообогащающих направлений. Поэтому в дальнейшем в настоящей работе будем использовать критерий (6).

Задачи (2)-(4) являются типовыми задачами оптимального управления (задача (4) – задача о быстродействии, (2) – задача терминального управления) и могут быть решены при известных функциях $f_i(\cdot)$, функционалах $G(\cdot)$ и $Q(\cdot)$, константе G_0 и множестве U [16, 72]. Рассмотрим ряд частных случаев, позволяющих анализировать специфику комплексного развития научных исследований, в частности – взаимосвязь научных направлений.

Если научные направления не связаны, то, считая, что $x_i^0 \in (0; 1]$, $i \in N$, и принимая логистический закон изменения уровня развития («внутренняя закономерность») [27, 85, 93], из (1) получим

$$(7) \dot{x}_i(t) = \gamma_i(u_i(t)) x_i(t) (1 - x_i(t)), i \in N.$$

Данная модель адекватна в случае, когда исследования начинаются практически «с нуля» и первое время уходит на обзор близких результатов и т.д.

Каждое из уравнений Бернулли, входящих в систему (7), может быть решено независимо:

$$(8) x_i(t, u_i(\cdot)) = \frac{x_i^0}{(x_i^0 \int_0^t \gamma_i(u_i(\tau)) e^{\int_0^\tau \gamma_i(u_i(\xi)) d\xi} d\tau + 1) e^{-\int_0^t \gamma_i(u_i(\xi)) d\xi}}, i \in N.$$

Если $u_i(t) = u_i$, $i \in N$, то получим набор «независимых» логистических кривых (см. рисунок 2.10)

$$(9) x_i(t, u_i) = \frac{x_i^0}{x_i^0 + (1 - x_i^0) e^{-\gamma_i(u_i)t}}, i \in N.$$

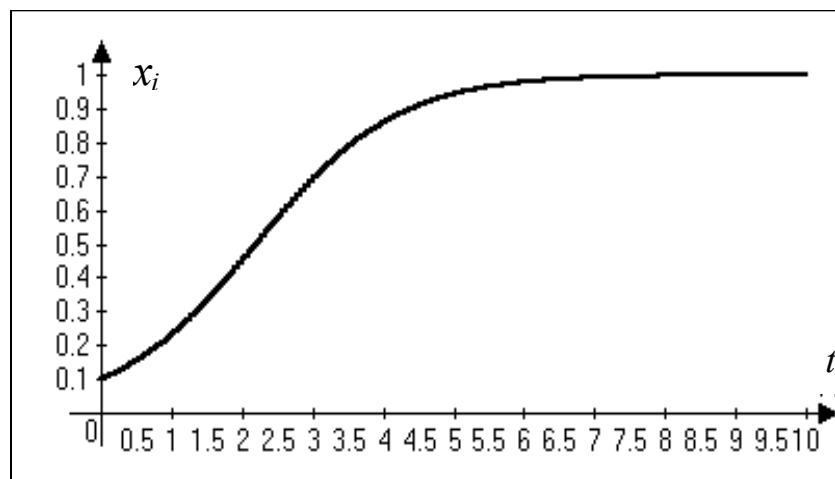


Рис. 2.10. Логистическая динамика уровня развития i -го научного направления ($x_i^0 = 0.1$, $\gamma_i(u_i) = 1$)

Проанализируем выражение (9). Пусть задан требуемый уровень G_0 развития научного исследования. Получаем из (9) уравнение, связывающее время достижения данного уровня по каждому из направлений с соответствующим ресурсным обеспечением:

$$(10) \gamma_i(u_i) t = \ln \frac{G_0(1-x_i^0)}{x_i^0(1-G_0)}, i \in N.$$

Если ресурсное обеспечение каждого научного направления постоянно во времени, то с точки зрения критерия (6) оптимальным будет такое распределение ресурсов, при котором все научные направления достигают требуемого уровня развития одновременно.

Тогда, обозначая $\ln \frac{G_0(1-x_i^0)}{x_i^0(1-G_0)} = \beta_i, i \in N$, из (10) получаем, что задача (4)

примет вид: минимизировать время T выбором вектора $u = (u_1, u_2, \dots, u_n) \in U$ констант, таких, что

$$(11) \gamma_i(u_i) = \frac{\beta_i}{T}, i \in N.$$

Пусть ограничение U имеет вид: $\sum_{i \in N} u_i \leq R$, то есть в каждый момент времени суммарные ресурсы ограничены одной и той же величиной, а «скорость» $\gamma_i(u_i)$ является линейной функцией:

$$(12) \gamma_i(u_i) = r_i u_i, i \in N,$$

где $r_i > 0$ – константа, которая может интерпретироваться как «потенциал» i -го научного направления или эффективность деятельности соответствующего научного коллектива.

Применяя метод множителей Лагранжа, из (11) и (12) получаем, что

$$(13) u_i = R \frac{\beta_i / r_i}{\sum_{j \in N} \beta_j / r_j}, i \in N,$$

$$(14) T = \frac{\sum_{j \in N} \beta_j / r_j}{R}.$$

Содержательно, выражение (13) означает, что оптимальное количество ресурса, выделяемое i -му направлению, пропорционально необходимому приросту степени его развития и обратно пропорционально эффективности деятельности соответствующего научного коллектива (отметим, что при использовании приоритетного критерия результат получился бы обратным). Из выражения (14) следует, что время достижения требуемого уровня развития обратно пропорционально количеству ресурса, расходуемого в единицу времени.

Таким образом, обоснована справедливость следующего утверждения.

Утверждение 6. Оптимальное (с точки зрения критерия максимально быстрого – задача (4) – равномерного развития) распределение ресурсов между независимыми научными направлениями в рамках логистической модели определяется выражениями (13) и (14).

Отметим, что выражение (14) дает и решение задач (2) и (3) при подстановке соответствующих выражений. Если критерием являются суммарные затраты $Q(u) = T \sum_{i \in N} u_i$ на ресурсное обеспечение, то в рамках введенных предположений задача (3) сводится к задаче (4), так как расход ресурсов не изменяется во времени.

Из (10), (13) и (14) следует, что для динамики степени развития научного исследования справедлива следующая оценка:

$$(15) G_{\log}(t) = \frac{1}{1 + e^{a_{\log}/H} e^{-tR/H}},$$

где $H = \sum_{i \in N} 1/r_i$, $a_{\log} = \sum_{i \in N} (1/r_i) \ln(1/x_i^0 - 1)$.

Начальное состояние может быть оценено как

$$(16) G_{\log}^0 = \frac{1}{1 + e^{a_{\log}/H}}.$$

Выражения (15) и (16) могут использоваться для построения системы комплексного оценивания результатов научных исследований (отметим, что для $n = 1$ выполнено $G_{\log}^0 = x^0$).

Если научные направления не связаны, то, принимая экспоненциальный закон изменения уровня развития [93], из (1) получим

$$(17) \dot{x}_i(t) = \gamma_i(u_i(t)) (1 - x_i(t)), i \in N.$$

Данная модель адекватна в случае наличия значительного научного задела по каждому из направлений.

Каждое из линейных уравнений, входящих в систему (17), может быть решено независимо. При $u_i(t) = u_i$, $i \in N$, получим набор «независимых» экспоненциальных кривых (см. рисунок 2.11)

$$(18) x_i(t, u_i) = 1 - (1 - x_i^0) e^{-u_i r_i t}, i \in N.$$

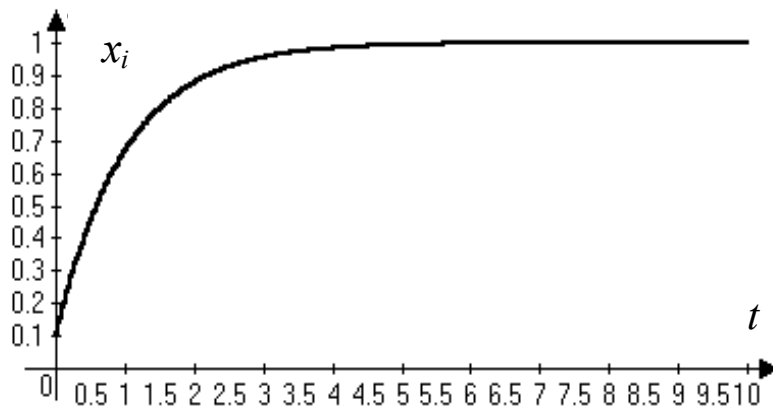


Рис. 2.11. Экспоненциальная динамика уровня развития i -го научного направления ($x_i^0 = 0.1$, $\gamma_i(u_i) = 1$)

По аналогии с (13) и (14) получаем для рассматриваемой модели:

$$(19) u_i = R \frac{\rho_i / r_i}{\sum_{j \in N} \rho_j / r_j}, i \in N,$$

$$(20) T = \frac{\sum_{j \in N} \rho_j / r_j}{R},$$

где $\rho_i = \ln \frac{1 - x_i^0}{1 - G_0}$ (отметим, что $\beta_i = \rho_i + \ln(g_0 / x_i^0)$), $i \in N$.

Содержательные интерпретации выражений (19) и (20) аналогичны содержательным интерпретациям, соответственно, выражений (13) и (14). Таким образом, обоснована справедливость следующего утверждения.

Утверждение 7. Оптимальное (с точки зрения критерия максимально быстрого – задача (4) – равномерного развития) распределение ресурсов между независимыми научными направлениями в рамках экспоненциальной модели определяется выражениями (19) и (20).

Отметим, что, как и выше, выражение (20) дает и решение задач (2) и (3) при подстановке соответствующих выражений. Если критерием являются суммарные затраты $Q(u) = T \sum_{i \in N} u_i$ на ресурсное обеспечение, то в рамках введенных предположений задача (3) сводится к задаче (4), так как расход ресурсов не изменяется во времени.

Из (18)-(20) следует, что для динамики степени развития научного исследования справедлива следующая оценка:

$$(21) G_{exp}(t) = 1 - \exp \left\{ \sum_{i \in N} (1/r_i) \ln(1 - x_i^0) / H \right\} e^{-tR/H}.$$

Начальное состояние может быть оценено как

$$(22) G_{exp}^0 = 1 - \exp \left\{ \sum_{i \in N} (1/r_i) \ln(1 - x_i^0) / H \right\}.$$

Выражения (21) и (22) могут использоваться для построения системы комплексного оценивания результатов научных исследований (отметим, что для $n = I$ выполнено $G_{exp}^0 = x^0$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей работе проблема управления научными проектами (НП) в ВУЗе рассмотрена в рамках теории управления проектами, теории управления организационными системами и программно-целевого планирования и управления.

В первой главе на основе анализа определений понятия «проект» и основных характеристик проектов введено понятие «научный проект», под которым понимается ограниченный во времени целенаправленный процесс выработки, теоретической систематизации и применения нового научного знания с установленными требованиями к качеству результатов, расходу ресурсов и специфической организацией.

На основании общей классификации проектов и анализа специфики научных проектов в ВУЗе, предложена система классификаций научных проектов. С учётом обобщённой структуры деятельности введены характеристики научных проектов в рамках основных компонентов деятельности.

Матричная структура управления научными проектами в ВУЗе и основные положения теории управления позволили создать модель организационной структуры системы управления научными проектами в ВУЗе и идентифицировать её как четырехуровневую, многоэлементную, динамическую активную

систему с сообщением информации, распределённым контролем, межуровневым взаимодействием и наличием неопределённости.

На основе анализа подходов и результатов исследований проблемы управления исследованиями и разработками, а также оценки научной деятельности и её результатов, показано, что одним из основных направлений повышения эффективности научной деятельности ВУЗа является разработка моделей и методов управления научными проектами с использованием базовых моделей и механизмов теории управления организационными системами. Обоснована возможность и целесообразность использования при управлении НП в ВУЗе известных механизмов управления организационными системами, перечислены задачи управления НП в ВУЗе.

Во второй главе при исследовании проблемы оценки результатов научных проектов введена модель сетевой системы комплексного оценивания и предложен подход, основанный на ее разработке и исследовании, при котором: древовидные и сетевые системы комплексного оценивания обобщены на нечеткий случай; сформулированы и решены прямые и обратные задачи комплексного оценивания, а также задачи определения резервов и минимизации затрат на достижение требуемого значения комплексной оценки.

При исследовании проблемы формирования портфеля НП сформулирована и решена задача согласованного управления НП в рамках четырехуровневой иерархической организационной структуры СУНП, сформулированы условия согласованности интересов руководства организации, функциональных руководителей, руководителей и исполнителей НП.

При исследовании проблемы планирования портфеля НП сформулирована и решена задача функционального руководителя (задача планирования нагрузки) при распределении подчиненных между НП и другими формами деятельности подразделения, а также задача руководителя НП, заключающаяся в максимально эффективном распределении работ между исполнителями.

При исследовании проблемы стимулирования исполнителей научных проектов сформулирована математическая модель кафедры и решены задачи повышения уровня научной деятельности кафедры в условиях полной и неполной информированности руководства кафедры об эффективности научной деятельности профессорско-преподавательского состава.

При исследовании проблемы оперативного управления НП разработана динамическая модель комплексных научных исследований, в рамках изучения которой сформулирована задача распределения ограниченных ресурсов между направлениями научных исследований с целью максимизации комплексного критерия к моменту окончания планового периода, которая сведена к задаче оптимального управления.

Полученные результаты свидетельствуют, что математическое моделирование является эффективным инструментом разработки и исследования механизмов управления научными проектами в ВУЗах. В качестве перспективного направления дальнейших исследований можно выделить интеграцию разработанных моделей и методов в информационные системы управления научной деятельностью высших учебных заведений.

ЛИТЕРАТУРА¹⁰

1. Абрамов А. В., Александров О. Г., Белов А. Н. Научно-технический потенциал отрасли. М.: Экономика, 1984.
2. Александров Е. А. Основы теории эвристических решений. М.: Советское радио, 1970.
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. Андронникова Н. Г., Леонтьев С. В., Новиков Д. А. Процедуры нечеткого комплексного оценивания / Труды международной научно-практической конференции «Современные сложные системы управления». Липецк: ЛГТУ, 2002. С. 7 – 8.
6. Аньшин В.М., Шмелев В.Ф. Научно-технический уровень отрасли: методы оценки, измерения, анализа. Аналитический обзор. Вып. 28. М.: ВНТИ центр, 1990. – 115 с.
7. Ашкерев Ю. В., Мамонова Е. Е. Опыт разработки показателей НИД ВУЗов в реальных социально-экономических условиях / Научно-исследовательская деятельность в высшей школе: Обзорная Информация. М.: НИИВО, 1999. Выпуск 7. – 64 с.
8. Балашов В. Г., Заложнев А. Ю., Иващенко А. А., Новиков Д. А. Механизмы управления организационными проектами. М.: ИПУ РАН, 2003. – 84 с.
9. Балаян Г. Г., Жарикова Г. Г., Комков Н. И. Информационно-логические модели научных исследований. М.: Наука, 1978. – 344 с.
10. Балаян Г. Г. Информационное моделирование научно-технических программ. М.: Наука, 1990. – 248 с.
11. Башин М. Д. Планирование работ в отраслевых НИИ и КБ. М.: Экономика, 1973.
12. Белозеров В. Н., Малахов А. А., Розина И. А. Новое применение информационных классификаций в задачах управления наукой. М.: ВИНТИ, 1997.
13. Бенерджи Р. Теория решения задач. М.: Мир, 1972.
14. Бетехтина Е. И. Комплексная оценка значимости научно-исследовательских работ / Наукоеведение и информатика. 1992. Выпуск 37. С. 39 – 47.
15. Бобровников Г.Н., Клебанов А.И. Прогнозирование и управление техническим уровнем и качеством продукции: Учебное пособие. М.: Изд-во стандартов, 1984. – 232 с.
16. Болтянский В. Г. Математические методы оптимального управления. М.: Наука, 1968. – 408 с.
17. Бурков В. Н., Грацианский Е. В., Дзюбко С. И., Щепкин А. В. Модели и методы управления безопасностью. М.: Синтег, 2001. – 142 с.

¹⁰ Многие публикации по теории управления организационными системами могут быть найдены в электронной библиотеке на сайте www.mtas.ru.

18. Бурков В. Н., Заложнев А. Ю., Новиков Д. А. Теория графов в управлении организационными системами. М.: Синтег, 2001. – 124 с.
19. Бурков В. Н., Кондратьев В. В., Цыганов В. В., Черкашин А. М. Теория активных систем и совершенствование хозяйственного механизма. М.: Наука, 1984. – 272 с.
20. Бурков В. Н., Новиков Д. А. Как управлять проектами. М.: Синтег, 1997. – 188 с.
21. Бурков В. Н., Новиков Д. А. Как управлять организациями. М.: Синтег, 2004. – 400 с.
22. Бурков В. Н. Основы математической теории активных систем. М.: Наука, 1977. – 255 с.
23. Бурков В. Н., Данев Б., Еналеев А. К. и др. Большие системы: моделирование организационных механизмов. М.: Наука, 1989. – 245 с.
24. Бурков В. Н., Ириков В. А. Модели и методы управления организационными системами. М.: Наука, 1994. – 270 с.
25. Бурков В. Н., Новиков Д. А. Теория активных систем: состояние и перспективы. М.: СИНТЕГ, 1999. – 128 с.
26. Буркова И. В. Метод дихотомического программирования в задачах управления проектами. Воронеж: ВГАСУ, 2004. – 100 с.
27. Венда В. Ф. Системы гибридного интеллекта: эволюция, психология, информатика. М.: Машиностроение, 1990. – 448 с.
28. Вендров А. М. CASE-технологии. Современные методы и средства проектирования информационных систем. М.: Финансы и статистика, 1998.
29. Воронин А.А., Мишин С.П. Оптимальные иерархические структуры. М.: ИПУ РАН, 2003. – 210 с.
30. Воропаев В. И. Управление проектами в России. М.: «Аланс», 1995. – 225 с.
31. Гаврилов Н. Н., Карамзина Н. С., Колосова Е. В., Лысаков А. В., Цветков А. В. Анализ и управление проектами. М.: Российская экономическая академия, 2000. – 114 с.
32. Гайдамакин Н. А. Автоматизированные информационные системы, базы и банки данных. Вводный курс. М.: Гелиос АРВ. – 368 с.
33. Гермейер Ю. Б. Игры с противоположными интересами. М.: Наука, 1976. – 327 с.
34. Гилев С. Е., Леонтьев С. В., Новиков Д. А. Распределенные системы принятия решений в управлении региональным развитием. М.: ИПУ РАН, 2002. – 54 с.
35. Гламаздин Е. С., Новиков Д. А., Цветков А. В. Механизмы управления корпоративными программами: информационные системы и математические модели. М.: Спутник+, 2001. – 159 с.
36. Глотов В. А., Павельев В. В. Векторная стратификация. М.: Наука, 1984. – 132 с.
37. Глухов В. В., Коробко С. Б., Маринина Т. В. Экономика знаний. СПб.: Питер, 2003. – 528 с.
38. Голенко Д. И. Статистические методы сетевого планирования и управления. М.: Наука, 1968.

39. Гольдштейн Г. Я. Инновационный менеджмент. Таганрог: Издательство ТРТУ, 1998. – 132 с.
40. ГОСТ 34.003-90. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Термины и определения. М.: Изд-во стандартов, 1991.
41. Гражданский кодекс Российской Федерации.
42. Губко М. В. Механизмы управления организационными системами с коалиционным взаимодействием участников. М.: ИПУ РАН, 2003. – 118 с.
43. Губко М. В., Новиков Д. А. Теория игр в управлении организационными системами. М.: Синтег, 2002. – 148 с.
44. Декарт Р. Правила для руководства ума. М.-Л.: Соцэкгиз, 1936.
45. Добров Г. М., Задорожный Э.М., Щедрина Т. И. Управление эффективностью научной деятельности. Киев: Наукова думка, 1978. – 240 с.
46. Добров Г. М., Коренной А. А. Методологические основы разработки науковедческой классификации наук / Материалы по науковедению. Киев: Издательство отделения комплексных проблем науковедения СОПС УССР, АН УССР, 1971. Выпуск 13.
47. Доктрина развития российской науки, утверждённая указом Президента Российской Федерации № 884 от 13 июня 1996 г.
48. Дубровский К. П. Организация управления научными исследованиями. М.: Экономика, 1970.
49. Дынкин А. А., Иванова Н. И., Дагаев А. А. и др. Наука и научная политика: Оценка результатов, отбор проектов, приоритеты. М.: ИМЭМО, 1996. – 121 с.
50. Закон РФ «Об информации, информатизации и защите информации» № 24-ФЗ от 20 февраля 1995 г.
51. Закон РФ «Об участии в международном информационном обмене» № 85-ФЗ от 4 июля 1996 г.
52. Закон РФ «Об образовании» № 12-ФЗ от 13 января 1996 г.
53. Толковый словарь по управлению проектами / Под редакцией В. К. Иванец, А. И., Кочеткова, В. Д. Шапиро, Г. И. Шмаль. М.: ИНСАН, 1992.
54. Иванов Г. А., Олейников Е. А., Семёнов Е. С. Эффективность фундаментальных исследований и классификация наук / Материалы по науковедению. Киев: Издательство отделения комплексных проблем науковедения СОПС, УССР, 1971. Выпуск 13.
55. Иващенко А.А., Колобов Д.В., Новиков Д.А. Механизмы финансирования инновационного развития фирмы. М.: ИПУ РАН, 2005. – 66 с.
56. Инновационный менеджмент. Учебник / Под ред. С. Д. Ильенковой . М.: ЮНИТИ, 1997.
57. Калянов Г. Н. CASE-технологии. Консалтинг при автоматизации бизнес-процессов. М: Горячая линия – Телеком, 2000. – 320 с.
58. Караваев А. П. Модели и методы управления составом активных систем. М.: ИПУ РАН, 2003. – 151 с.
59. Кедров Б. М. Классификация наук. М.: Наука, 1961. Кн. 1, 2.
60. Келле В. Ж., Мирская Е. З., Кугель С. А. и др. Социальная динамика современной науки. М.: Наука, 1995. – 319 с.

61. Колосова Е. В., Новиков Д. А., Цветков А. В. Методика освоенного объема в оперативном управлении проектами. М.: ИПУ РАН, 2001. – 138 с.
62. Команич В. В. Особенности правового положения и статус собственности Российской академии наук / Труды международной научно-практической конференции «Теория активных систем». М.: СИНТЕГ, 1999.
63. Комков Н. И. Математические модели планирования научных исследований и разработок // Экономика и математические методы. 1972. Т. VIII. № 6.
64. Кондратьев В. Д., Щепкин А. В. Комплексное оценивание в области безопасности дорожного движения. М.: ИПУ РАН, 2002. – 51 с.
65. Конституция Российской Федерации от 25 декабря 1993 года.
66. Концепция научной, научно-технической и инновационной политики в системе образования Российской Федерации на 2001 – 2005 годы (Приказ Минобрразования России № 1705 от 6 июня 2000 г.).
67. Коргин Н. А. Неманипулируемые механизмы обмена в активных системах. М.: ИПУ РАН, 2003. – 126 с.
68. Косов Е. В., Попов Г. Х. Управление межотраслевыми научно-техническими программами. М.: Экономика, 1972.
69. Кузьмицкий А. А., Новиков Д. А. Организационные механизмы управления развитием приоритетных направлений науки и техники. М.: ИПУ РАН, 1993. – 68 с.
70. Кульба В. В., Команич В. В., Косяченко С. А. Основные проблемы управления собственностью Российской академии наук / Проблемы регионального и муниципального управления: Тез. докл. и сообщ. междунар. конф. Москва 27-28 мая 1999, РГГУ, 1999.
71. Лахтин Г. А. Тактика науки. Новосибирск: Наука, 1969.
72. Ли Э. Б., Маркус Л. Основы теории оптимального управления. М.: Наука, 1972. – 576 с.
73. Мазур И. И., Шапиро В. Д. Управление проектами / Справочное пособие. - М.: Высшая школа, 2001. – 875 с.
74. Максвелл Д. К. Речи и статьи. М. – Л., 1940.
75. Малахов А. А. Методика информационного сопровождения научно-исследовательской деятельности в высшей школе. / Научно-исследовательская деятельность в высшей школе: Аналитические обзоры по основным направлениям развития высшего образования. М.: НИИВО, 2002. Выпуск 3. – 56 с.
76. Малинецкий Г. Г. Хаос. Структуры. Вычислительный эксперимент: введение в нелинейную динамику. М.: Наука, 1997. – 255 с.
77. Матвеев А.А., Новиков Д.А., Цветков А.В. Модели и методы управления портфелями проектов. М.: ПМСОФТ, 2005. – 206 с.
78. Миллер Р. В. ПЕРТ – система управления. М.: Экономика, 1965.
79. Милованов В. П. Неравновесные социально-экономические системы: синергетика и самоорганизация. М.: Эдиториал УРСС, 2001. – 264 с.
80. Мишин С. П. Оптимальные организационные иерархии в социально-экономических системах. М.: ПМСОФТ, 2004. – 207 с.
81. Момот А. И., Ленков Р. В., Романкова Л. И. Концептуальные и методические основы мониторинга научной деятельности по проблемам профессиональ-

- ного образования в системе координационного управления / Научно-исследовательская деятельность в высшей школе: Аналитические обзоры по основным направлениям развития высшего образования. М.: НИИВО, 1998. Выпуск 4. – 64 с.
82. Монфор А. О. Оценка результативности научного труда. По данным научных учреждений США // Вестн. АН СССР. 1980. № 9.
83. Монфор А. О. Принципы оценки и стимулирования научного труда в США. М.: ВНИИСИ, 1980. – 52 с.
84. Москвин В.Г., Волкова А.Н., Фрей Д.А., Марьина Н.В. Эффективность математических методов оценки научно-технического уровня НИР и анализа функционирования объектов // Экономика и коммерция. 1995. № 2. С. 45 – 53.
85. Нижегородцев Р.М. Информационная экономика. М.: МГУ, 2002. т. 1 – 163 с., т. 2 – 173 с., т. 3 – 170 с.
86. Нищий М. Е., Фриптуляк С. С., Ковач И. Б., Бурбуля Ю. Т. Совершенствование процедур управления научной деятельностью ВУЗа в условиях функционирования подсистемы УНИД // Организационно-экономические основы интенсификации научно-исследовательской деятельности в высшей школе / Сб. научн. Тр. М.: НИИВШ, 1987. – 176 с.
87. Новиков А. М. Методология образования. М.: «Эгвес», 2002. – 320 с.
88. Новиков А.М., Новиков Д.А. Образовательный проект. М.: Эгвес, 2004. – 120 с.
89. Новиков Д. А. Механизмы функционирования многоуровневых организационных систем. М.: Фонд «Проблемы управления», 1999. – 150 с.
90. Новиков Д. А. Модели и методы управления развитием региональных образовательных систем. М.: ИУО РАО, 2001. – 83 с.
91. Новиков Д. А. Стимулирование в организационных системах. М.: Синтег, 2003. – 312 с.
92. Новиков Д. А. Сетевые структуры и организационные системы. М.: ИПУ РАН, 2003. – 102 с.
93. Новиков Д. А. Закономерности итеративного научения. М.: ИПУ РАН, 1998. – 96 с.
94. Новиков Д. А. Теория управления организационными системами. М.: МПСИ, 2005. – 584 с.
95. Новиков Д. А., Глотова Н. П. Модели и механизмы управления образовательными сетями и комплексами. М.: Институт управления образованием РАО, 2004. – 142 с.
96. Новиков Д. А., Петраков С. Н. Курс теории активных систем. М.: Синтег, 1999. – 108 с.
97. Новиков Д. А., Суханов А. Л. Согласованное управление научными проектами / Управление большими системами. Сборник трудов. М.: ИПУ РАН, 2005. Выпуск 10. С. 107 – 118.
98. Новиков Д. А., Суханов А. Л. Нечёткие сетевые системы комплексного оценивания / Информационная экономика. Сборник трудов. М.: МГУ, 2005. С. 145 – 161.

99. Новиков Д. А., Суханов А. Л. Механизмы планирования в управлении научными проектами / Труды международной научно-практической конференции «Управление большими системами». Тула: ТГУ, 2005. Том 1. С. 246 – 251.
100. Новиков Д.А., Цветков А.В. Механизмы стимулирования в многоэлементных организационных системах. М.: Апостроф, 2000 – 184 с.
101. Новиков Д.А., Цветков А.В. Механизмы функционирования организационных систем с распределенным контролем. М.: ИПУ РАН, 2001. – 118 с.
102. Новиков Д. А., Чхартишвили А. Г. Прикладные модели информационного управления. М.: ИПУ РАН, 2004. – 130 с.
103. Ногин В. Д. Принятие решений в многокритериальной среде: количественный подход. М.: Физматлит, 2002. – 176 с.
104. Об утверждении перечня показателей государственной аккредитации и критериальных значениях показателей, используемых при установлении вида высшего учебного заведения (Приказ Минобразования России № 3414 от 22 октября 2001 г.).
105. Оже Л. Современные тенденции в научных исследованиях. М.: Юнеско, 1963.
106. Орловский С. А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. М.: Наука, 1981. – 206 с.
107. Основы политики Российской Федерации в области развития науки и технологий на период до 2010 года и дальнейшую перспективу, утверждённые Президентом Российской Федерации 30 марта 2002 г. (№ ПР-576).
108. Отчёт о научной деятельности ВУЗа за календарный год // Материалы сайта www.extech.ru
109. Перегудов Ф. И., Тарасенко Ф. П. Введение в системный анализ. – М.: Высшая школа, 1989. – 367 с.
110. Петраков С.Н. Механизмы планирования в активных системах: неманипулируемость и множества диктаторства. М.: ИПУ РАН, 2001. – 135 с.
111. Подиновский В. В., Ногин В. Д. Парето оптимальные решения многокритериальных задач. М.: Наука, 1982. – 344 с.
112. Поиск. 1998. № 36 (486). С. 8.
113. Пойа Дж. Как решать задачу. М.: Учпедгиз, 1959.
114. Положение об организации научных исследований, проводимых подведомственными учреждениями в рамках тематических планов по заданиям Министерства образования Российской Федерации и финансируемых из средств федерального бюджета (Приказ Министерства образования Российской Федерации № 2219 от 17 июля 2000 г.).
115. Порядок и форма представления отчета о научной деятельности высших учебных заведений и организаций, подведомственных Министерству образования Российской Федерации. М.: Минобразование России, 2003 // Материалы сайта <http://extech.ru>.
116. Поспелов Г. С., Баришполец В. А. О стохастическом сетевом планировании // Изв. АН СССР. Техническая кибернетика. 1966. № 6.
117. Поспелов Г. С., Ириков В. А. Программно-целевое планирование и управление. М.: Сов. радио, 1976. – 424 с.

118. Поспелов Г. С., Ириков В. А., Курилов А. Е. Процедуры и алгоритмы формирования комплексных программ. М.: Наука, 1985. – 424 с.
119. Приказ ГоскомВУЗа РФ от 22 июня 1994 г. № 614 «Об утверждении Положения о научной деятельности высших учебных заведений Государственного комитета Российской Федерации по высшему образованию».
120. Мир управления проектами. Под редакцией Х. Решке и Х. Шелле. Пер с английского. М.: «Аланс», 1993 г. – 304 с.
121. Семенов И. Б., Чижов С. А., Полянский С. В. Комплексное оценивание в задачах управления социально-экономическими системами. М.: ИПУ РАН, 1996. – 54 с.
122. Смирнова Г. Н. Проектирование экономических информационных систем. М.: Финансы и статистика, 2001. – 512 с.
123. Собрание научной общественности системы образования России (март 2002 г.) / Информационный сборник. Тверь: Тверской государственный университет, 2002. – 276 с.
124. Суханов А. Л. Управление научными проектами в ВУЗе / Труды 3-й международной научной конференции «Современные сложные системы управления». Воронеж: ВГАСУ, 2003. Т. 1. С. 199 – 201.
125. Суханов А. Л. Проблемы управления научными проектами / Труды 2-й международной конференции по проблемам управления. М.: ИПУ РАН, 2003. Т. 4. С. 135 – 137.
126. Суханов А. Л. Управление научными проектами в военно-инженерном ВУЗе / Труды международной научно-практической конференции «Теория активных систем». М.: ИПУ РАН, 2003. Т. 1. С. 68 – 73.
127. Суханов А. Л. Организационная система научной деятельности военно-инженерного ВУЗа / Управление большими системами. Сборник трудов. М.: ИПУ РАН, 2004. Выпуск 6. С. 136 – 143.
128. Суханов А. Л. Комплексная оценка эффективности научной деятельности военно-инженерного ВУЗа / Труды 4-й международной научной конференции «Современные сложные системы управления». Тверь: ТГТУ, 2004. С. 463 – 465.
129. Суханов А. Л. Модель комплексных научных исследований / Управление большими системами / Сборник трудов. М.: ИПУ РАН, 2004. Выпуск 9. С. 201 – 209.
130. Татаринов Ю. Б. Проблемы оценки эффективности фундаментальных исследований: логико-методологические аспекты. М.: Наука, 1986. – 230 с.
131. Татаринов Ю.Б. Фундаментальные исследования: экономические и социальные оценки // Вестник АН СССР. 1991. № 5. С. 24 – 29.
132. Типовое положение об образовательном учреждении высшего профессионального образования (высшем учебном заведении) Российской Федерации. (Утверждено постановлением Правительства Российской Федерации № 264 от 5 апреля 2001 г.).
133. Тодосийчук А. В. Оценка качества результатов научно-технической деятельности. М.: Науковедение, 1994.
134. Трахтенгерц Э. А. Компьютерная поддержка принятия решений. М.: Синтег, 1998. – 376 с.

135. Федеральный закон «О науке и государственной научно-технической политике» № 127-ФЗ, от 23 августа 1996 г.
136. Философский энциклопедический словарь. – М.: Сов. Энциклопедия, 1983. – 840 с.
137. Хайтун С. Д. Проблемы качественного анализа науки / Отв. ред. Идлис Г. М. – М.: Наука, 1989. – 280 с.
138. Херштатт К., Зоммерлатте Т. Метод лучших показателей в научных исследованиях и разработках // Проблемы теории и практики управления. 1996. № 3. С. 98 – 102.
139. Управление проектами. Под общей редакцией В. Д. Шапиро. Санкт-Петербург.: «Два-Три», 1996 – 610 с.
140. Экономика знаний. Учебное пособие / В. В. Глухов, С. Б. Коробко, Т. В. Маринина. СПб.: Питер, 2003. – 528 с.
141. Ampere A. M. Essai sur la philosophie des sciences on exposition analytique d'une classification naturelle de toutes les connaissances humaines. Premiere partie. Paris, 1838.
142. Brown M. G., Svenson R. A. Measuring R&D productivity // Research technology management. 1998. V. 41. № 6. P. 15 – 21.
143. Cleland, D.I., King, W.R. (Tds.). Project Management Handbook, 2nd.Ed. New York, Van Nostrand Reinhold, 1988.
144. Dulfer, E.: Projekte und Projektmanagement im internationalen Kontext. Eine Einfuhrung, in: Projektmanagement INTERNATIONAL, Stuttgart, 1982, p. 2 – 30.
145. Enlow H. Planning R and D Projects Using GERT. Arizona State University, 1969.
146. Freeman P. R and D Management Research. Paper P-321G. The Rand Corporation. Santa Monica (California), 1905.
147. IN 69901. Projektmanagement, Aug. 1987. Daneben hat der Normen anschluss den Begriff der Projektwirtschaft ges chaffen (Besamtheit aller einrichtungen und Mass gahmen, die dazu dienen, das Projekt zu realisieren).
148. ISO/TR 10006:1997 (E) Менеджмент качества. Руководство качеством при управлении проектом.
149. Pritsker A., Alan B. GERT: Graphical Evaluation and Review Technique, Memorandum RM – 4973 – NASA. The Corporation. Santa Monica (California), 1966.
150. Project Management Body of Knowledge (PM BOK), Project Management Institute, Drexel Hill, Pennsylvania, 1987. – 222 p.
151. Projektmanagement – Fachmann, GPM und RRW, Dentschland, Eschbon, 1991. – 1130 p.
152. Stock M.K. Putting quality into the R&D process // Research technology management. 1992. V. 35. № 4. P. 16 – 23.
153. Transactions of Engineering Management // IEEE. 1959. Vol. EM-6. N 6.
154. Werner B.M., Souder W.E. Measuring R&D performance – state of art // Research technology management. 1997. V. 40. № 2. P. 34 – 42.