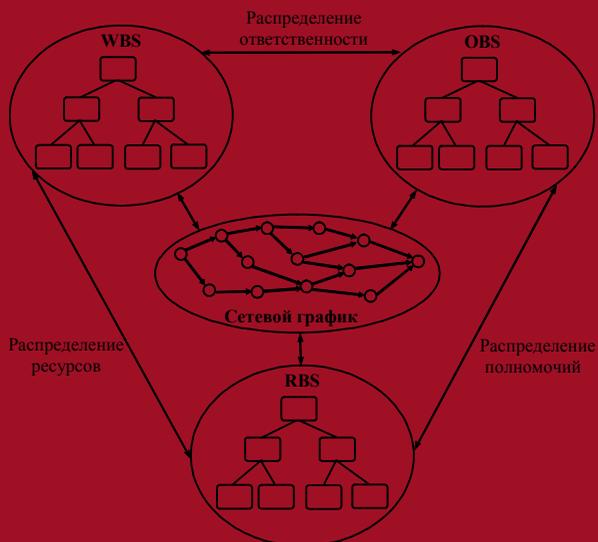


Д.А. Новиков

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТАМИ: ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ МЕХАНИЗМЫ



Москва – 2007

*Российская академия наук
Институт проблем управления
им. В.А. Трапезникова*

Д.А. Новиков

**УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТАМИ:
ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ МЕХАНИЗМЫ**

Рекомендовано в качестве учебного
пособия Методическим советом
Московского физико-технического
института

Москва – 2007

УДК 519.6

Н 73

Новиков Д.А. **Управление проектами: организационные механизмы.** – М.: ПМСОФТ, 2007. – 140 с.

ISBN 978-5-903-183-01-2

Настоящая работа представляет собой введение в организационные механизмы управления проектами – процедуры принятия управленческих решений, основывающиеся на разработке и анализе математических моделей организационного управления проектами. Первая глава посвящена обсуждению общих подходов к моделированию, к постановке и решению задач управления. Вторая глава содержит общие сведения об управлении проектами. Третья и четвертые главы включают качественный обзор собственно организационных механизмов управления проектами, руководствуясь которым можно было бы пользоваться известными в литературе результатами как конструктором (большинство соответствующих работ находятся в открытом доступе в Интернете).

В третьей главе описаны механизмы: финансирования проектов, управления взаимодействием участников проекта, стимулирования, управления договорными отношениями, оперативного управления, а также методика освоения объема.

В четвертой главе кратко рассмотрена специфика управления проектами различных типов, таких как: корпоративные проекты и программы, портфели проектов, организационные проекты, образовательные проекты, научные проекты и инновационные проекты.

Работа предназначена для студентов ВУЗов и аспирантов управленческих специальностей, а также для научных и практических работников.

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор В.Н. Бурков

доктор технических наук, профессор А.В. Цветков

Рекомендовано к изданию Редакционным советом ИПУ РАН

© Новиков Д.А., 2007

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
Глава 1. Моделирование и управление	9
1.1. Модели и моделирование	9
1.2. Оптимизация и устойчивость решений.....	24
1.3. Управление	34
Глава 2. Управление проектами	40
2.1. Проекты и управление проектами	40
2.2. Календарно-сетевое планирование и управление ..	45
2.3. «Методология» управления проектами	49
2.4. Управление проектами в организации	53
2.5. Информационные системы управления проектами	59
2.6. Управление знаниями	63
Глава 3. Организационные механизмы управления проектами	66
3.1. Классификация организационных механизмов управления проектами	67
3.2. Механизмы финансирования проектов	71
3.3. Механизмы управления взаимодействием участников проекта	83
3.4. Механизмы стимулирования в управлении проектами	85
3.5. Методика освоенного объема	95
3.6. Механизмы управления договорными отношениями	101
3.7. Механизмы оперативного управления проектами	103
Глава 4. Специфика управления проектами различных типов	108
4.1. Корпоративные проекты и программы	108
4.2. Портфели проектов	110
4.3. Организационные проекты.....	115
4.4. Образовательные проекты.....	121

4.5. Научные проекты	126
4.6. Инновационные проекты.....	129
Заключение	132
Литература.....	132
Сведения об авторе.....	140

Введение

Исторически известны различные типы культуры организации деятельности (см. [67]). Современным является *проектно-технологический тип организационной культуры*, который состоит в том, что продуктивная деятельность человека (или организации) разбивается на отдельные завершённые циклы, которые называются *проектами*¹.

Процесс осуществления практически любой нерутинной деятельности можно рассматривать в рамках проекта, реализуемого в определённой временной последовательности по фазам, стадиям и этапам, причем последовательность эта является общей для всех видов деятельности. Завершённость цикла деятельности (проекта) определяется тремя фазами:

– *фаза проектирования*, результатом которой является построенная модель создаваемой системы и план ее реализации;

– *технологическая фаза*, результатом которой является реализация системы;

– *рефлексивная фаза*, результатом которой является оценка реализованной системы и определение необходимости либо ее дальнейшей коррекции, либо «запуска» нового проекта.

Еще в прошлом веке появились такие понятия как *проекты* и *программы*, а к концу XX века деятельность по их созданию и реализации стала массовой. Обеспечиваются они не только и не столько теоретическими знаниями, сколько аналитической работой. Профессиональная культура за счет своей теоретической мощи породила способы массового изготовления новых знаковых форм (моделей, алгоритмов, баз данных и т.п.), и это стало теперь материалом для новых технологий. Это – технологии уже не только вещного, но и знакового производства, а, в общем, *технологии*,

¹ На сегодняшний день существуют два определения проекта: проект как нормативная модель некоторой системы и проект как целенаправленное создание или изменение некоторой системы, ограниченное во времени и ресурсах и имеющее специфическую организацию. Мы будем использовать второе определение (см. ниже).

наряду с проектами, программами, стали ведущей формой организации деятельности.

Специфика современных технологий заключается в том, что ни одна теория, ни одна профессия не могут покрыть весь технологический цикл. Сложная организация больших технологий приводит к тому, что бывшие профессии обеспечивают лишь одну-две ступени больших технологических циклов, и для успешной работы и карьеры человеку важно быть не только профессионалом, но и быть способным активно и грамотно включаться в эти циклы.

Отметим следующую особенность. И научное исследование, и создание произведения искусства как завершённые циклы продуктивной творческой деятельности вполне подпадают под определение проекта. И, хотя понятие «проект» в науке и искусстве стало применяться только в последнее время, где-то с середины XX века – атомный проект, проект создания художественного фильма, проект театральной постановки и т.д. – но исторически первой стала на проектный тип организационной культуры художественная деятельность (начиная с эпохи Возрождения).

Затем, к концу XIX – началу XX века проектный тип организационной культуры «проник» в науку – когда в научных исследованиях по многим отраслям научного знания стало практически обязательным требованием построение *научных гипотез* как познавательных моделей [106, С. 116], и научное исследование стало, тем самым, проектироваться. В полную же силу проектно-технологический тип организационной культуры «заработал» лишь в последние десятилетия – когда он был востребован в массовых масштабах практикой.

В этом новом типе организационной культуры ключевыми становятся понятия: проект, технологии и рефлексия. При этом два из них являются как бы противоположными: проект (дословно – брошенный вперед) и рефлексия (дословно – обращение назад).

Традиционное понимание проекта, существовавшее ранее в технике, в строительстве и т.д. – это совокупность документов (расчетов, чертежей и др.) для создания какого-либо сооружения или изделия (см., например, [102]). На смену ему пришло современное понимание проекта как завершённого цикла продуктивной деятельности: отдельного человека, коллектива, организации,

предприятия или совместной деятельности многих организаций и предприятий.

«*Проект* – это ограниченное во времени целенаправленное изменение отдельной системы с установленными требованиями к качеству результатов, возможными рамками расхода средств и ресурсов и специфической организацией» [19].

Включение в определение отдельной системы указывает не только на целостность проекта, но и подчеркивает единственность проекта, его неповторимость и признаки новизны.

Многообразие проектов, с которыми приходится сталкиваться в реальной жизни, чрезвычайно велико. Они могут сильно отличаться по сфере приложения, предметной области, масштабам, длительности, составу участников, степени сложности и т.п. (классификация проектов приведена во второй главе).

Проект как объект управления изучается в таком разделе современной теории управления как *управление проектами* (УП). Исторически сложились четыре обширных раздела теории управления проектами.

1. *Календарно-сетевое планирование и управление* (КСПУ), использующее методы теории графов для построения и оптимизации *сетевого графика* проекта и распределения ресурсов [10, 16, 18, 23, 42, 63]. Это направление появилось в начале 50-х годов XX века и долгое время под управлением проектами понималось именно КСПУ.

2. «*Методология*» *управления проектами*, отражающая сложившуюся на сегодняшний день терминологию и успешный опыт реализации проектов [30, 96, 104]. Это направление, которое условно можно считать разделом менеджмента, выделилось в самостоятельное в начале 80-х годов XX века, и сегодня большинство, как теоретических исследований, так и практико-ориентированных работ по управлению проектами, относятся именно к этому направлению.

3. *Механизмы управления проектами* – организационные процедуры принятия управленческих решений, основывающиеся на разработке и анализе математических моделей организационного управления проектами [19, 49, 62]. Это направление появилось в начале 70-х годов XX века и может рассматриваться как раздел

общей математической теории управления организационными и социально-экономическими системами.

4. *Информационные системы* управления проектами (ИСУП), позволяющие получать, хранить, перерабатывать и использовать для принятия решений информацию о проекте и его окружении [34, 104]. Информационное обеспечение УП стало самостоятельным направлением информационных систем с середины 80-х годов XX века, и на сегодняшний день существует множество программных средств управления проектами самого разного масштаба.

В настоящей работе мы не ставим задачи дать сколь-нибудь полное описание методов КСПУ, «методологии» УП (соответствующей литературой переполнены полки любого книжного магазина), а также методов и средств ИСУП – заинтересованный читатель может получить об этих трех направлениях исчерпывающее представление по приведенным в настоящей работе ссылкам. Основной акцент мы будем делать на механизмы управления проектами.

Книга разбита на четыре главы. Так как ключевыми словами для нас являются «проект», «управление», «организация» и «механизм», а основным методом исследования организационных механизмов управления проектами является математическое моделирование, то первая глава посвящена обсуждению общих подходов к моделированию, к постановке и решению задач управления. Вторая глава носит характер минимального «ликбеза» по современному состоянию теории управления проектами. Третья и четвертая главы посвящены обзору собственно организационных механизмов управления проектами.

Так, в третьей главе вводится классификация механизмов управления проектами и описаны механизмы: финансирования проектов, управления взаимодействием участников проекта, стимулирования, управления договорными отношениями, оперативного управления, а также методика освоенного объема.

В четвертой главе кратко рассмотрена специфика управления проектами различных типов, таких как: корпоративные проекты и программы, портфели проектов, организационные проекты, образовательные проекты, научные проекты и инновационные проекты.

Автор обязан предостеречь уважаемого Читателя, что данная работа не претендует на исчерпывающее детальное описание современного состояния организационных механизмов управления проектами (по каждому из разделов существует множество работ – см. соответствующие ссылки), а представляет собой обзор, руководствуясь которым можно было бы ориентироваться в существующих подходах и пользоваться известными в литературе результатами как конструктором (тем более, что большинство соответствующих работ находятся в открытом доступе в Интернете).

Глава 1. Моделирование и управление

В настоящей главе дается определение модели, классифицируются виды моделей и методы моделирования, перечисляются функции моделирования и требования к моделям. Рассматриваются этапы построения и исследования математических моделей, формулируются задачи оптимизации и обсуждаются проблемы устойчивости решений этих задач. Приводится общая постановка и технология решения задач управления.

1.1. Модели и моделирование

Важной стадией фазы проектирования любой системы является ее *моделирование* [67], заключающееся в построении, анализе и оптимизации моделей. Приведем, сначала, определения модели:

Модель – образ некоторой системы; аналог (схема, структура, знаковая система) определенного фрагмента природной или социальной реальности, «заместитель» оригинала в познании и практике [106, С. 382].

Модель – в широком смысле – любой образ, аналог (мысленный или условный: изображение, описание, схема, чертеж, график, план, карта и т.п.) какого-либо объекта, процесса или явления (оригинала данной модели) [102, Статья «Модель», 5-е значение].

Моделью можно назвать искусственно создаваемый образ конкретного предмета, устройства, процесса, явления (и, в конечном счете, любой системы) [40].

Все эти определения не противоречат друг другу. Модель выступает как образ будущей системы. В процессе моделирования задействованы как бы четыре «участника»: «субъект» – инициатор моделирования и/или пользователь его результатов; «объект-оригинал» – предмет моделирования, то есть та система, которую хочет создать и/или использовать в дальнейшем «субъект»; «модель» – образ, отображение; «среда», в которой находятся и с которой взаимодействуют все участники. Модели делятся на познавательные и прагматические («практические») [88].

Познавательные модели – это предположительные образы будущего научного знания, то есть научные гипотезы. Таким образом, познавательные модели отражают предположительно существующее (научное знание). *Прагматические же модели* отражают не существующее (в практике), но желаемое и, возможно, осуществимое.

Прагматические модели проектируемых систем, так же, как и сами системы, могут находиться на разных уровнях иерархии. Можно говорить, к примеру, о модели урока в школе, о модели технической системы, о модели какого-либо предприятия, фирмы, о региональной модели здравоохранения, о модели железнодорожного транспорта страны и т.д.

Прагматические модели являются способом организации практических действий, способом представления как бы образцово правильных действий и их результатов, то есть являются рабочим представлением, мысленным образцом будущей системы. Таким образом, прагматические модели носят нормативный характер для дальнейшей деятельности, играют роль стандарта, образца, под который «подгоняется» в дальнейшем как сама деятельность, так и ее результаты. Примерами прагматических моделей могут быть планы и программы действий, уставы организаций, должностные инструкции, кодексы законов, рабочие чертежи, экзаменационные требования и т.д.

Моделирование включает в себя три этапа:

- построение моделей;

- оптимизация;
- выбор (принятие решений).

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛЕЙ. Для создания моделей у человека есть всего два типа «материалов» – средства самого сознания и средства окружающего материального мира. Соответственно этому модели делятся на абстрактные (идеальные) и материальные (реальные, вещественные).

Абстрактные модели являются идеальными конструкциями, построенными средствами мышления, сознания.

Абстрактные модели являются языковыми конструкциями. Абстрактные модели могут формироваться и передаваться другим людям средствами разных языков, языков разных уровней специализации.

Во-первых, посредством *естественного языка* (как конечный результат, поскольку в процессе построения моделей человеком используются и неязыковые формы мышления – «интуиция», образное мышление и т.д.). На естественном языке человек может говорить обо всем, этот язык является средством построения любых абстрактных моделей. Универсальность естественного языка достигается еще и тем, что языковые модели обладают неоднородностью, расплывчатостью, размытостью. Многозначность почти каждого слова, используемого в естественном языке любой национальности, а также неопределенность слов (несколько, почти, много и т.д.) при огромном числе вариантов их соединения во фразы позволяет любую ситуацию отобразить с достаточной для обычных практических целей точностью. Эта приблизительность является неотъемлемым свойством языковых моделей. Но рано или поздно практика сталкивается с ситуациями, когда приблизительность естественного языка оборачивается недостатком, который необходимо преодолевать.

Поэтому, во-вторых, для построения абстрактных моделей используются *«профессиональные» языки*. Их применяют люди, связанные общими для них, но частными для всех остальных людей, видами деятельности. Наиболее ярко это проявляется на примере языков конкретных отраслей *наук сильной версии* – физики, химии и др. (см. [67]). Дифференциация наук объективно потребо-

вала создания специализированных языков, более четких и точных, чем естественный.

В-третьих, когда средств естественного и профессионального языков не хватает для построения моделей, используются *искусственные*, в том числе *формализованные языки* – например, в логике, математике. К искусственным языкам также относятся компьютерные языки, чертежи, схемы и т.п.

В результате получается иерархия языков и соответствующая иерархия типов моделей. На верхнем уровне этого спектра находятся модели, создаваемые средствами естественного языка, и так вплоть до моделей, имеющих максимально достижимую определенность и точность для сегодняшнего состояния данной отрасли профессиональной деятельности. Наверное, так и следует понимать известные высказывания И. Канта и К. Маркса о том, что любая отрасль знания может тем с большим основанием именоваться наукой, чем в большей степени в ней используется *математика*. Математические (в строгом смысле) модели обладают абсолютной точностью. Но чтобы дойти до их использования в какой-либо области, необходимо получить достаточный для этого объем достоверных знаний. Нематематизированность многих общественных и гуманитарных наук не означает их ненаучности, а есть следствие познавательной сложности их предметов. В них модели строятся, как правило, с использованием средств естественного языка.

Функции моделирования. Можно выделить следующие функции моделирования:

- дескриптивная функция;
- прогностическая функция;
- нормативная функция.

Дескриптивная функция заключается в том, что за счет абстрагирования модели позволяют достаточно просто объяснить наблюдаемые на практике явления и процессы (другими словами, они дают ответ на вопрос «почему мир устроен так»). Успешные в этом отношении модели становятся компонентами научных теорий и являются эффективным средством отражения содержания последних (поэтому *познавательную функцию* моделирования можно рассматривать как составляющую дескриптивной функции).

Прогностическая функция моделирования отражает его возможность предсказывать будущие свойства и состояния моделируемых систем, то есть отвечать на вопрос «что будет?».

Нормативная функция моделирования заключается в получении ответа на вопрос «как должно быть?» – если, помимо состояния системы, заданы критерии оценки ее состояния, то за счет использования оптимизации (см. ниже) возможно не только описать существующую систему, но и построить ее нормативный образ – желательный с точки зрения субъекта, интересы и предпочтения которого отражены используемыми критериями.

Нормативная функция моделирования тесно связана с решением задач *управления*, то есть, ответе на вопрос «как добиться желаемого (состояния, свойств системы и т.д.)?».

Требования, предъявляемые к моделям. Для того чтобы создаваемая модель соответствовала своему назначению, недостаточно создать просто модель. Необходимо, чтобы она отвечала ряду требований. Невыполнение этих требований лишает модель ее модельных свойств.

Первым требованием является *ингерентность* модели, то есть достаточная степень согласованности создаваемой модели со средой, чтобы создаваемая модель была согласована со средой, в которой ей предстоит функционировать, входила бы в эту среду не как чужеродный элемент, а как естественная составная часть [26].

Другой аспект ингерентности модели состоит в том, что в ней должны быть предусмотрены не только «стыковочные узлы» со средой («интерфейсы»), но, и, что не менее важно, в самой среде должны быть созданы предпосылки, обеспечивающие функционирование будущей системы. То есть не только модель должна приспособляться к среде, но и среду необходимо приспособлять к будущей системе.

Второе требование – *простота модели*. С одной стороны, простота модели – ее неизбежное свойство: в модели невозможно зафиксировать все многообразие реальных ситуаций.

С другой стороны, простота модели неизбежна из-за необходимости оперирования с ней, использования ее как рабочего инструмента, который должен быть обозрим и понятен, доступен каждому, кто будет участвовать в реализации модели.

С третьей стороны, есть еще один, довольно интересный и непонятный пока аспект требования простоты модели, который заключается в том, что чем проще модель, тем она ближе к моделируемой реальности и тем удобнее для использования. Классический пример – геоцентрическая модель Птолемея и гелиоцентрическая модель Коперника. Обе модели позволяют с достаточной точностью вычислять движение планет, предсказывать затмения солнца и т.п. Но модель Коперника истинна и намного проще для использования, чем модель Птолемея. Ведь недаром древние подметили, что простота – печать истины. У физиков, математиков есть довольно интересный критерий оценки решения задач: если уравнение и/или его решение простое и «красивое» – то оно, скорее всего, истинно.

Можно привести и такой пример. В книге нобелевского лауреата Г. Саймона [96] рассматривается следующая ситуация. Предположим, что мы наблюдаем за тем, как муравей движется по песку из одной точки в другую. Целью муравья может быть стремление минимизировать затраты своей энергии, поэтому он огибает горки песка. Его «целевая функция» характеризует зависимость затрат энергии, которые он хочет минимизировать, от рельефа (внешней среды), и от его траектории (действия). Пусть мы наблюдаем только проекцию на горизонтальную плоскость траектории муравья. Если рельеф, по которому двигался муравей, неизвестен, то объяснить поведение муравья (сложную, петляющую траекторию) довольно непросто, и придется строить весьма хитроумные модели. Но если «угадать», что цель муравья проста, и включить в модель «рельеф», то все существенно упростится. По аналогии Г. Саймон выдвигает гипотезу, что наблюдаемое разнообразие и сложность поведения людей объясняются не сложностью принципов принятия ими решений (выбора действий), которые сами по себе просты, а разнообразием ситуаций (состояний внешней среды), в которых принимаются решения. С этим мнением вполне можно согласиться. Вопрос только в том, как найти эти простые принципы?

Наконец, третье требование, предъявляемое к модели – ее *адекватность*. Адекватность модели означает возможность с ее помощью достичь поставленной цели проекта в соответствии со

сформулированными критериями (см. также Рис. 2 и обсуждение проблем адекватности математических моделей ниже). Адекватность модели означает, что она достаточно полна, точна и истинна. Достаточно не вообще, а именно в той мере, которая позволяет достичь поставленной цели. Иногда удается (и это желательно) ввести некоторую меру адекватности модели, то есть определить способ сравнения разных моделей по степени успешности достижения цели с их помощью.

Методы моделирования. Методы моделирования систем можно разделить на два класса. Называются эти классы в разных публикациях по-разному:

– *методы качественные и количественные.* Смысл деления понятен. Однако такое деление не совсем точно, поскольку качественные методы могут сопровождаться при обработке получаемых результатов и количественными представлениями, например с использованием средств математической статистики;

– *методы, использующие средства естественного языка, и методы, использующие специальные языки.* Смысл деления также понятен, но тоже не совсем точен, поскольку графические методы (схемы, диаграммы и т.д.) в первый класс не попадают, но широко используются в практике;

– *методы содержательные и формальные.* Деление тоже не точно, поскольку компьютерное моделирование может требовать минимальной формализации.

И так далее.

Существует множество более детальных классификаций моделей и/или видов моделирования. Например, на Рис. 1 приведена система классификаций видов моделирования, заимствованная из [102].

Мы не будем рассматривать качественные методы моделирования (см. [26, 67, 88]), а перейдем сразу к количественным.

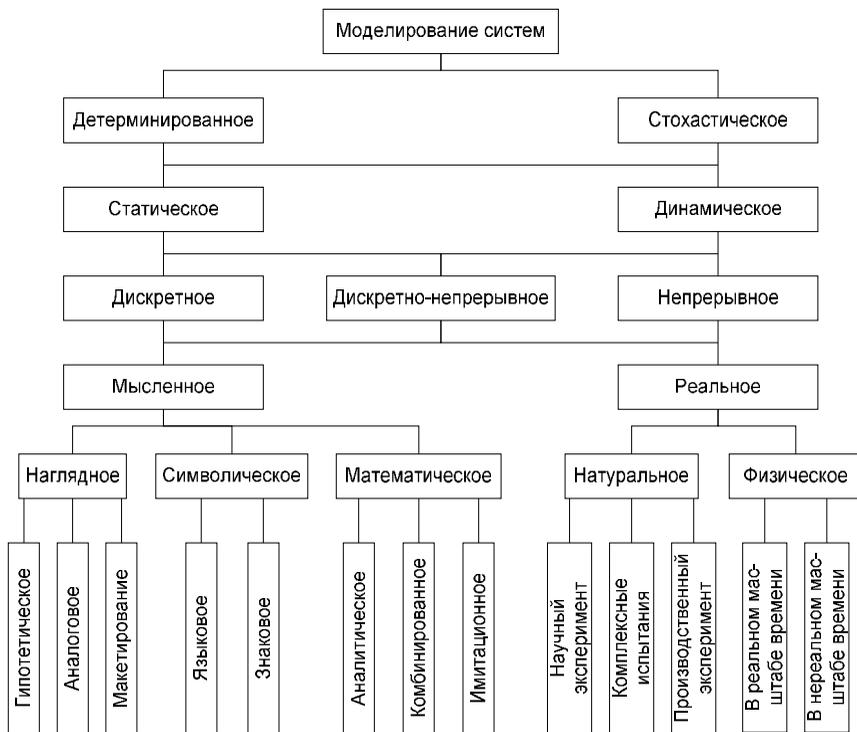


Рис. 1. Система классификаций видов моделирования

Количественные методы моделирования (математическое моделирование). Для исследования характеристик процесса функционирования любой системы математическими методами, включая и *компьютерное моделирование*, должна быть проведена формализация этого процесса, то есть построена математическая модель.

Под *математическим моделированием* будем понимать процесс установления соответствия данному реальному объекту некоторого математического объекта, называемого *математической моделью*, и исследование этой модели, позволяющее получать характеристики рассматриваемого реального объекта. Вид математической модели зависит как от природы реального объекта, так и от задач исследования объекта и требуемой достоверности и точ-

ности решения этих задач. Любая математическая модель, как и всякая другая, описывает реальный объект лишь с некоторой степенью приближения к действительности.

Можно выделить следующие **этапы построения математической модели** (см. также Рис. 2).

1. Определение предмета и цели моделирования, включая границы исследуемой системы и те основные свойства, которые должны быть отражены.

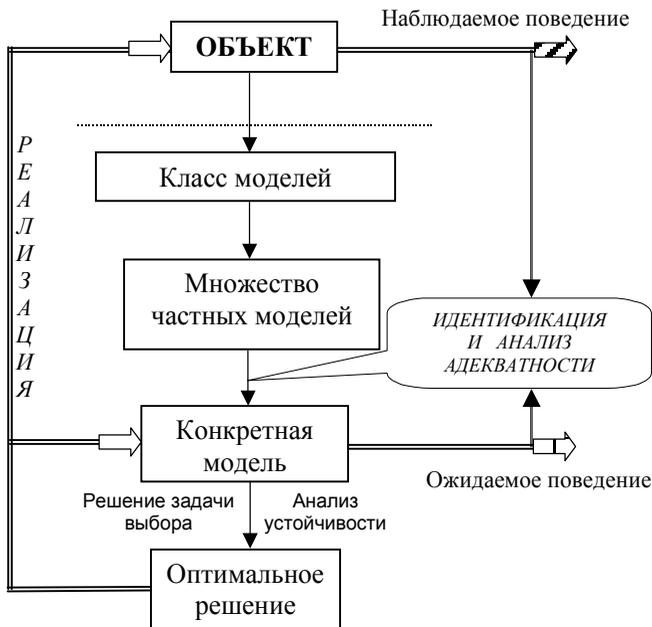


Рис. 2. Этапы построения и исследования математической модели

2. Выбор языка (аппарата) моделирования. На сегодняшний день не существует общепризнанной классификации методов математического моделирования. Например, в [78] было предложено выделить оптимизационные и теоретико-игровые модели.

Оптимизационные модели могут использовать аппарат теории вероятностей (теория надежности, теория массового обслуживания, теория статистических решений), теории оптимизации (линейное и нелинейное, стохастическое, целочисленное, динамическое и др. программирование, многокритериальная оптимизация), дифференциальных уравнений и оптимального управления, дискретной математики (теория графов, теория расписаний и т.д.) – см. подробности в [16, 23, 92, 95].

Теоретико-игровые модели могут использовать аппарат некооперативных игр, кооперативных игр, повторяющихся игр, иерархических игр, рефлексивных игр (см. подробности в [38, 80]). *Теория игр* – раздел прикладной математики, исследующий модели принятия решений в условиях несовпадения интересов сторон (игроков), когда каждая сторона стремится воздействовать на развитие ситуации в собственных интересах. Под *игрой* при этом понимается взаимодействие сторон, интересы которых не совпадают [38].

Существуют несколько сотен «аппаратов» моделирования (см. библиографические ссылки выше), каждый из которых представляет собой разветвленный раздел прикладной математики. Описывать всех их подробно в рамках настоящей книги не представляется возможным (да и целесообразным). В качестве примера проиллюстрируем, какого рода модели позволяет строить теория графов.

Теория графов – раздел дискретной математики. Неформальное определение графа таково: *графом* называется совокупность вершин (изображаемых кружками) и связей между ними, изображаемых ориентированными дугами (со стрелками) или неориентированными ребрами (без стрелок) – см. Рис. 3.

Язык графов оказывается удобным для моделирования многих физических, технических, экономических, биологических, социальных и других систем.

Приведем ряд примеров приложений теории графов (более подробное описание перечисляемых и других задач можно найти в [16, 23]).

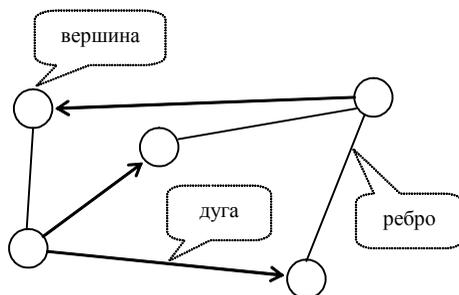


Рис. 3. Пример графа

а) «Транспортные» задачи, в которых вершинами графа являются пункты погрузки/разгрузки, а ребрами – дороги (автомобильные, железные и др.) и/или другие транспортные (например, авиационные) маршруты. Другой пример – сети снабжения (энергоснабжения, газоснабжения, снабжения товарами и т.д.), в которых вершинами являются пункты производства и потребления, а ребрами или дугами – возможные маршруты перемещения (линии электропередач, газопроводы, дороги и т.д.). Соответствующий класс задач оптимизации потоков грузов, размещения пунктов производства и потребления и т.д., иногда называется задачами обеспечения или задачами о размещении. Их подклассом являются задачи о грузоперевозках.

б) «Технологические задачи», в которых вершины отражают производственные элементы (заводы, цеха, станки и т.д.), а дуги – потоки сырья, материалов и продукции между ними, заключаются в определении оптимальной загрузки производственных элементов и обеспечивающих эту загрузку потоков.

в) *Обменные схемы*, являющиеся моделями таких явлений как бартер, взаимозачеты и т.д. Вершины графа при этом описывают участников обменной схемы (цепочки), а дуги – потоки материальных и финансовых ресурсов между ними. Задача заключается в определении цепочки обменов, оптимальной с точки зрения, например, организатора обмена и согласованной с интересами участников цепочки и существующими ограничениями.

г) *Управление проектами* (см. также главу 2). С точки зрения теории графов *проект* – совокупность операций и зависимостей

между ними (*сетевой график*). Хрестоматийным примером является проект строительства некоторого объекта. Совокупность моделей и методов, использующих язык и результаты теории графов и ориентированных на решение задач управления проектами, получила название *календарно-сетевого планирования и управления* (КСПУ). В рамках КСПУ решаются задачи определения последовательности выполнения операций и распределения ресурсов между ними, оптимальных с точки зрения тех или иных критериев (времени выполнения проекта, затрат, риска и др.).

д) *Модели коллективов и групп*, используемые в социологии, основываются на представлении людей или их групп в виде вершин, а отношений между ними (например, отношений знакомства, доверия, симпатии и т.д.) – в виде ребер или дуг. В рамках подобного описания решаются задачи исследования структуры социальных групп, их сравнения, определения агрегированных показателей, отражающих степень напряженности, согласованности взаимодействия, и др.

3. Выбор переменных, описывающих состояние системы и существенные параметры внешней среды, а также шкал их измерения и критериев оценки.

Отметим, что при построении моделей сложных систем часто приходится использовать иерархические наборы переменных, описывающих систему с различной степенью детализации, то есть использующих *агрегирование информации*. Наличие агрегирования (сжатия) информации неизбежно присуще организационным иерархиям² [72], агрегирование экономических и других показателей происходит в любых социально-экономических системах [46], в управлении проектами возникает необходимость агрегированного описания подпроектов [6, 49], в задачах управления нельзя обойтись без агрегированного описания состояний управляемой систе-

² Так, например, руководителю крупной организации вовсе не обязательно знать, чем в каждый момент времени занят каждый из сотрудников этой организации; руководителю необходимо иметь общее представление о текущих результатах деятельности более или менее крупных подразделений.

мы (так называемая задача *комплексного оценивания*³) [78, 88] и т.д. Подробное описание используемых при этом формальных методов можно найти в литературе, ссылки на которую приведены выше.

4. Выбор ограничений, то есть множеств возможных значений переменных, и начальных условий (начальных значений переменных).

5. Определение связей между переменными с учетом всей имеющейся о моделируемой системе информации, а также известных законов, закономерностей и т.п., описывающих данную систему. Именно этот этап иногда называют «построение модели» (в узком смысле).

6. Исследование модели – или имитационное, или/и применение методов оптимизации и, быть может, решение задачи управления (см. описание каждого из этих трех блоков ниже). Именно этот этап иногда называют «моделированием» (в узком смысле).

7. Изучение устойчивости и адекватности модели (см. ниже).

Последующие этапы, связанные с практической реализацией модели и/или внедрением результатов моделирования, мы здесь не рассматриваем.

Приведенные этапы математического моделирования иногда приходится повторять, возвращаясь к более ранним этапам при уточнении цели моделирования, обеспечении точности, устойчивости, адекватности и т.д.

Рассмотрим пример (так называемую дуополию Курно, описывающую конкуренцию двух экономических агентов), иллюстрирующий приведенные выше семь этапов построения математической модели.

1. Предметом моделирования является взаимодействие двух агентов – производителей одного и того же товара, – каждый из которых выбирает свой неотрицательный объем производства (предложение товара), стремясь максимизировать свою прибыль в условиях, когда рыночная цена убывает с ростом суммарного

³ Например, при аккредитации высших учебных заведений анализируется множество параметров, описывающих их деятельность. Решение же об аккредитации принимается на основании агрегированной (комплексной) оценки результатов деятельности ВУЗа.

предложения. Целью моделирования является предсказание рыночного равновесия – объемов производства и цены.

2. В качестве «аппарата» моделирования используется теория некооперативных игр [38].

3. В качестве переменных, описывающих состояние системы, выберем неотрицательные объемы производства x_1 и x_2 соответственно первого и второго агентов и рыночную цену p .

4. Считается, что известны:

- зависимость цены: $p = 5 - (x_1 + x_2)$ от суммарного предложения $x_1 + x_2$ – чем больше предложение, тем ниже цена;

- затраты $3(x_1)^2$ и $5(x_2)^2/4$ соответственно первого и второго агентов – чем больше объем выпуска, тем выше затраты;

5. Прибыль каждого агента представляет собой разность между его выручкой (равной произведению цены на его объем производства) и затратами, то есть целевые функции первого и второго агентов равны соответственно

$$[5 - (x_1 + x_2)] x_1 - 3(x_1)^2$$

и

$$[5 - (x_1 + x_2)] x_2 - 5(x_2)^2/4.$$

6. Исследование модели заключается в нахождении объемов производства x_1^* и x_2^* , максимизирующих прибыли агентов (точнее – в нахождении так называемого равновесия Нэша (то есть, таких объемов производства, одностороннее отклонение от которых не выгодно ни одному из агентов) их игры [38]): $x_1^* = 0,5$, $x_2^* = 1$ и вычислении соответствующей рыночной цены, равной 3,5.

7. Данная модель устойчива (например, малые ошибки в измерении коэффициентов затрат агентов приведут к малым ошибкам в вычислении равновесной цены).

Завершив рассмотрение примера, отметим, что математическое моделирование можно разделить на аналитическое и имитационное [78].

Для *аналитического моделирования* характерно то, что процессы функционирования элементов системы записываются в виде некоторых функциональных соотношений (например, уравнений – алгебраических, дифференциальных, интегральных и т.п.) или

логических условий. Аналитическая модель может быть исследована следующими методами:

- аналитическим, когда стремятся получить в общем (аналитическом) виде явные зависимости для искомым характеристик в виде определенных формул. Оба рассмотренных выше примера построения математической модели были исследованы аналитически;

- численным, когда, не имея возможности решать уравнения в общем виде, стремятся получить (например, с помощью компьютера) числовые результаты при тех или иных конкретных начальных данных;

- качественным, когда, не имея решения в явном виде, можно найти некоторые его свойства. Примером могут служить так называемые «мягкие» модели [3], в которых анализ вида дифференциальных уравнений, описывающих самые разнообразные процессы (экономические, экологические, политические и др.) позволяет делать качественные выводы о свойствах их решений – существовании и типе равновесных точек, областях возможных значений переменных и т.п.

Для *имитационного моделирования* характерно исследование отдельных траекторий динамики моделируемой системы. При этом фиксируются некоторые начальные условия (начальное состояние системы или параметры модели) и рассчитывается одна траектория. Затем выбираются другие начальные условия, и рассчитывается другая траектория и т.д. То есть, аналитической зависимости между параметрами модели и будущими состояниями системы не ищется. Как правило, при имитационном моделировании используют численные методы, реализованные на компьютере. Плюс имитационного моделирования заключается в том, что оно позволяет проанализировать различные *сценарии* иногда даже для очень сложных моделей. Его недостаток⁴ состоит в отсутствии возможности получения, например, ответа на вопрос, в каких случаях (при каких значениях начальных условий и параметров модели) динамика системы будет удовлетворять заданным требованиям. Кроме

⁴ От этого недостатка свободны аналитические модели, но они редко могут быть построены и исследованы для достаточно сложных систем.

того, обычно затруднителен анализ устойчивости имитационных моделей.

Итак, мы кратко рассмотрели вопрос о построении моделей, в том числе – математических (обсуждение устойчивости и адекватности моделей, а также связанных с моделями проблем оптимизации и задач управления, производится ниже). Тех читателей, которые заинтересуются современными способами формализованного представления моделей, мы отсылаем к достаточно полным их описаниям, выполненным для ряда предметных областей в [16, 23, 26, 31, 38, 40, 58, 78, 84, 87, 88, 91, 95].

Отметим, что, несмотря на то, что на сегодняшний день накоплен значительный опыт разработки и использования самых разных методов моделирования (в том числе – математического), все равно в этом процессе решающую роль играет творчество, интуитивное искусство создания модели.

Следующий этап моделирования – оптимизация.

1.2. Оптимизация и устойчивость решений

Оптимизация заключается в том, чтобы среди множества возможных вариантов (моделей проектируемой системы) найти наилучшие в заданных условиях, при заданных ограничениях, то есть оптимальные альтернативы. В этой фразе важное значение имеет каждое слово. Говоря «наилучшие», мы предполагаем, что у нас имеется *критерий* (или ряд критериев), способ (способы) сравнения вариантов. При этом важно учесть имеющиеся условия, ограничения, так как их изменение может привести к тому, что при одном и том же критерии (критериях) наилучшими окажутся другие варианты.

Понятие *оптимальности* получило строгое и точное представление в различных математических теориях, прочно вошло в практику проектирования и эксплуатации технических систем, сыграло важную роль в формировании современных системных представлений, широко используется в административной и общественной практике, стало понятием, известным практически каждому человеку. Это и понятно: стремление к повышению эффективности

труда, любой целенаправленной деятельности как бы нашло свое выражение, свою ясную и понятную форму в идее оптимизации.

В математическом смысле суть *оптимизации*, вкратце, заключается в следующем. Пусть состояние моделируемой системы определяется совокупностью *показателей*: $x = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$, принимающих числовые значения. На *множество возможных состояний* системы наложено *ограничение*: $x \in X$, где множество X определяется существующими физическими, технологическими, логическими, ресурсными и другими ограничениями. Далее вводится функция $F(x)$, зависящая от $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$, которая называется *критерием эффективности* и принимает числовое значение. Считается, что чем большие значения принимает функция $F(x)$, тем выше эффективность, то есть, тем «лучше» состояние x системы.

Задача оптимизации заключается в нахождении *оптимального* значения x^* , то есть допустимого состояния системы ($x \in X$), имеющего максимальную эффективность: для всех x из множества X выполняется $F(x^*) \geq F(x)$.

Приведем пример простейшей задачи оптимизации. Пусть имеется R единиц ресурса, и n инвестиционных проектов. Каждый проект характеризуется отдачей $\alpha_i > 0$ на единицу вложенных средств. Величина $x_i \geq 0$ описывает, какое количество ресурса инвестируется в i -ый проект. Множеством X в данном примере будет множество таких векторов инвестиций, сумма компонентов которых не превосходит бюджетного ограничения: $x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n \leq R$, то есть, допустимы любые комбинации инвестиций, удовлетворяющих ограничению на первоначальное количество ресурса. Критерием эффективности естественно считать суммарную отдачу от инвестиций: $F(x) = \alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2 + \dots + \alpha_n x_n$. Оптимальным в данном примере будет вложение всех средств в тот инвестиционный проект, который характеризуется максимальной отдачей на единицу вложенных средств (с максимальным значением α_i).

Такой вывод вполне соответствует здравому смыслу, и для его получения вряд ли стоило формулировать математическую задачу оптимизации. Однако, если усложнить модель (например, учесть риск или тот факт, что проекты могут требовать фиксированных инвестиций и давать фиксированную отдачу, и т.п.), то задача

станет не столь тривиальной и без оптимизационных моделей нельзя будет обойтись (см. примеры в [16, 23]). Например, пусть имеются 100 единиц ресурса и два проекта. У первого проекта отдача на единицу вложенных средств равна 1,8, у второго – 1,4. Вероятность успешного завершения первого проекта равна 0,85, второго – 0,95. Требуется распределить инвестиции между проектами так, чтобы ожидаемый доход был максимален: $1,8 \cdot 0,85 x_1 + 1,4 \cdot 0,95 x_2 \rightarrow \max$, при условии, что расходуется количество ресурса, не большее имеющегося: $x_1 + x_2 \leq 100$, и ожидаемые потери не должны превышать 9 % от имеющегося ресурса: $(1 - 0,85) x_1 + (1 - 0,95) x_2 \leq 9$. Данная оптимизационная задача (являющаяся задачей линейного программирования [92]) имеет следующее решение: $x_1^* = 40$, $x_2^* = 60$. Значение критерия эффективности при этом равно 141.

Отметим, что при постановке и решении оптимизационных задач существенное значение имеет выбор критерия эффективности и ограничений. Так, если в рассмотренном выше примере в ограничении на ожидаемые потери заменить 9 % на 11 %, то оптимальным будет совсем другое решение: $x_1^* = 60$, $x_2^* = 40$. Другим (равным 145) станет и значение критерия эффективности.

Мы привели простейший пример задачи оптимизации. Читателей, заинтересованных в более подробном изучении теории оптимизации, отсылаем к [16, 23, 31, 38, 78, 88, 92, 95] и спискам литературы в этих источниках.

Различие между строго научным, математизированным и «общепринятым», житейским пониманием оптимальности, в общем-то, невелико [88]. Правда, нередко встречающиеся выражения вроде «более оптимальный», строго говоря, некорректны (нельзя достичь эффективности, больше максимальной).

Если не вдаваться в подробности оптимизации в рамках математических моделей, то интуитивно оптимизация сводится, в основном, к сокращению числа альтернатив и проверке модели на *устойчивость*.

Если специально стремиться к тому, чтобы на начальной стадии было получено как можно больше альтернатив, то для некоторых задач их количество может достичь большого числа возмож-

ных решений. Очевидно, что подробное изучение каждой из них приведет к неприемлемым затратам времени и средств. На этапе неформализованной оптимизации рекомендуется проводить «грубое отсеивание» альтернатив, проверяя их на присутствие некоторых качеств, желательных для любой приемлемой альтернативы. К признакам «хороших» альтернатив относятся надежность, многоцелевая пригодность, адаптивность, другие признаки «практичности». В отсеивании могут помочь также обнаружение отрицательных побочных эффектов, недостижение контрольных уровней по некоторым важным показателям (например, слишком высокая стоимость) и пр. Предварительный отсев не рекомендуется проводить слишком жестко; для детального анализа и дальнейшего выбора необходимы хотя бы несколько альтернативных вариантов.

Важным требованием, предъявляемым к моделям, является требование их *устойчивости* при возможных изменениях внешних и внутренних условий, а также устойчивости по отношению к тем или иным возможным изменениям параметров самой модели проектируемой системы. Проблеме устойчивости математических моделей систем посвящена довольно обширная литература (см., например, [32, 66, 87, 88 и др.]).

Для того чтобы понять роль устойчивости, вернемся (см. также выше) к рассмотрению процесса построения математической модели некоторой реальной системы и проанализируем возможные «ошибки моделирования». Первым шагом является выбор того «языка», на котором формулируется модель, то есть того математического аппарата, который будет использоваться (горизонтальная пунктирная линия на Рис. 2 является условной границей между реальностью и моделями). Как правило, этот этап характеризуется высоким уровнем абстрагирования – выбираемый класс моделей намного шире, чем моделируемый объект. Возможной ошибкой, которую можно совершить на этом шаге, является выбор неадекватного языка описания.

Следующим этапом по уровню детализации является построение множества частных моделей, при переходе к которым вводятся те или иные предположения относительно свойств параметров модели. Возникающие здесь ошибки описания структуры модели могут быть вызваны неправильными

представлениями о свойствах элементов моделируемой системы и их взаимодействии.

После задания структуры модели посредством выбора определенных значений параметров (в том числе – числовых) происходит переход к некоторой конкретной модели, которая считается аналогом моделируемого объекта. Источник возникающих на этом этапе «ошибок измерения» очевиден, хотя он и имеет достаточно сложную природу и заслуживает отдельного обсуждения.

Когда для конкретной модели решается задача выбора оптимальных решений, то, если существует аналитическое решение для множества частных моделей, тогда, как правило, частные значения параметров, соответствующие конкретной модели, подставляются в это решение. Если аналитического решения не существует, то оптимальное решение ищется посредством имитационных экспериментов с привлечением вычислительной техники. На этом этапе – при численных расчетах – возникают *вычислительные ошибки*.

Изучение *устойчивости* решений в большинстве случаев сводится к исследованию зависимости оптимального решения от параметров модели. Если эта зависимость является непрерывной, то малые ошибки в исходных данных приведут к небольшим изменениям оптимального решения. Тогда, решая задачу выбора по приближенным данным, можно обоснованно говорить о нахождении приближенного решения.

Обсудим теперь, что следует понимать под *адекватностью модели*. Для этого вернемся к Рис. 2. Оптимальное решение, полученное для конкретной модели, является оптимальным в том смысле, что при его использовании поведение модели соответствует предъявляемым требованиям. Рассмотрим, насколько обоснованным является использование этого решения в реальной системе – моделируемом объекте.

Наблюдаемое поведение модели является с точки зрения субъекта, осуществляющего моделирование (например, полагающего, что модель адекватна), предполагаемым поведением реальной системы, которое в отсутствии «ошибок моделирования» будет оптимально в смысле выбранного критерия эффективности. Понятно, что в общем случае наблюдаемое поведение реальной системы и ее ожидаемое поведение могут различаться достаточно

сильно. Следовательно, необходимо исследование адекватности модели, то есть – устойчивости поведения реальной системы относительно ошибок моделирования (см. Рис. 2).

Действительно, представим себе следующую ситуацию. Пусть построена модель и найдено оптимальное в ее рамках решение. А что будет, если параметры модели «немного» отличаются от параметров реальной системы? Получается, что задача выбора решалась не для «той» системы. Отрицать такую возможность, естественно, нельзя. Поэтому необходимо получить ответы на следующие вопросы:

- насколько оптимальное решение чувствительно к ошибкам описания модели, то есть, будут ли малые «возмущения» модели приводить к столь же малым изменениям оптимального решения (задача анализа устойчивости);

- будут ли решения, обладающие определенными свойствами в рамках модели (например, оптимальность, эффективность не ниже заданной и т.д.), обладать этими же свойствами и в реальной системе, и насколько широк класс реальных систем, в которых данное решение еще обладает этими свойствами (задача анализа адекватности).

Качественно, основная идея, используемая на сегодняшний день в математическом моделировании, заключается в следующем [66]. Применение оптимальных решений приводит к тому, что они, как правило, оказываются неоптимальными при малых вариациях параметров модели. Возможным путем преодоления этого недостатка является расширение множества «оптимальных» решений за счет включения в него так называемых *приближенных решений* (то есть, рациональных, «немного худших», чем оптимальные). Оказывается, что ослабление определения «оптимальность» позволяет, установив взаимосвязь между возможной неточностью описания модели и величиной потерь в эффективности решения, гарантировать некоторый уровень эффективности множества решений в заданном классе реальных систем, то есть расширить область применимости решений за счет использования менее эффективных из них. Иными словами, вместо рассмотрения фиксированной модели реальной системы, необходимо исследовать семейство моделей.

Приведенные качественные рассуждения свидетельствуют, что существует определенный дуализм между эффективностью решения и областью его применимости (областью его устойчивости и/или областью адекватности).

В качестве отступления отметим, что этот эффект характерен не только для математических моделей, но и для различных отраслей науки. С точки зрения разделения наук на науки сильной и слабой версии (см. [67]), эту закономерность можно сформулировать следующим образом: более «слабые» науки вводят самые минимальные ограничивающие предположения (а то и не вводят их вовсе) и получают наиболее размытые результаты, «сильные» же науки наоборот – вводят множество ограничивающих предположений, используют специфические научные языки, но и получают более четкие и сильные (и, зачастую, более обоснованные) результаты, область применения которых весьма заужена (четко ограничена введенными предположениями).

Вводимые предположения (условия) ограничивают область применимости (адекватности) следующих из них результатов. Например, в области управления социально-экономическими системами математика (исследование операций, теория игр и т.д.) дает эффективные решения, но область их применимости (адекватности) существенно ограничена теми четкими предположениями, которые вводятся при построении соответствующих моделей. С другой стороны, общественные и гуманитарные науки, также исследующие управление социально-экономическими системами, почти не вводят предположений и предлагают «универсальные рецепты» (то есть область применимости, адекватности широка), но эффективность этих «рецептов» редко отличается от здравого смысла или обобщения позитивного практического опыта. Ведь без соответствующего исследования нельзя дать никаких гарантий, что управленческое решение, оказавшееся эффективным в одной ситуации, будет столь же эффективным в другой, пусть даже очень «близкой», ситуации.

Поэтому можно условно расположить различные науки на плоскости «Обоснованность результатов» – «Область их применимости (адекватности)» и сформулировать (опять же условно, по аналогии с принципом неопределенности В. Гейзенберга) следую-

щий «*принцип неопределенности*» [109]: текущий уровень развития науки характеризуется определенными совместными ограничениями на «*обоснованность*» результатов и их общность – см. Рис. 4. Иначе говоря, условно скажем, что «произведение» областей применимости и обоснованности результатов не превосходит некоторой константы – увеличение одного «сомножителя» неизбежно приводит к уменьшению другого.



Рис. 4. Иллюстрация «Принципа неопределенности»

Сказанное вовсе не означает, что развитие невозможно – каждое конкретное исследование является продвижением либо в сторону повышения «обоснованности», общности, либо/и расширения области применимости (адекватности). Ведь вся история развития науки в целом является иллюстрацией сдвига кривой, приведенной на Рис. 4, вправо и вверх (увеличением константы, фигурирующей в правой части неравенства)!

Возможно и другое объяснение – «ослабление» наук происходит по мере усложнения объекта исследования. С этой позиции можно сильные науки назвать еще и «простыми», а слабые – «сложными» (по сложности объекта исследования). Условно, граница между ними это – живые системы (биология). Изучение отдельных систем организма (анатомия, физиология и т.п.) еще тяготеет к сильным наукам (эмпирика подтверждается повторяемыми опытами и обосновывается более «простыми» науками – биофизикой, биохимией и т.п.), поэтому на ее базе возможны и формальные построения, как в физике и химии. Далее при изучении живых систем опыты в классическом понимании (воспроизводимость и др.) становятся все более затруднительными. А затем, при переходе к человеку и социальным системам, и вовсе становятся практически невозможными.

Отобранные и проверенные на устойчивость и адекватность модели становятся основой для последнего, решающего этапа стадии моделирования – выбора модели для дальнейшей реализации.

ВЫБОР (ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ). Выбор одного или нескольких оптимальных (или рациональных) решений является последним и, пожалуй, наиболее ответственным этапом стадии моделирования, его завершением.

Выбор является действием, придающим всей деятельности целенаправленность. Именно выбор реализует подчиненность всей деятельности определенной цели. Рано или поздно наступает момент, когда дальнейшие действия могут быть различными, приводящими к разным результатам, а реализовать можно только одно. Причем вернуться к исходной ситуации, как правило, уже невозможно.

Способность сделать правильный выбор в таких условиях – ценное качество, которое присуще разным людям в разной степени. Великие полководцы, политики, ученые и инженеры, талантливые администраторы отличались и отличаются от своих коллег-конкурентов, в первую очередь, умением делать лучший выбор, принимать правильное решение.

В системном анализе *выбор (принятие решения)* [88 и др.] определяется как действие над множеством альтернатив, в результате

которого получается подмножество выбранных альтернатив (обычно это один вариант, одна альтернатива, но не обязательно). При этом выбор тесно связан с *оптимизацией*, так как последняя есть ни что иное, как выбор оптимальной альтернативы.

Каждая ситуация выбора может разветвляться в разных вариантах:

- оценка альтернатив для выбора может осуществляться по одному или нескольким критериям, которые, в свою очередь, могут иметь как количественный, так и качественный характер;

- режим выбора может быть однократным (разовым) или повторяющимся;

- последствия выбора могут быть точно известны (выбор в условиях определенности), иметь вероятностный характер (выбор в условиях риска), или иметь неопределенный исход (выбор в условиях неопределенности);

- ответственность за выбор может быть односторонней (в частном случае индивидуальной – например, ответственность директора организации, учреждения) или многосторонней (например, когда за решение несут ответственность несколько субъектов);

- степень согласованности целей при многостороннем выборе может варьироваться от полного совпадения интересов сторон до их полной противоположности (выбор в конфликтной ситуации). Возможны также промежуточные случаи, например, компромиссный выбор, коалиционный выбор, выбор в условиях конфликта и т.д.

Получить первоначальное представление о математических моделях выбора (принятия решений) можно из [38, 58, 88, 95].

Как правило, выбор рационального варианта основывается на последовательном сокращении числа рассматриваемых вариантов за счет анализа и отбрасывания неконкурентоспособных по различным соображениям и показателям альтернатив. При выборе альтернатив следует иметь в виду, что цели могут быть подразделены по их приоритетности на:

- цели, достижение которых определяет успех проекта;
- цели, которыми частично можно пожертвовать для достижения целей первого уровня;
- цели, имеющие характер дополнения.

В любом случае выбор (принятие решения) является процессом субъективным, и лицо (лица), принимающие решение, должны нести за него ответственность. Поэтому в целях преодоления (уменьшения) влияния субъективных факторов на процесс принятия решения используются методы *экспертизы* [58, 59, 98].

1.3. Управление

Переходя к разговору об управлении проектами, нужно корректно определить, что понимается под управлением. Для этого приведем ряд распространенных определений:

Управление – «элемент, функция организованных систем различной природы: биологических, социальных, технических, обеспечивающая сохранение их определенной структуры, поддержание режима деятельности, реализацию программы, цели деятельности. [106, С. 704; 102, С. 1252]».

Управление – «направление движением кого/чего-нибудь, руководство действиями кого-нибудь» [100, С. 683].

Управление – «воздействие на управляемую систему с целью обеспечения требуемого ее поведения» [78, С. 9].

Существует и множество других определений, в соответствии с которыми управление определяется как: элемент, функция, воздействие, процесс, результат, выбор и т.п.

Мы не будем претендовать на то, чтобы дать еще одно определение, а лишь подчеркнем, что, если управление осуществляет субъект⁵, то управление следует рассматривать как деятельность. Такой подход: управление – вид практической деятельности⁶

⁵ Этим исключаются из рассмотрения ситуации, в которых управление осуществляет техническая система (так как деятельность имманентна только человеку).

⁶ Трактовка управления как одной из разновидностей практической деятельности кажется неожиданной. Ведь управление традиционно воспринимается как нечто «высокое» и очень общее, однако деятельность управленца организована так же (по тем же общим законам), как и деятельность любого специалиста-практика: учителя, врача, инженера и т.д. Более того, иногда «управление» (управленческая деятельность)

(управленческая деятельность), многое ставит на свои места – объясняет «многогранность» управления и примиряет между собой различные подходы к определению этого понятия.

Поясним последнее утверждение. Если управление – это деятельность, то осуществление этой деятельности является функцией управляющей системы, процесс управления соответствует процессу деятельности, управляющее воздействие – ее результату и т.д.

Другими словами, в организационных (социально-экономических) системах (где и управляющий орган и управляемая система являются субъектами – см. Рис. 6) управление является деятельностью по организации деятельности [67].

Уровень рефлексии можно наращивать и дальше: с одной стороны, в многоуровневой системе управления деятельность топ-менеджера можно рассматривать как деятельность по организации деятельности его непосредственных подчиненных, которая заключается в организации деятельности их подчиненных и т.д. С другой стороны, многочисленная армия консультантов (речь идет, прежде всего, об *управленческом консалтинге* – быстро разросшемся в последние годы институте консультантов, консалтинговых, аудиторских и других фирмах) представляет собой специалистов по организации управленческой деятельности.

Постановка и технология решения задач управления. Обсудим качественно общую постановку задачи управления некоторой системой. Пусть имеется управляющий орган (*субъект управления*) и управляемая система (*объект управления*). Состояние управляемой системы зависит от внешних воздействий, воздействий со стороны управляющего органа (управления) и, быть может (если объект управления активен, то есть также является субъектом), действий самой управляемой системы – см. Рис. 5. Задача управляющего органа заключается в том, чтобы осуществить такие управляющие воздействия (жирная линия на Рис. 5), чтобы с учетом информации о внешних воздействиях (пунктирная линия на

и «организация» (как процесс, то есть деятельность по обеспечению свойства организации) рассматриваются рядоположенно, но и в этом случае методология как учение об организации определяет общие закономерности управленческой деятельности.

Рис. 5) обеспечить требуемое с его точки зрения состояние управляемой системы.

Отметим, что приведенная на Рис. 5 так называемая входо-выходная структура является типичной для *теории управления*, изучающей задачу управления системами различной природы.

На Рис. 5 представлен простейший двухуровневый «кирпичик» структуры любой сложной многоуровневой иерархической системы управления. Действительно, например, в *технических системах* техническая система управляет технической системой – см. Рис. 6. В *человеко-машинных системах* человек (субъект управления) осуществляет управление технической системой. В *организационных системах* люди руководят людьми. В *организационно-технических системах* (ОТС) имеют место все три вида взаимодействия.

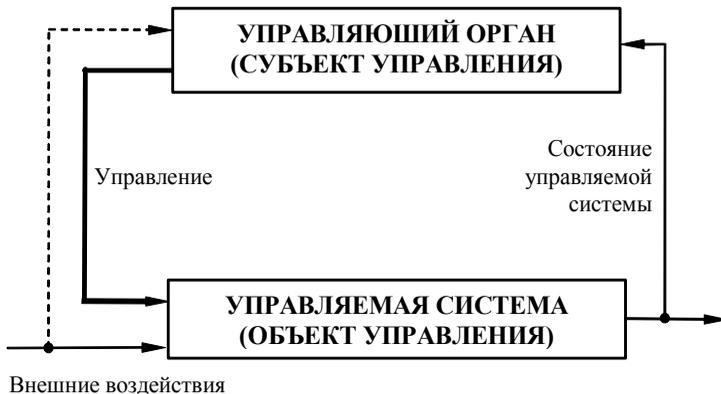


Рис. 5. Структура системы управления

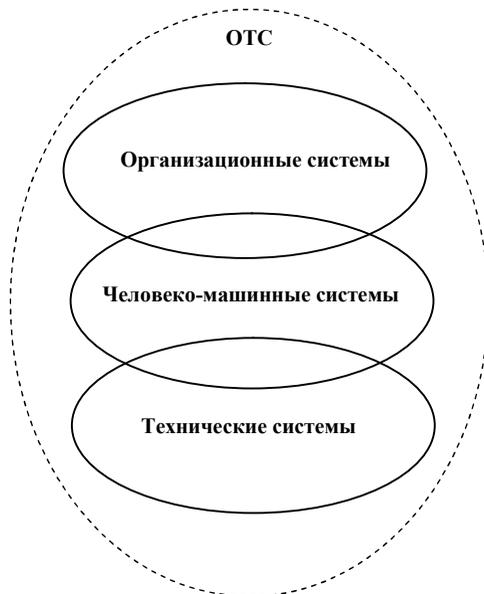


Рис. 6. Виды систем в зависимости от субъекта и объекта управления

Если подойти чуть более формально, то можно считать, что предпочтения управляющего органа, описываемые *критерием эффективности функционирования управляемой системы*, зависят от состояния управляемой системы и, быть может, от самих управляющих воздействий. Если известна зависимость состояния управляемой системы от управления (а для поиска и исследования этой зависимости субъект управления может использовать ту или иную модель объекта управления – см. обсуждение *моделирования* выше), то получаем зависимость эффективности функционирования управляемой системы от управляющих воздействий. Этот критерий называется *критерием эффективности управления*. Следовательно, задача управления формально может быть сформулирована следующим образом: найти допустимые управляющие воздействия, имеющие максимальную эффективность (такое управление называется *оптимальным управлением*). Для этого нужно решить задачу *оптимизации* – осуществить *выбор* оптимального управления (оптимальных управляющих воздействий).

Мы привели в самом общем виде формулировку задачи управления. Для того чтобы понять, как эта задача ставится и решается в каждом конкретном случае, рассмотрим общую *технология* постановки и решения задачи *управления*, охватывающую все этапы, начиная с построения модели и заканчивая анализом эффективности внедрения результатов моделирования на практике (см. Рис. 7, на котором в целях наглядности опущены обратные связи между этапами).



Рис. 7. Технология постановки и решения (теоретического и практического) задач управления

Первый этап – построение модели – заключается в описании моделируемой системы в формальных терминах.

Второй этап – *анализ* модели (исследование поведения управляемой системы при различных управляющих воздействиях). Решив задачу анализа, можно переходить к третьему этапу – решению, во-первых, *прямой задачи управления*, то есть задачи *синтеза* оптимальных управляющих воздействий, заключающейся в поиске допустимых управлений, имеющих максимальную эффективность, и, во-вторых, *обратной задачи управления* – поиска множества допустимых управляющих воздействий, переводящих управляемую систему в заданное состояние. Следует отметить, что, как правило, именно этот этап решения задачи управления вызывает наибольшие теоретические трудности и наиболее трудоемок с точки зрения исследователя.

Имея набор решений задачи управления, необходимо перейти к четвертому этапу, то есть исследовать их устойчивость. Исследование устойчивости подразумевает решение, как минимум, двух задач. Первая задача заключается в изучении зависимости оптимальных решений от параметров модели, то есть является задачей анализа *устойчивости решений* (см. выше). Вторая задача специфична для математического моделирования. Она заключается в теоретическом исследовании *адекватности модели* реальной системе, которое подразумевает изучение эффективности решений, оптимальных в модели, при их использовании в реальных системах, которые могут в силу ошибок моделирования отличаться от модели – см. Рис. 2 и обсуждение выше.

Итак, перечисленные четыре этапа заключаются в общем теоретическом изучении модели. Для того чтобы использовать результаты теоретического исследования при управлении реальной системой, необходимо произвести настройку модели, то есть *идентифицировать* моделируемую систему и провести серию *имитационных экспериментов* – соответственно пятый и шестой этапы. Этап имитационного моделирования во многих случаях необходим по нескольким причинам. Во-первых, далеко не всегда удается получить аналитическое решение задачи синтеза оптимального управления и исследовать его зависимость от параметров модели. При этом имитационное моделирование может служить

инструментом получения и оценки решений. Во-вторых, имитационное моделирование позволяет проверить справедливость гипотез, принятых при построении и анализе модели, то есть дает дополнительную информацию об адекватности модели без проведения натурального эксперимента. И, наконец, в-третьих, использование деловых игр и имитационных моделей в учебных целях позволяет участникам системы освоить и апробировать предлагаемые механизмы управления.

Завершающим является седьмой этап – этап внедрения, на котором производится обучение, внедрение результатов в реальной системе с последующей оценкой эффективности их практического использования, коррекцией модели и т.д.

Обсудив технологию управления, в завершение настоящей главы отметим, что получить первоначальное представление об общих подходах к решению теоретических задач управления техническими системами можно в [53], социально-экономическими и организационными системами – в [43, 78, 90, 109], медико-биологическими системами – в [1, 83].

Глава 2. Управление проектами

В настоящей главе приводятся общие сведения об управлении проектами. В том числе – классификация проектов; специфика управления портфелями проектов в организации. Кратко описываются такие разделы теории управления проектами, как: календарно-сетевое планирование и управление, «методология» управления проектами, информационные системы управления проектами. Отдельно обсуждается роль управления знаниями.

2.1. Проекты и управление проектами

Как отмечалось выше, *«проект – это ограниченное во времени целенаправленное изменение отдельной системы с установленными требованиями к качеству результатов, возможными рамками расхода средств и ресурсов и специфической организацией»* [19].

Строительство дома, запуск человека в космос, написание книги, создание новой фирмы, обновление производственного оборудования, проведение научной конференции – все это примеры проектов.

Классификация проектов. Для удобства анализа проектов и систем управления проектами множество разнообразных проектов может быть классифицировано по различным основаниям. Ниже приведена система классификаций по [19]:

Тип проекта (по основным сферам деятельности, в которых осуществляется проект): технический, организационный, экономический, социальный, образовательный, инвестиционный, инновационный, научно-исследовательский, учебный, смешанный.

Класс проекта. В зависимости от масштаба (в порядке его возрастания) и степени взаимозависимости выделяют следующие виды целенаправленных изменений:

- *работы* (операции);
- *пакеты работ* (комплексы технологически взаимосвязанных операций);

- *проекты*;
- *мультипроекты* (мультипроект – проект, состоящий из нескольких технологически зависимых проектов, объединенных общими ресурсами) [17];

- *программы* (программа – комплекс операций (мероприятий, проектов), увязанных технологически, ресурсно и организационно и обеспечивающих достижение поставленной цели [93]);

- *портфели проектов* (набор не обязательно технологически зависимых проектов, реализуемый организацией в условиях ресурсных ограничений и обеспечивающий достижение ее стратегических целей) [48, 62].

Для описания каждого из перечисленных элементов необходимо учитывать цели, ресурсы, технологию деятельности и механизмы управления. Каждый из этих аспектов является определяющим для соответствующего класса целенаправленных изменений:

- для мультипроекта существенным является наличие технологических ограничений (накладываемых на взаимосвязь входящих в него работ и подпроектов) и ресурсных ограничений;

- для программы существенным (системообразующим) является достижение цели при существующих ресурсных ограничениях;
- для портфеля проектов существенным является использование единых механизмов управления (портфель проектов всегда рассматривается «в привязке» к реализующей его организации), позволяющих наиболее эффективно достигать стратегических целей организации с учетом ресурсных ограничений.

Длительность проекта (по продолжительности периода осуществления проекта): краткосрочные (до 3-х лет), среднесрочные (от 3-х до 5-ти лет), долгосрочные (свыше 5-ти лет).

Сложность проекта (по степени сложности): простые, сложные, очень сложные.

Каждый проект от возникновения идеи до полного своего завершения проходит ряд ступеней своего развития. Полная совокупность ступеней развития образует *жизненный цикл* проекта. Жизненный цикл принято разделять на *фазы*, фазы на *стадии*, стадии на *этапы* [88].

Здесь нам необходимо еще раз специально оговорить, во избежание дальнейшей возможной путаницы отличие понятий проект и проектирование. *Проектирование* – это начальная фаза проекта. Действительно, любая *продуктивная деятельность*, любой проект требуют своего целеполагания – проектирования. В практической деятельности осуществляется проектирование экономических, социальных, технических, экологических и т.д. систем. Проектируется и любое научное исследование, и любое художественное произведение [67].

Перейдем к следующему понятию – «технология». Современное понимание: *технология* – это система условий, форм, методов и средств решения поставленной задачи [67]. Такое понимание технологии пришло в широкий обиход из сферы производства в последние десятилетия. А именно тогда, когда в развитых странах стали выделяться в отдельные структуры фирмы-разработчики ноу-хау: новых видов продукции, материалов, способов обработки и т.д. Эти фирмы стали продавать фирмам-производителям лицензии на право выпуска своих разработок, сопровождая эти лицензии детальным описанием способов и средств производства – технологиями.

Естественно, любой проект реализуется определенной совокупностью технологий.

Важнейшую роль в организации продуктивной деятельности играет *рефлексия* – постоянный анализ целей, задач процесса, результатов (см. подробности в [67], а математические модели рефлексии – в [80]).

Все виды человеческой деятельности (научная, практическая, учебная и художественная деятельность [67]) могут рассматриваться в логике категории проекта на триединстве **фаз проекта**:

- ФАЗЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ;
- ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ФАЗЫ;
- РЕФЛЕКСИВНОЙ ФАЗЫ.

Управление проектами. Под *управлением проектами* (УП), согласно [96], будем понимать совокупность процессов по планированию, координации и контролю работ для реализации целей проектов с учетом ограничений на ресурсы, бюджет и требований качества. В более широком смысле под управлением проектами понимается применение знаний, практического опыта, инструментальных средств и методов для удовлетворения потребностей заинтересованных лиц проекта.

Участники проекта – это физические лица и организации, которые непосредственно вовлечены в проект или чьи интересы могут быть затронуты при осуществлении проекта. Состав участников проекта, их роли, распределение функций и ответственности зависят от типа, вида, масштаба и сложности проекта и от того, на какой стадии/фазе жизненного цикла находится проект в данный момент времени. Как правило, основными (ключевыми) участниками проекта являются:

Заказчик – главная сторона, заинтересованная в осуществлении проекта и достижении его результатов, будущий владелец и пользователь результатов проекта. Заказчик определяет основные требования и масштабы проекта, обеспечивает финансирование проекта за счет своих средств или средств привлекаемых инвесторов, заключает контракты с основными исполнителями проекта, несет ответственность по этим контрактам, управляет процессом взаимодействия между всеми участниками проекта.

Клиент – индивидуум или организация, которая будет использовать продукты проекта. Это могут быть также группы клиентов.

Спонсор – индивидуум или группа, которая обеспечивает финансовые, материальные, человеческие и другие ресурсы для осуществления проекта.

Руководитель (менеджер) проекта – физическое лицо, которому делегируются полномочия по руководству всеми работами по осуществлению проекта: планированию, контролю и координации работ всех участников проекта. Он является персонально ответственным за осуществление проекта.

Команда проекта – специфическая организационная структура, совокупность отдельных лиц, групп и/или организаций, привлеченных к выполнению работ проекта и ответственных перед руководителем проекта за их выполнение. Создается целевым образом на период осуществления проекта. Главная задача команды проекта – выполнение работ по проекту, осуществление функций координации действий и согласование интересов всех участников проекта для достижения целей проекта.

Подчеркнем отличие команды от коллектива. Под *командой* понимается «коллектив (объединение людей, осуществляющих совместную деятельность и обладающих общими интересами), способный достигать цели автономно и согласованно, при минимальных управляющих воздействиях» [78, С. 315]. Существенными в определении команды являются два аспекта. Первый – достижение цели, то есть, конечный результат совместной деятельности является для команды объединяющим фактором. Второй аспект – автономность и согласованность деятельности – означает, что каждый из членов команды не только демонстрирует поведение, требуемое в данных условиях (позволяющее достичь поставленной цели), но это есть именно то поведение, которого от него ожидают другие члены команды.

Рассмотрим кратко основные разделы теории управления проектами (см. введение).

2.2. Календарно-сетевое планирование и управление

Управление проектами (УП), как раздел теории управления, имеет продолжительную историю – начиная с 50-х годов прошлого века (появление метода *критического пути* – см. выше) и заканчивая современными механизмами и технологиями управления проектами.

Программа реализации модели системы на практике (в данном случае программа рассматривается не в смысле крупного проекта, а в традиционном смысле – как содержание и план действий [102]) – это конкретный *план* действий по реализации модели в определенных условиях и в установленные (определенные) сроки.

Построение программы начинается с операции «определения основных *вех*» [60]. Определение *вех* составляет начальную, наиболее обобщенную часть программы, которая потом развертывается в укрупненный и, наконец, в детальный план.

При определении *вех* используется информация о *ключевых точках*, состояниях, через которые будет проходить процесс реализации проекта. *Вехи* отмечают существенные, определяющие дальнейший ход развития процесса точки перехода. Поэтому *вехи* позволяют решать проблемы контроля реализации проекта, составляя набор естественных контрольных точек. При анализе выполнения работ *вехи* становятся эффективным средством управления (самоуправления), помогающим понять, на каком этапе находится процесс реализации проекта, оценить, достигнуты ли основные показатели состояния и сколько осталось времени, средств и конкретных работ до завершения проекта. *Вехи* не имеют продолжительности. Они используются в качестве дискретной шкалы, которая имеет всего две оценки – «выполнено» или «не выполнено». Так, например, при принятии решений по финансированию очередного этапа выполнения работ по договору *вехи* используются для оценки завершенности работ.

Когда основные *вехи* определены, приступают к детальному планированию процесса реализации системы.

Детальное планирование – это разработка детального графика (графиков в случае сложного проекта) выполнения работ по реали-

зации системы. Детальный график, независимо от размеров проекта и его сложности, должен включать:

- все ключевые события и даты;
- точную последовательность работ. Логика их выполнения должна быть зафиксирована с помощью *сетевого графика*, который позволяет проследить все виды зависимостей между работами и взаимосвязь событий реализации;

- график служит основой для определения этапов и прочих временных интервалов по реализации системы. Кроме того, он позволяет при необходимости определять потребности в ресурсах для каждой из частей, фрагментов или событий процесса реализации системы.

Форма представления графика, естественно, произвольна. Но она должна быть удобна для пользования, в том числе – наглядна и понятна для всех участников реализации системы.

Метод сетевого планирования. При разработке детального графика реализации системы наиболее удобным и часто используемым является метод сетевого планирования. Суть его заключается в построении сетевого графика, являющегося графическим отображением всех работ по реализации системы и зависимостей (в том числе временных и «пространственных») между ними. Сетевые графики строятся в виде *графа* (см. краткое описание областей прикладного использования теории графов выше) – множества вершин, соответствующих работам, и связывающих их линий, представляющих взаимосвязи между работами: например, работа «Б» не может начаться раньше, чем завершится работа «А» (см. Рис. 8, а также описание диаграмм Ганта – Рис. 9) [16].

Основная цель работы с сетевым графиком заключается в том, чтобы сократить до минимума продолжительность проекта (время реализации системы), в первую очередь – за счет выделения и минимизации так называемого «*критического пути*». Максимальный по продолжительности путь в сети, связывающий начальную (вершина «А» на Рис. 8) и конечную вершину (вершина «Д» на Рис. 8), называется критическим. Работы, лежащие на этом пути, также называются критическими. Именно длительность критического пути определяет наименьшую общую продолжительность реализации проекта в целом.

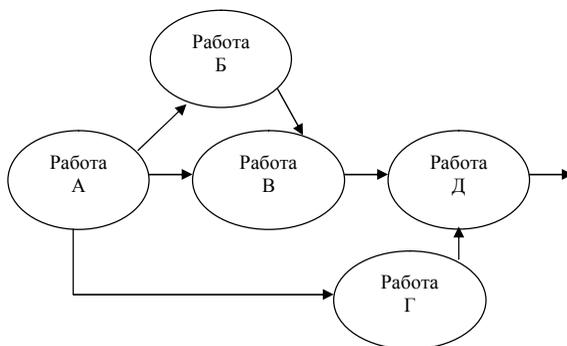


Рис. 8. Фрагмент сетевого графика

Длительность процесса реализации проекта может быть сокращена за счет сокращения длительности работ, лежащих на критическом пути. Соответственно, любая задержка выполнения работ критического пути повлечет увеличение длительности проекта. При этом анализу подлежат не только работы критического пути, но в той или иной степени близкие к нему, так как подобные работы даже при самом незначительном изменении графика могут стать критическими и существенно изменить сроки реализации системы. Для оптимизации сетевых графиков применяют методы *календарно-сетевого планирования и управления* (КСПУ), основная идея которых заключается в следующем. Предположим, что время выполнения работ зависит от задействованных на них ресурсов. Количество ресурсов ограничено. Требуется решить оптимизационную задачу – распределить ограниченные ресурсы между работами проекта таким образом, чтобы он был завершен за минимальное время. Методы решения этой и подобных задач подробно описаны в [16, 23, 28, 36, 49].

При разработке детального графика реализации спроектированной системы удобно также использовать так называемую *диаграмму Ганта* – горизонтальную линейную диаграмму, на которой задачи реализации системы представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися календарными датами начала и окончания выполнения работ, а также, возможно, другими временными параметрами и, быть может, указанием взаимосвязи

работ, используемых в них ресурсов и т.д. Пример диаграммы Ганта для такого организационного проекта, как проведение научной конференции, приведен на Рис. 9.

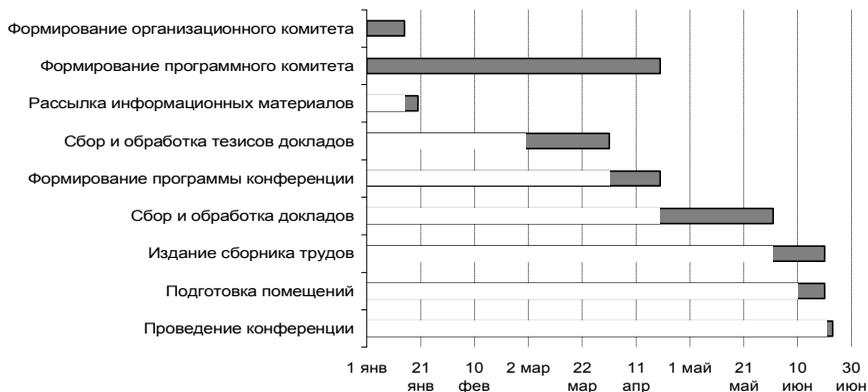


Рис. 9. Временной график организации научной конференции (диаграмма Ганта)

На Рис. 9 работы изображены горизонтальными прямоугольниками, пунктиром обозначены временные этапы. Здесь важно подчеркнуть то обстоятельство, что исполнители по тем работам, которые невозможно начать сразу, не дождавшись результатов предыдущих работ, не должны ждать, ничего не предпринимая. Они могут плодотворно использовать это время для планирования своей деятельности. Кроме того, несколько работ могут выполняться параллельно, если для этого хватает ресурсов.

Существенная особенность составления сетевого графика заключается в том, что он планируется с обеих сторон – и с начала, и с конца. Руководитель проекта, определив список работ (обеспечивающих достижение цели проекта), первым делом задается вопросами: когда следует получить все необходимые результаты (с учетом взаимозависимости работ), и когда могут быть реально получены эти результаты. И затем от баланса этих сроков в первом приближении прикидывается, в какой последовательности выпол-

нять работы, когда следует начинать ту или иную работу, и когда она должна закончиться.

На сегодняшний день классические методы КСПУ получили значительное развитие. Это и обобщенные альтернативные стохастические сети [29], и методы сетевого программирования [22], и др. Получить первоначальное представление о современном состоянии дел в этой области можно на основании монографии [63].

2.3. «Методология» управления проектами

Согласно [97], накопление опыта по управлению проектами позволило стандартизировать *терминологию* и выделить ряд процессов управления проектами, считающихся *успешной практикой*. Успешная практика предполагает, что существует общее мнение относительно того, что применение этих процессов управления проектом в соответствующих внешних условиях повышает шансы на успех. Также для этих процессов определена последовательность их выполнения, необходимая входная информация, инструменты, с помощью которых реализуется каждый процесс, методы реализации, а также результаты каждого процесса. Эти процессы относятся к управлению:

- содержанием проекта;
- сроками проекта;
- стоимостью проекта;
- качеством проекта;
- человеческими ресурсами проекта;
- коммуникациями проекта;
- рисками проекта;
- поставками проекта.

В [19] показано, что успешная реализация любого проекта требует последовательного решения следующих общих **задач**:

- 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 (персоналом);
- регулирование хода работ (оперативное управление, внесение корректив).

Перечисленные задачи могут быть успешно решены, если решены следующие *задачи управления проектами* (см. также Рис. 10):

- прогнозирование и оценка результатов;
- планирование;
- распределение ресурсов;
- стимулирование исполнителей;
- оперативное управление.

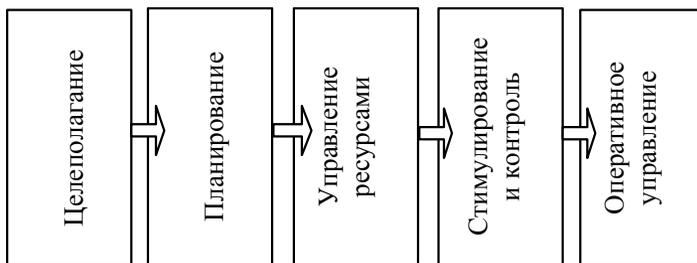


Рис. 10. Основные этапы управления проектами

Проект в целом и каждый из исполнителей в отдельности характеризуются следующими **показателями**:

- объем работ;
- качество работ;
- необходимые финансовые, материальные и др. ресурсы;
- состав участников (кадры);
- риск;
- сроки выполнения.

Каждый проект от зарождения идеи до завершения проходит ряд последовательных фаз, стадий и этапов. Их совокупность называется *жизненным циклом* проекта. Перечисление фаз стадий и этапов приведено выше.

С точки зрения управления проектами **структура проекта**⁷ включает:

- *структуру работ* (WBS – Works Breakdown Structure). Под структурой декомпозиции работ понимают иерархическую структуру, позволяющую разделить проект на отдельно либо совместно управляемые части – *пакеты работ*. Каждый нижестоящий уровень структуры представляет собой детализацию элемента более высокого уровня. Каждый пакет работ характеризуется объективным и измеримым результатом, а также ответственным за достижение этого результата. Пакеты работ могут соответствовать подцелям проекта (структура декомпозиции целей называется *деревом целей*). С помощью структуры декомпозиции работ описывается содержание проекта.

- *организационную структуру* (OBS – Organization Breakdown Structure), которая отражает иерархическую взаимную подчиненность участников проекта (руководителя проекта в целом, руководителей подпроектов/работ, исполнителей). Для проектной деятельности характерны матричные организационные структуры, в рамках которых каждый исполнитель одновременно подчинен нескольким руководителям – например, своему функциональному руководителю и руководителю проекта;

- *структуру ресурсов* (RBS – Resources Breakdown Structure), причем декомпозиция осуществляется как по видам ресурсов (условий осуществления деятельности: мотивационных, кадровых, материально-технических, научно-методических, финансовых, организационных, нормативно-правовых, информационных), так и по «количествам» ресурсов того или иного вида.

- *сетевой график*, который отражает логику и технологию выполнения работ (см. описание и Рис. 8 выше).

Отметим, что обычно используются сетевые графики нескольких уровней – от детального графика работ, до агрегированного графика основных подпроектов. При этом определенному уровню детализации сетевого графика соответствуют определенные уровни

⁷ Если речь идет о совокупности проектов, выполняемых организацией, то ей соответствует структура проектов организации – EPS (Enterprise Project Structure).

структуры работ, организационной структуры и структуры ресурсов.

Перечисленные структуры взаимосвязаны – см. Рис. 11: установление соответствия между WBS и OBS дает распределение ответственности⁸ тех или иных элементов оргструктуры за определенные работы (кто отвечает за выполнение каких работ), WBS и RBS – распределение ресурсов (какие ресурсы задействуются при выполнении каких работ), OBS и RBS – распределение полномочий (кто какими ресурсами распоряжается). Ответы на перечисленные вопросы необходимы для управления любым проектом.

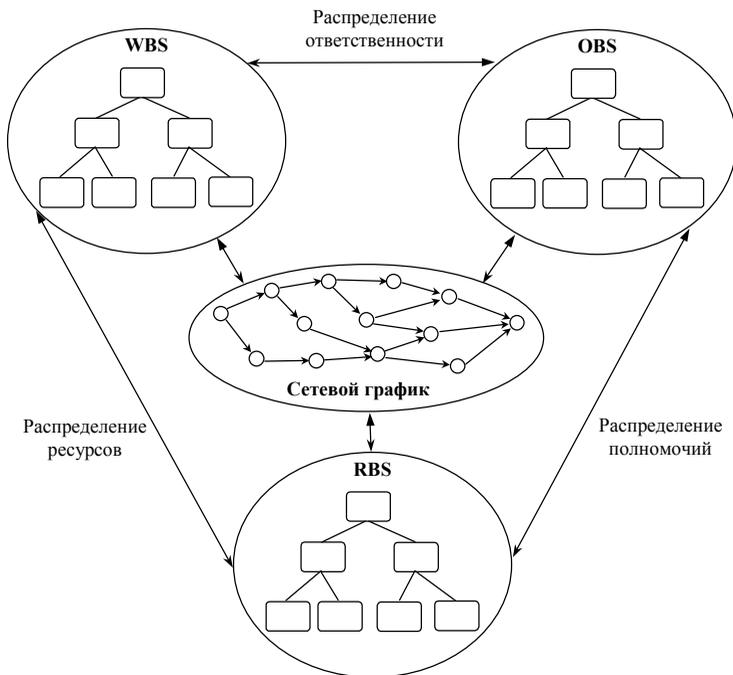


Рис. 11. Структуры проекта

⁸ Иногда используется термин «матрица ответственности».

2.4. Управление проектами в организации

Рассмотрим содержание понятия «организация». В соответствии с определением, данным в [106], *организация* – 1) внутренняя упорядоченность, согласованность взаимодействия более или менее дифференцированных и автономных частей целого, обусловленная его строением; 2) совокупность процессов или действий, ведущих к образованию и совершенствованию взаимосвязей между частями целого; 3) объединение людей, совместно реализующих некоторую программу или цель и действующих на основе определенных процедур и правил – см. Рис. 12.



Рис. 12. Определение «организации»

В настоящем разделе мы используем понятие «организация» в третьем своем значении⁹. Примерами являются предприятие, фирма, корпорация, школа и т.д.

Проектный и процессный подходы. Портфель проектов. По организации деятельности проекты отличаются от *технологических операций*. Операции постоянны и повторяемы, в то время как проекты временны и уникальны. Деятельность любой органи-

⁹ Необходимо отметить, что термин «организационные механизмы управления проектами» имеет достаточно широкий смысл – и механизмы управления проектами в организации; и механизмы управления, целью которых является организация (как результат); и механизмы управления, использующие процесс организации.

зации может состоять как из проектов, так и из операций, причем те и другие могут частично совпадать, перекрываться.

Характерными **признаками проекта** являются:

1) направленность на достижение конечных целей, определенных уникальных результатов;

2) координированное выполнение многочисленных взаимосвязанных работ с поуровневой детализацией по видам деятельности, ответственности, объемам и ресурсам;

3) ограниченная протяженность во времени, с определенными моментами начала и завершения;

4) ограниченность требуемых ресурсов;

5) специфическая организация управления.

Таким образом, ключевым отличием проектной деятельности от процессной деятельности (*процесс* – совокупность технологических операций, пример – предприятие, осуществляющее регулярную, повторяющуюся, цикличную деятельность, выпуская одну и ту же продукцию) является однократность, то есть нецикличность, проектной деятельности.

Естественно, некоторые частные виды деятельности внутри проекта могут носить циклический характер. С другой стороны, нарушение «регулярного» функционирование предприятия или организации может рассматриваться как совокупность проектов (например, увеличение объема производства, установка нового оборудования, захват новых рынков сбыта, реструктуризация и т.д.).

Так как проект – целенаправленное изменение некоторой системы, протекающее во времени, то для его описания можно использовать «проектную нотацию», делающую акцент на динамике, и «процессную нотацию», делающую акцент на устойчивых состояниях – выполнении стабильных работ (см. Рис. 13), причем «стыковка» процессов в моменты начала и завершения процессов (соответствующие точки называются *событиями, вехами* – см. выше) определяется логикой и технологией проекта (например, *сетевым графиком* – см. выше).

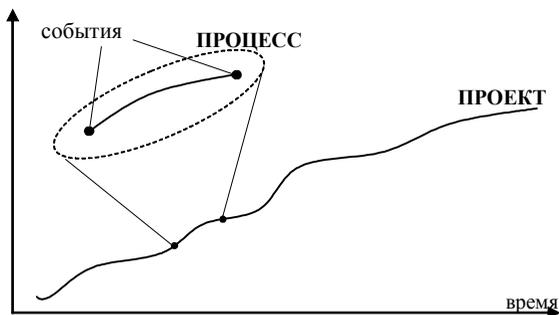


Рис. 13. Проектное и процессное представления деятельности (приоритет проекта)

Руководителей любого уровня смущает, а иногда и раздражает противопоставление процессного и проектного подхода в управлении. И тот, и другой нацелен на достижение результата с помощью выполнения некоторого набора работ (действий). Но в процессном подходе действия совершаются до достижения результата, а содержание и технология (последовательность действий), как правило, не меняются (деятельность осуществляется в практически неизменных внешних условиях). Так как процесс предполагает повторяемость и регулярность достижения результата, вероятность каких-то изменений минимальна. В проектном же подходе и технология, и содержание работ могут меняться, если результат недостижим или велика вероятность срыва графика. Кроме того, результаты предыдущих этапов могут стать основанием для разработки и изменения, не только графика, но и содержания последующих работ, что характерно для высокотехнологичных или научных проектов.

Если использовать эти подходы грамотно, то они только дополняют и усиливают, а не исключают друг друга. Тем не менее, их совместное использование предполагает нацеленность действий на разные по своей природе объекты, например, на систему управления проектами для процессного подхода и на сами проекты для проектного. Возможных вариантов их совместного использования

много, и каждый зависит от специфики проектов и организаций, их реализующих.

Любая организация или фирма, чтобы быть успешной на рынке, ставит перед собой стратегические цели обеспечения конкурентоспособности своих товаров, услуг, технологий и бизнес-процессов. Переход от стратегии к конкретным тактикам и действиям исполнителей в проектах может «пробуксовывать» из-за отсутствия регулярного механизма, который бы устанавливал нужные приоритеты. Эта проблема может быть успешно решена в рамках управления *портфелем проектов* – набором проектов (не обязательно технологически зависимых), реализуемым организацией в условиях ресурсных ограничений и обеспечивающим достижение стратегических целей – см. Рис. 14. При формировании портфеля удастся учесть стратегические цели и расставить нужные приоритеты для проектов, пакетов работ и самих работ, используя процессный подход. А затем успешно реализовать включенную в портфель совокупность проектов, также используя оба подхода [62].



Рис. 14. Связь стратегического планирования и управления проектами

Современная концепция управления проектами заключается в создании организаций, развитие, изменение деятельности, а иногда и сама деятельность которых может быть представлена как совокупность различных проектов, обеспечивающих достижение (именно в совокупности) стратегических целей организации. Такие организации становятся более конкурентоспособными по отношению к вертикально интегрированным предприятиям с их функциональной организацией деятельности, то есть ориентированной на стабильные специализированные процессы. Эта концепция ставит на одно из главных мест в системе управления предприятием так

называемый *офис управления проектами*¹⁰ (ОУП) [48], который координирует работу подразделений, отвечающих за обеспечение проектов критическими ресурсами, руководствуясь при этом корпоративными стратегией и политикой. ОУП участвует в отборе проектов, помогает в определении приоритетов в портфелях проектов и т.д.

Таким образом, проектный и процессный подход не противоречат друг другу. С одной стороны, в рамках современного проектно-технологического типа организационной культуры все больший приоритет приобретают проекты как завершённые циклы деятельности. С другой стороны, в условиях динамично меняющихся требований к результатам организации ее **деятельность является процессом постоянной реализации проектов** – см. Рис. 15.

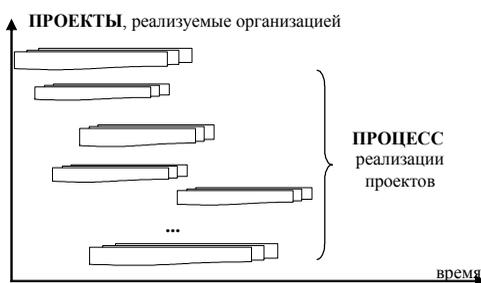


Рис. 15. Проектное и процессное представление деятельности (приоритет процесса)

Иллюстрацией этой тенденции является смещение акцентов в теории управления проектами с проблем управления отдельными проектами на проблемы управления портфелями проектов – см. Рис. 16.

¹⁰ ОУП – это «офис» (физический или виртуальный) – в состав которого входят специалисты в области управления проектами, выполняющие функции управления проектами в своей организации. Также ОУП является центром накопления знаний организации в области управления проектами.

ляции деятельности, а формой общественного устройства будет общество знаний (сейчас распространен термин «экономика знаний»). Об *управлении знаниями* речь кратко пойдет ниже.

Названия: «знаниевый тип организационной культуры», «общество знаний», «управление знаниями» и т.д. по нашему мнению неудачны, поскольку один из предшествующих типов организационной культуры – профессиональный (научный) – также базировался на научных знаниях. Но исторически эти термины уже получили широкое распространение. Поясним, что имеется в виду под знаниями в данном случае. В профессиональном (научном) типе организационной культуры ведущую роль играли научные знания, существующие и передающиеся в форме текстов. В данном же случае под знаниями подразумеваются знания людей (работников) и знания организаций: это высокий уровень образованности работников, наличие у них как научных знаний, так и знаний (умений) как действовать в стандартных и нестандартных ситуациях, высокий уровень развития креативных (творческих) способностей, свободное владение огромными массивами разнородной информации, способность к самоорганизации, к самоуправлению, к работе в командах и т.д.

2.5. Информационные системы управления проектами

Корпоративные информационные системы (КИС) обеспечивают поддержку принятия управленческих решений на основе автоматизации процессов, процедур и других способов осуществления деятельности крупной компании, организации или корпорации. КИС помогают, могут заменить и взять на себя большинство рутинных процессов, но далеко не все процессы принятия решений. В свою очередь, менеджмент без информационных систем, построенных на современных информационных технологиях, становится все менее эффективным.

В процессе реализации проекта менеджером приходится оперировать значительными объемами данных, которые могут быть собраны и организованы с использованием компьютера. Кроме

того, многие аналитические средства, например, пересчет графика работ с учетом фактических данных, ресурсный и стоимостной анализ подразумевают достаточно сложные для неавтоматизированного расчета алгоритмы. Поэтому возникает необходимость использования методов и средств автоматизации (*информационных систем*).

Целью информационной системы поддержки принятия решений является информационное обеспечение *принятия решений* при разработке и реализации проектов на основе современных технологий обработки информации. Основными функциями этих систем являются: сбор, передача и хранение данных; содержательная обработка данных в процессе решения функциональных задач управления проектами; представление информации в форме, удобной для принятия решений; доведение принятых решений до исполнителей.

В качестве основных потребителей информации проекта выступают: проект-менеджер (для анализа расхождений фактических показателей выполнения работ от запланированных и принятия решений по проекту); заказчик (для осведомленности о ходе выполнения работ проекта); поставщики (при возникновении потребности в материалах, оборудовании и т.п., необходимых для выполнения работ); проектировщики (когда необходимо внести изменения в проектную документацию); непосредственные исполнители работ на местах.

Информационная система управления проектом – организационно-технологический комплекс методических, технических, программных и информационных средств, ориентированных на поддержку и повышение эффективности процессов управления проектом. В частности, выделяют: персональные компьютерные системы и распределенные интегрированные системы.

Персональные компьютерные системы, оснащенные программным обеспечением для управления проектами, должны обеспечивать выполнение следующих функций: работа в многопроектной среде; разработка календарно-сетевых графиков выполнения работ; оптимизация распределения и учет ограниченных ресурсов; проведение анализа «что-если»; сбор и учет фактической информации о сроках, ресурсах и затратах, автоматизированной генера-

ции отчетов; планирование и контроль договорных обязательств; централизованное хранение информации по реализуемым и завершенным проектам и т.д.

Распределенные интегрированные системы в качестве основных инструментов используют: системы телекоммуникаций (передача цифровых данных по опτικο-волоконным кабелям, локально-вычислительные сети и т.д.); портативные компьютеры; программное обеспечение поддержки групповой работы, обеспечивающее: обмен электронной почтой; документооборот; групповое планирование деятельности; участие удаленных членов команды в интерактивных дискуссиях средствами поддержки и ведения обсуждений; проведение «мозгового штурма», давая возможность его участникам высказывать свои мнения с помощью компьютеров, подключенных к одному большому экрану.

Интегрированная информационная система управления проектами: объединяет данные из различных подразделений и организаций, относящихся к конкретному проекту; обеспечивает хранение, сбор, и анализ управленческой информации относительно степени достижения целей проекта; должна обеспечивать алгоритмы разрешения конфликтующих требований, возникающих по ходу обеспечения проекта; обеспечивает поддержку деловых взаимоотношений между исполнителями, временно объединенными в команду.

Структуру интегрированной информационной системы поддержки принятия решений во многом определяет структура принятых в рамках проекта и организации процессов управления. Как следствие, она может быть структурирована по: этапам проектного цикла; функциям; уровням управления. На Рис. 17 показан обобщенный жизненный цикл проекта и управленческие функции, связанные с различными стадиями и этапами проекта. Для поддержки различных управленческих функций используется разное информационное и *программное обеспечение* (ПО).

Для описания и анализа проекта на прединвестиционной стадии применяется специализированное ПО финансового анализа проектов, которое позволяет выполнить оценки основных показателей проекта в целом и обосновать эффективность капиталовложений.

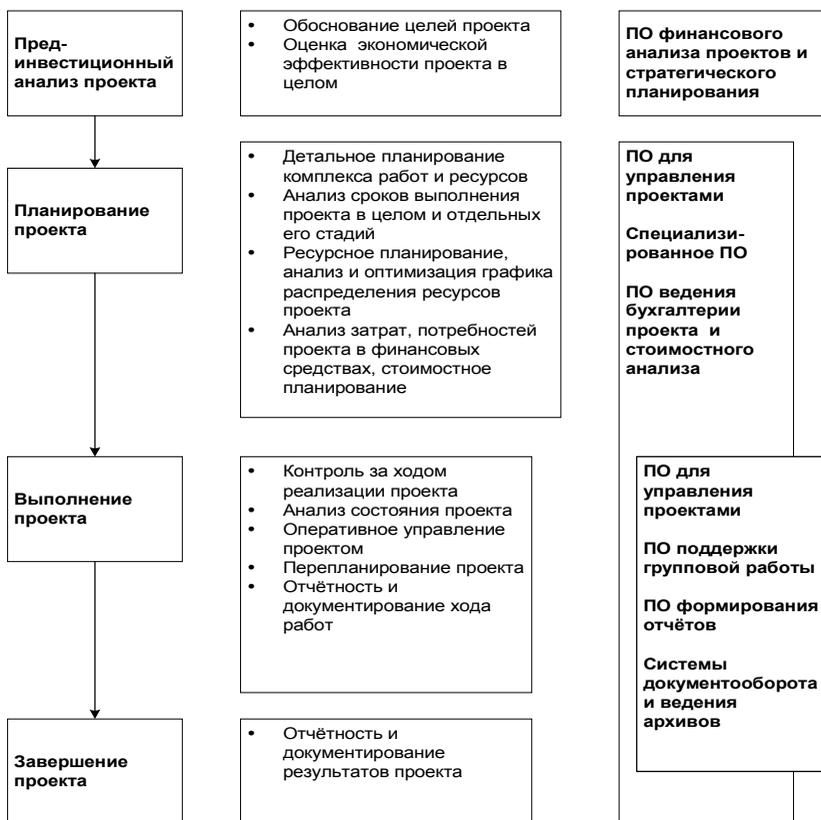


Рис. 17. Типы программного обеспечения для различных этапов проекта

Для детального планирования и контроля графика выполнения работ, отслеживания ресурсов и затрат проекта необходимо использовать ПО для управления проектами.

На стадии выполнения проекта необходимо обеспечить сбор фактических данных о состоянии работ, оптимально представить их для анализа, обеспечить обмена информацией и взаимодействие между участниками проекта. Для выполнения этих функций при-

меняется ПО для управления проектами, ПО поддержки групповой работы, документооборота и формирования отчетов.

Основными функциональными элементами интегрированной информационной системы поддержки принятия решений на стадии выполнения проекта являются: модуль календарно-сетевое планирования и контроля работ проекта; модуль ведения бухгалтерии проекта; модуль финансового контроля и прогнозирования. Важнейшим компонентом интегрированных информационных систем поддержки принятия решений являются системы управления базами данных. Их основными функциями являются поддержка целостности, защищенности, архивации и синхронизации данных в условиях многопользовательской работы.

Более подробное представление о современных методах и средствах автоматизации управления проектами можно получить в [34, 63, 104].

Итак, мы рассмотрели основные «разделы» теории управления проектами. Выше было отмечено, что в настоящее время наблюдается переход к управлению портфелями проектов, в котором существенную роль играет управление знаниями. Поэтому остановимся кратко на проблемах управления знаниями.

2.6. Управление знаниями

Опыт, полученный в результате реализации проекта и формализованный в виде содержания компьютерной базы соответствующих *знаний организации*, может быть использован в дальнейшем при реализации новых проектов. Проблемами обобщения опыта, обработки, хранения и использования знаний о содержании, формах и методах организационного управления (в том числе – управления проектами) занимается такой раздел современной теории управления, как *управление знаниями*.

В настоящее время все более актуальным для эффективного функционирования организаций и/или реализации проектов становится управление знаниями [24, 35, 62, 64, 85, 115, 118]. Действительно, в динамично изменяющихся внешних условиях, характерных для проектного типа управления, существенными становятся

знания и опыт, накопленный сотрудниками организации. Одной из основ систематизации опыта является выделение типовых ситуаций и управленческих решений, оптимальных (или рациональных) в этих ситуациях. Так как число возможных ситуаций огромно, то «запоминание» всех ситуаций невозможно, да и нецелесообразно – следует выделять множества «похожих» ситуаций и использовать одинаковые решения для ситуаций из одного и того же множества. В теории управления такой подход получил название «*унифицированного управления*», а соответствующие управленческие решения – «*типовых решений*» [24].

В проектах, в силу их специфики (каждый проект уникален) проблема унификации управления обретает еще большую значимость. Понятно, что априорное ограничение класса возможных управлений, с одной стороны, снижает эффективность управления, а, с другой стороны – позволяет уменьшить информационную нагрузку на руководителя проекта и дать ему возможность максимально использовать в новой ситуации, как свой собственный опыт, так и опыт реализации проектов, накопленный другими руководителями проектов.

В общем случае управление знаниями определяется как процесс систематического и целенаправленного создания, распространения и применения знаний (информации), имеющих критическое значение для стратегии и целей организации. Управление знаниями подразумевает две составляющие: организационную и технологическую. Организационная часть – это политика компании в отношении управления знаниями, то есть разнообразные управленческие процедуры, которые позволяют компании сохранять, структурировать, анализировать информацию для того, чтобы эффективно ее использовать в настоящем и будущем. Технологии (в основном – информационные) помогают осуществить эти управленческие процедуры, но не могут их заменить.

Под *базой знаний* (по управлению проектами) понимают формализованную и специальным образом организованную в информационной системе управления проектами информацию по типовым фрагментам календарно-сетевых графиков проектов, механизмам управления проектами и т.д. Содержимое базы знаний оформляется, связывается между собой и представляется таким

образом, чтобы с помощью специальных программных средств его можно было использовать для генерации новых знаний и решений для управления конкретным проектом.

Помимо графиков проведения работ, объектами типизации в управлении проектами выступают [24]: процедуры принятия решений, роли участников проектов, структуры проектов, этапы жизненного цикла проектов, процессы взаимодействия и результаты деятельности исполнителей.

Типовые роли участников проектов – выделенные образы типовых элементов организационной системы (например, руководитель проекта, исполнитель и т.д.), имеющие свою стратегию и выполняющие определенные действия в рамках реализации проекта.

График реализации работ каждого проекта по-своему уникален, но может состоять во многом из уже отработанных фрагментов, сохраненных в базе знаний по управлению проектами.

Под типовыми структурами проектов понимаются базовые структуры: структура декомпозиции работ, организационная структура, структура ресурсов (см. выше), а также множественные вспомогательные структуры, например, структура статей затрат проекта, структуры кодирования. Типизация структур проекта – важнейший элемент организации управления проектами в любой современной компании, позволяющий сокращать затраты на планирование и контроль проектов, сравнивать разнородные проекты между собой, готовить необходимые аналитические отчеты по ходу выполнения проектов и т.д.

Выделение стандартных этапов жизненного цикла проектов и условий переходов между ними позволяют компании принимать обоснованные управленческие решения на всех этапах жизненного цикла проектов, оптимизируя ресурсы, сохраняя накопленный опыт. Наличие типовых процессов позволяет организовывать взаимодействие множества участников проектов, устанавливая необходимую последовательность их действий и результатов, стандартные входящие и исходящие документы и т.д.

Важный шаг на пути использования типовых решений в управлении проектами – единая *терминология*, позволяющая всем уча-

стникам проекта одинаково трактовать используемые в управлении проектами термины.

Еще одним средством типизации служит *классификация* (см. классификацию проектов выше и [67]).

Описание *успешных практик* по управлению проектами помогает оценить возможность использования тех или иных методов и механизмов при реализации подобных проектов и с успехом применять их.

Обучение – один из способов внедрения типовых решений. Обучение на примере типового решения пройдет быстрее, и участник проекта будет готов применять полученные навыки на практике для всех подобных проектов. Содержательно, задача выбора типовых ситуаций заключается в следующем: требуется обучить менеджера принимать решения в таких ситуациях, которые являются «типичными» для множества возможных ситуаций в смысле критерия минимальности потерь эффективности при использовании наиболее «близкого» типового решения.

Современные *информационные системы* управления проектами также являются способом внедрения типовых решений в управлении проектами. Настроив информационную систему соответствующим образом, прописав в ней процедуры, внося типовые структуры проектов, разработав специализированные аналитические отчеты, сужают круг допустимых решений для участников, побуждая их использовать готовые типовые решения.

Глава 3. Организационные механизмы управления проектами

В настоящей главе вводится классификация механизмов управления проектами и описаны механизмы: финансирования проектов, управления взаимодействием участников проекта, стимулирования, управления договорными отношениями, оперативного управления, а также методика освоенного объема.

3.1. Классификация организационных механизмов управления проектами

Что отличает эффективного менеджера? Хорошее образование? Наверное. Большой опыт? Не обязательно. И образование, и опыт, в основном, относятся к тому, **что** в какой ситуации следует делать. А вот тому, **как** делать, практически не учат в ВУЗе, а обучение на своих или чужих ошибках обходится слишком дорого.

Действительно, множество проблем в управлении организациями (фирмами, предприятиями, учреждениями и т.д.) самого разного масштаба и специализации возникает из-за того, что за грамотной декларацией целей нередко следует набор действий и мероприятий, имеющих к этим целям самое отдаленное отношение. В масштабах государства это проявляется, например, в том, что принимаемые законы не работают, в масштабах предприятия – в том, что распоряжения руководства приводят к результатам, которые прямо противоположны запланированным. Причина в том, что мало принять закон или распоряжение – необходимо предусмотреть механизмы их реализации.

Общее определение *механизма* таково – «система, устройство, определяющее порядок какого-либо вида деятельности» [100, С. 283]. Если вспомнить третье значение приведенного выше определения термина «организация» – объединение людей, совместно реализующих некоторую программу или цель и действующих на основе определенных процедур и правил, то совокупность этих процедур и правил как раз и называется механизмом функционирования.

Применительно к организационным системам *механизм функционирования* – это совокупность правил, законов и процедур, регламентирующих взаимодействие участников организационной системы. Более узким является понятие организационного *механизма управления* – совокупности процедур принятия управленческих решений. Таким образом, механизмы функционирования и

механизмы управления определяют **как** ведут себя члены организации¹¹, и как они принимают решения.

Для того чтобы управляющий орган (например, руководитель проекта) выбрал ту или иную процедуру принятия решений (тот или иной механизм управления, то есть зависимость своих действий от целей организации и действий управляемых субъектов – исполнителей в случае управления проектами), он должен уметь предсказывать поведение исполнителей – их реакцию на те или иные управляющие воздействия. Экспериментировать в жизни, применяя различные управляющие воздействия и изучая реакцию подчиненных, не эффективно и практически никогда не представляется возможным. Здесь на помощь приходит *моделирование* – метод исследования, заключающийся в построении и анализе *моделей* – аналогов исследуемых объектов (см. раздел 1.1). Имея адекватную модель, можно с ее помощью проанализировать реакции управляемой системы (этап *анализа*), а затем выбрать (на этапе *синтеза*) и использовать на практике то управляющее воздействие, которое приводит к требуемой реакции (см. главу 1).

Наличие в организации определенной совокупности конкретных механизмов управления привлекательно, как с точки зрения управляющего органа – так как позволяет предсказать поведение управляемых субъектов, так и с точки зрения управляемых субъектов – так как делает предсказуемым поведение управляющего органа. То есть, снижение неопределенности за счет использования механизмов управления является одним из существенных свойств любой организации как социального института.

На сегодняшний день *теория управления организационными системами*, предмет которой – разработка организационных механизмов управления, является развитой научной дисциплиной, получить первоначальное представление о современном состоянии которой можно из монографии [78]. В рамках этой теории созданы, исследованы и апробированы на практике десятки механизмов управления, которые находят применение при управлении системами самого разного масштаба и отраслевой специфики. Соответ-

¹¹ С этой точки зрения механизм управления можно рассматривать как синоним метода управления, так как и тот и другой определяют, как осуществляется управление.

стве между основными известными механизмами управления (их предназначение в первом приближении понятно из их названия) и перечисленными выше задачами управления проектами установлено в Табл. 2 (см. подробное описание перечисленных в Табл. 2 моделей и механизмов управления проектами в [19, 24, 34, 49, 62]).

В Табл. 2 перечислены «классические» с точки зрения теории управления организационными системами классы механизмов. В то же время, существует множество моделей механизмов управления именно проектами. Классифицировать их можно различными способами, например, по объекту управления или по типу проекта (см. раздел 2.1).

В зависимости от **объекта управления**, на сегодняшний день можно выделить:

- механизмы финансирования проектов [15, 19, 44];
- механизмы управления взаимодействием участников проекта [71];
- механизмы стимулирования в управлении проектами [75, 81, 108];
- методика освоенного объема [49];
- механизмы управления договорными отношениями [60];
- механизмы оперативного управления проектами [19, 51].

Эти классы механизмов рассматриваются в настоящей главе в разделах 3.2-3.7 соответственно (типовые решения в управлении проектами рассмотрены в [24] и разделе 2.6 выше).

Табл. 2

Организационные механизмы и задачи управления проектами

«+» – механизм
следует
использовать

«●» – механизм
возможно
использовать

«-» – механизм
практически не
используется

Механизмы управления организационными системами	Задачи управления проектами				
	Прогнозирова- ние и оценка результатов	Планирование	Распределение ресурсов	Стимулирован ие исполнителей	Оперативное управление
Механизмы стимулирования персонала [75, 81, 108]	-	●	●	+	+
Механизмы распределения ресурса [11, 13, 78]	-	+	+	●	●
Механизмы экспертизы [13, 19, 89]	+	●	-	-	●
Механизмы внутрифирменных цен [13, 73, 111]	-	+	+	●	●
Конкурсные механизмы [13, 78]	-	+	+	●	-
Механизмы обмена ресурсами [52]	●	-	●	-	-
Механизмы «затраты– эффект» [78]	-	+	●	-	●
Механизмы смешанного финансирования проектов [19, 70]	-	+	+	●	●
Механизмы агрегирования информации [8, 49, 72]	+	+	●	-	●
Механизмы самоокупаемости [16, 19]	-	+	+	-	●
Механизмы назначения	-	+	+	●	-

исполнителей [6, 19, 47]					
Механизмы синтеза организационной структуры [27, 37, 65, 72, 74]	-	+	•	-	-
Механизмы комплексного оценивания [19, 78]	+	-	-	+	•
Механизмы опережающего самоконтроля [19, 51]	-	•	-	+	+
Противозатратные механизмы [13, 111]	-	•	+	-	-
Механизмы страхования [14, 19]	-	•	+	-	•

Специфика управления **проектами различных типов**, таких как:

- корпоративные проекты и программы [34];
- портфели проектов [62];
- организационные проекты [6];
- образовательные проекты [68, 69];
- научные проекты [12, 55, 77];
- инновационные проекты [44, 70];

рассматривается в четвертой главе (отдельно следует выделить не рассматриваемые в настоящей работе проекты в сетевых организациях [74] и региональные проекты [15, 33, 57]).

3.2. Механизмы финансирования проектов

Механизмы самокупаемости. Одной задач, стоящих перед руководством организации или проекта, является минимизация затрат на выпуск продукции или реализацию проекта. Если технология производства или проект включают n операций, и заданы их стоимости $\{\beta_i\}_{i=1}^n$, то общие затраты равны $\beta = \sum_{i=1}^n \beta_i$.

Отметим, что величина β не зависит от порядка выполнения операций.

Если руководитель проекта (*центр* – в терминах теории управления организационными системами) имеет в своем распоряжении на момент начала проекта сумму R_0 и $R_0 \geq \beta$, то имеющихся средств хватит на выполнение всех операций в любой допустимой последовательности. Если же $R_0 < \beta$, то возникает задача разработки механизма самокупаемости (самофинансирования), определяющего оптимальную допустимую последовательность выполнения операций, в которой выполнение операций частично финансируется за счет доходов от уже выполненных операций.

Пусть i -я операция описывается кортежем $(\beta_i, \alpha_i, \tau_i)$, где $\alpha_i \geq 0$ – доход от i -ой операции, τ_i – ее продолжительность. Будем различать прибыльные ($\alpha_i \geq \beta_i$) и убыточные ($\alpha_i < \beta_i$) операции. Тогда, в случае нехватки исходных средств некоторые операции могут выполняться за счет доходов от уже выполненных операций. Идеалом, в некотором смысле, является полностью автономная совокупность операций (проект), для которой самофинансирование позволяет выполнить их целиком, без привлечения внешних источников.

Для простоты предположим, что не существует технологических ограничений на последовательность выполнения операций, причем произвольное число операций может вестись параллельно.

Обозначим $t_i \geq 0$ – время начала i -ой операции, R – величину заемных средств. Предположим, что центр может получить беспроцентные кредиты в любом объеме и в произвольный момент времени (дисконтирование отсутствует).

Финансовый баланс в момент времени t имеет вид:

$$(1) f(t) = R_0 + R - \sum_{i=1}^n \beta_i I(t \geq t_i) + \sum_{i=1}^n \alpha_i I(t \geq t_i + \tau_i),$$

где $I(t \geq t_i) = \begin{cases} 1, & t \geq t_i \\ 0, & t < t_i \end{cases}$ – функция-индикатор.

Понятно, что для возможности выполнения операций финансовый баланс должен быть неотрицательным в любой момент

времени, то есть для допустимого баланса должно выполняться $f(t) \geq 0 \quad \forall t \geq 0$.

В рамках описанной модели возникает целый ряд оптимизационных задач.

Например, можно решать задачу выбора последовательности выполнения операций (то есть времен начала их выполнения), минимизирующей величину привлеченных средств:

$$(2) \begin{cases} R \rightarrow \min_{\{t_i\}} \\ f(t) \geq 0, \forall t \geq 0. \end{cases}$$

Может быть поставлена задача минимизации времени выполнения проекта $T = \max_{i=\overline{1,n}} \{t_i + \tau_i\}$ только за счет собственных

средств, или с фиксированным значением привлеченных средств (отметим, что при последовательном выполнении операций время завершения проекта не зависит от порядка выполнения операций):

$$(3) \begin{cases} T \rightarrow \min_{\{t_i\}} \\ R = const, f(t) \geq 0, \forall t \geq 0. \end{cases}$$

Таким образом, возможны самые разные постановки. Во всех оптимизационных задачах требуется найти оптимальную последовательность выполнения операций, то есть оптимальный механизм самофинансирования. При введении дисконтирования, по аналогии с (3), можно максимизировать конечную (дисконтированную) прибыль и т.д. При наличии технологических ограничений, они должны быть добавлены в ограничения задач (2)-(3).

Следует отметить, что на сегодняшний день не существует универсальных и эффективных методов решения задач из рассматриваемого класса. Понятно, что, так как число допустимых вариантов (последовательностей) конечно, то все они могут быть найдены перебором. Однако, даже при не очень большом числе операций (порядка нескольких десятков) перебор оказывается чрезвычайно трудоемким. Поэтому при решении задач сетевого планирования используют методы целенаправленного перебора, ветвей и границ и др. [10, 16, 23, 28] Рассмотрим в качестве примера использование для решения задачи (3) следующего эвристического алгоритма.

1. Определяем все комбинации операций, которые могут быть начаты (являются допустимыми с точки зрения бюджетного ограничения) в нулевой момент времени.

2. Для каждого из допустимых вариантов определяем в момент окончания одной из операций, какие из еще невыполненных операций могут быть начаты. Если ни одна из операций не может быть начата, то для данного варианта ждем момента окончания следующей операции и т.д. до тех пор, пока все операции не закончатся и/или ни одна не сможет быть начата.

Применение шагов 1 и 2 дает все допустимые с точки зрения балансового ограничения варианты (получаем дерево вариантов). Среди всяких вершин могут оказаться и те, которым соответствует выполнение не всех операций. Сравнивая продолжительности тех вариантов – всяких вершин, которые соответствуют выполнению всех операций проекта, определяем решение задачи (3) – варианты минимальной продолжительности.

В общем случае описанный выше алгоритм менее трудоемок, чем простой перебор, так как сразу отсеиваются неудовлетворительные варианты и не рассматриваются поддеревья, для которых они являются корневыми вариантами. Можно предложить и другие эвристические алгоритмы численного решения задачи (3), быстрое действие которых зависит от соотношения исходных параметров.

Аналитические методы получения оптимального решения существуют лишь для задачи (2), алгоритм решения которой описывается ниже.

Оптимальное решение имеет следующую структуру [16]:

- упорядочим прибыльные операции (для которых $\alpha_i \geq \beta_i$) в порядке возрастания затрат (величин β_i) и включим их в последовательность;

- добавим к полученной последовательности убыточные операции в порядке убывания доходов (величин α_i).

Таким образом, оптимальной является следующая последовательность: выполнять сначала прибыльные операции в порядке возрастания затрат (сначала более дешевые и т.д.), затем выполнять убыточные операции в порядке убывания дохода (сначала – приносящие наибольший доход, и т.д.).

Механизмы смешанного финансирования. Крупные проекты, как правило, редко финансируются из одного источника. Инициаторы проекта стараются привлечь средства федерального и регионального бюджетов, различных фондов, частных фирм и т.д.

Предположим, к реализации проектов желательно привлечь средства частных фирм. Однако, проекты могут быть экономически невыгодны для фирм, поскольку отдача от них (эффект на единицу вложенных средств) меньше единицы.

Бюджет, как правило, ограничен и зачастую недостаточен для реализации необходимого числа проектов. Однако фирмы не прочь получить бюджетные деньги или льготный кредит. Идея смешанного финансирования состоит в том, что бюджетные средства или льготный кредит выдаются при условии, что фирма обязуется выделить на проект и собственное финансирование. Как правило, на практике фиксируется доля средств, которую должна обеспечить фирма (например, 20 % средств выделяется из бюджета, а 80 % – составляют собственные средства фирмы). Однако такая жесткая фиксация доли бюджетных средств имеет свои минусы. Если эта доля мала, то будет незначительным и объем частных средств, а если велика, то, во-первых, желающих вложить собственные средства будет слишком много, и придется проводить дополнительный отбор (например, на основе конкурсных механизмов [78]), а во-вторых, уменьшается эффективность использования бюджетных средств. Поэтому целесообразно использовать *механизмы смешанного финансирования* с гибко настраиваемой (зависящей от средств, вкладываемых фирмами) величиной доли бюджетного финансирования.

В [19, 70] получены условия, при которых механизм смешанного финансирования обеспечивает большее привлечение средств, чем прямое финансирование проекта, причем использование этого механизма выгодно как для центра, так и для фирм-кредиторов.

Метод «затраты-эффект». В управлении проектами, при реформировании и реструктуризации предприятий и т.д., возникает необходимость определения набора мероприятий (проектов), реализация которых позволит достичь максимального эффекта при существующих ограничениях.

Предположим, что фиксирован набор $N = \{1, 2, \dots, n\}$ мероприятий (проектов) и для каждого из них известны затраты c_i и доход d_i от реализации. Эффективность реализации проекта определяется как отношение дохода к затратам. Задача может заключаться в нахождении портфеля проектов (подмножества множества N), реализация которых даст максимальный суммарный доход при условии, что суммарные затраты на реализацию проектов портфеля не превысят имеющихся средств R .

Если каждый проект дает постоянную отдачу на единицу вложенных средств (от нуля до c_i), то имеем непрерывную задачу, оптимальное решение которой таково (*метод «затраты-эффект»*): упорядочить проекты по убыванию эффективности и включать в портфель проекты последовательно, начиная с первого (имеющего максимальную эффективность) до тех пор, пока не закончится весь ресурс.

Если реализация i -го проекта требует вложения в точности c_i единиц ресурса, то имеем дискретную задачу о ранце [19, 23]:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n x_i d_i \rightarrow \max_{x_i \in \{0;1\}} \\ \sum_{i=1}^n x_i c_i \leq R \end{cases}$$

Примеры метода «затраты-эффект» описаны в [78]; результаты его практического использования можно найти в [7, 57]. Более сложные механизмы формирования портфеля проектов рассмотрены в [62].

Механизмы страхования. Основная цель *страхования* заключается в перераспределении рисков – если у нескольких экономических агентов существует небольшой риск возникновения страхового случая, при котором они несут существенные издержки, то им может оказаться выгодным «объединить усилия» – создать фонд, используемый для возмещения (как правило, частично) потерь. В роли «аккумулятора» могут выступать сами экономические объекты (взаимное страхование, имеющее наименьшую коммерческую направленность), государство (государственное страхование) или частные страховые компании (коммерческое страхование).

Страховой случай является недетерминированной величиной, и даже при известном распределении вероятностей, несмотря на использование в моделях страхования ожидаемых значений, вероятность разорения страховщика при работе с малым числом однородных страхователей выше, чем при страховании многих. Это очевидное свойство – увеличение стабильности страхового портфеля с ростом числа страхователей у одного и того же страховщика, лежит, фактически, в основе всего страхового дела.

Механизмы страхования, в том числе – в области управления проектами, рассматривались в работах [14, 19, 55].

Механизмы согласия. Рассмотрим механизм экспертного оценивания, в котором результатом коллективного решения является распределение финансирования между агентами (например, между проектами, реализуемыми организацией в рамках некоторой программы). Решение принимается коллегиально экспертным советом, члены которого – представители агентов – выступают в качестве экспертов для оценки обоснования объемов финансирования (в качестве экспертов могут привлекаться и независимые эксперты, а не только представители агентов).

Очевидно, что каждый эксперт имеет собственное представление о распределении имеющегося (ограниченного) объема финансирования, и мнения различных экспертов редко совпадают. Как принимать решение в этом случае? Как уйти от ситуации, когда каждый эксперт «тянет одеяло на себя» и может исказить информацию?

Механизм принятия согласованных решений при наличии несовпадающих точек зрения получил название *механизма согласия*.

Недостатки используемых на практике механизмов финансирования, основывающихся на экспертных оценках, очевидны. Как правило, сумма заявок превышает имеющийся ресурс, и на центр ложится тяжесть «урезания» объемов финансирования. Тенденция завышения заявок имеет место и в случае независимых экспертов. Как преодолеть эти негативные явления?

Опишем механизм согласия. Основная идея заключается в декомпозиции процедуры экспертизы, то есть создаются экспертные советы по смежным проблемам, одна из которых является *базовой*.

Рассмотрим пример, в котором имеются три критерия. Выберем в качестве базового, например, третий критерий. В этом случае создаются два экспертных совета – каждый для пары критериев. Первый экспертный совет занимается оценкой направлений (критериев) K_1 и K_3 , а второй – K_2 и K_3 . Каждый экспертный совет вырабатывает решение об относительных размерах финансирования каждого из направлений. А именно, во сколько раз финансирование по направлению K_1 (соответственно, K_2) должно быть больше (или меньше), чем финансирование по базовому направлению K_3 . Обозначим соответствующие оценки σ_1 и σ_2 . Величина σ_1 (σ_2) свидетельствует о том, что финансирование x_1 (x_2) по направлению K_1 (K_2) должно быть в σ_1 (σ_2) раз больше, чем финансирование по направлению K_3 , то есть $\sigma_1 = x_1/x_3$ ($\sigma_2 = x_2/x_3$). Очевидно, что $\sigma_i \geq 0$, $i = 1, 2$. На основе этой информации определяется вариант финансирования направлений:

$$x_i = \frac{\sigma_i}{1 + \sigma}, i = \overline{1, 3},$$

где $\sigma = \sigma_1 + \sigma_2$, $\sigma_3 \equiv 1$. Отметим, что x_i – доля от имеющегося общего объема финансирования. То есть, если между направлениями K_1 , K_2 и K_3 необходимо распределить R единиц ресурса, то i -ое направление получит $x_i R$.

Предложенный механизм обладает рядом достоинств. Во-первых, учитывается мнение самих агентов, входящих в экспертные советы. Во-вторых, выделение базового направления позволяет произвести обмен опытом между агентами. И, наконец, в-третьих, что наиболее важно, предложенный механизм согласия защищен от манипулирования [12, 19, 55, 78], то есть при его использовании всем агентам выгодно сообщать достоверную информацию.

Механизмы льготного налогообложения. В [15, 33] рассматривается класс механизмов поддержки проектов реформирования и реструктуризации (ППР) предприятий. Эта поддержка может оказываться властями региона отдельным предприятиям, объединениям предприятий (корпорациями, холдингами и т.п.) своим подразделениям и т.д. В частности, сегодняшний день исследованы механизмы льготного налогообложения и механизмы

финансирования ПРР, различающиеся между собой принципами принятия решений о предоставлении льгот центром, в роли которого может выступать комитет по поддержке предпринимательства региона, руководство объединения предприятий и т.д. При этом обосновано, что предоставление налоговых льгот может рассматриваться как предоставление кредита с отсрочкой погашения.

Отдельный класс задач составляют процедуры согласования интересов заинтересованных в реализации ПРР сторон, в том числе – в рамках распределенных систем принятия решений в случаях, когда определенные параметры неизвестны центру и сообщаются ему предприятиями [33].

Механизмы финансирования инновационных проектов. В [70] рассматривается динамическая модель, в которой фирма принимает решение о динамике инвестиций, управляя сменой технологий. Предположим, что рассматривается динамика развития нескольких технологий (последовательно сменяющих друг друга технологических укладов, инноваций) на плановый горизонт, который фиксирован и считается известным. Динамика развития каждой технологии (ее жизненный цикл) описывается логистическим дифференциальным уравнением, в котором скорость зависит от размера инвестиций.

Критерий эффективности при этом формулируется как разность между доходом и затратами, а оптимизационная задача заключается в максимизации критерия эффективности выбором последовательности моментов смены технологий и вектора динамики инвестиций. Другими словами, решаемая задача заключается в совместном выборе инновационной политики (в какие моменты времени начинать внедрение той или иной новой технологии, включая принятие решений о целесообразности ее внедрения вообще) и инвестиционной политики – каков оптимальный график инвестиций в новые технологии. Описание методов и результатов решения этой задачи приведено в [44, 70].

Механизмы распределения затрат и доходов. Приведем классификацию и содержательные интерпретации ряда задач распределения затрат или доходов (см. также обзор в [11]).

Задача 1. Финансирование совместного проекта. Предположим, что несколько фирм (агентов) решили совместно осуществить

выполнение проекта. От реализации этого проекта каждая фирма ожидает получить некоторый доход. Затраты на проект зависят от суммарного дохода, который ожидают получить фирмы. Обозначим D_i – оценку дохода, которую сообщает фирма i . Тогда суммарная оценка ожидаемого дохода будет $D = \sum_{i \in N} D_i$, а затраты равны

$C(D)$, где $C(D)$ – возрастающая функция, такая, что $C(0) = 0$. Как распределить эти затраты между агентами? Обозначим механизм распределения затрат $C = g(D)$, то есть $C_i = g_i(D)$, $i \in N$, $\sum_{i \in N} g_i(C) = C(D)$.

Какой механизм распределения затрат является наиболее справедливым и предпочтительным? Как правило, для данной задачи предполагается, что справедливый механизм должен удовлетворять двум условиям (аксиомам): анонимности и монотонности.

Аксиома анонимности: механизм распределения затрат называется анонимным, если результат распределения не зависит от перенумерации агентов. Другими словами, распределение затрат зависит только от оценок дохода, и ни один агент не имеет особого преимущества перед другими агентами.

Аксиома монотонности: с ростом оценки ожидаемого дохода i -го агента растут (не уменьшаются) его затраты. В более сильной форме аксиомы монотонности требуется, чтобы при росте оценки дохода агента росла (не уменьшалась) доля его затрат.

Аксиома анонимности отражает естественное требование равенства партнеров, а аксиома монотонности столь же естественное требование, суть которого: больше получаешь – больше платишь.

Заметим, что, желая уменьшить свои затраты, агент (например, фирма) может сознательно исказить (уменьшить) оценку ожидаемого дохода. Такое явление называется манипулированием данными. Механизмы распределения затрат, защищенные от манипулирования, называются механизмами честной игры (открытого управления, неманипулируемыми механизмами [89]). Манипулирование оценками проявляется в тех случаях, когда партнерам трудно проконтролировать уровни доходов, получаемых друг другом, например, от эксплуатации общего объекта. В зарубежной литературе этот эффект получил название эффекта безбилетного

пассажира (free-rider problem), когда один агент хочет «прокатиться» за счет других [116].

Эта задача имеет и другую содержательную интерпретацию. Пусть речь идет о финансировании некоторой региональной программы, затрагивающей федеральные интересы или наоборот, федеральной программы, в которой заинтересован и регион (или несколько регионов). В данном случае D_1 определяет ожидаемый эффект от реализации мероприятий (проектов) программы (региональной или федеральной) для региона, а D_2 – для федерации в целом, то есть и D_1 и D_2 являются обобщенными оценками эффекта от мероприятий (проектов) программы, которые интересуют регион (федерацию). Тогда задача заключается в распределении общего объема финансирования $C(D)$ между региональным и федеральным уровнями?

Задача 2. Финансирование программ развития. Пример: крупная фирма, объединяющая несколько предприятий, разрабатывает программу развития. Эта программа представляет собой объединение программ развития отдельных предприятий, входящих в объединение. Каждое предприятие формирует и представляет в Совет директоров (или правление) фирмы свою программу с обоснованием требуемого финансирования c_i . Обозначим $v_i(c_i)$ доход i -го предприятия в результате реализации программы. Если суммарный объем средств $\sum_{i \in N} c_i = c$, требуемый для финансирования всех

программ, превышает величину централизованного фонда развития фирмы R , то есть (как правило, это превышение значительно), то возникает необходимость получить дополнительные средства путем взятия кредита, выпуска дополнительных акций и т.д., что приводит к дополнительным затратам $(c - R)$ на реализацию всех программ. Задача заключается в распределении этих дополнительных затрат между предприятиями. В данном случае аксиома анонимности не всегда имеет место. Так, если представленные предприятиями проекты оцениваются независимыми экспертами, и эти оценки существенно влияют на распределение дополнительных затрат, то аксиома анонимности может не выполняться.

Задача 3. Распределение дохода. Эта задача в определенном смысле является «двойственной» к предыдущей. Несколько пред-

приятый объединяются для реализации общего проекта. Предприятие j сообщает объём средств C_j , который оно может вложить в этот проект (то есть, объём затрат). Ожидаемый доход от проекта $D(C)$, естественно, зависит от объёма суммарного финансирования C , $\sum_{j \in K} C_j = C$. Как распределить этот доход $D(C)$ между предпри-

тиями? Здесь аксиомы анонимности и монотонности представляются естественными, хотя возможны исключения (если, например, в качестве одного из предприятий выступают органы государственной или местной власти).

Задача 4. Финансирование программ развития приоритетных направлений. На сегодняшний день инновационное развитие возможно во многом на основе селективной государственной поддержки приоритетных направлений. Формы такой поддержки различны. Это и прямое бюджетное финансирование (частичное или полное), и льготное кредитование, и льготное налогообложение и др. При формировании программ развития приоритетных направлений организуется конкурс на участие в этих программах. Государственные, частные предприятия и организации подают заявки, указывая объём требуемых финансовых ресурсов и обосновывая эффективность своего участия в программе. Необходимо сформировать программу, определив состав участников, форму централизованной (например, государственной) поддержки и объёмы финансирования.

Итак, все рассмотренные задачи имеют общие черты. Каждый агент имеет определенную свободу в сообщении того эффекта (дохода), который он ожидает получить от участия в финансировании общего проекта (программы), либо в сообщении объёма средств, который он согласен затратить на этот проект. Однако от эффекта (дохода) зависит доля его затрат и, наоборот, от его доли затрат зависит доля его эффекта (дохода).

Подробное изложение результатов исследования механизмов распределения затрат и доходов можно найти в [9, 11, 13, 70, 78].

3.3. Механизмы управления взаимодействием участников проекта

Высокая скорость изменения внешних условий и требований к результатам реализации проектов приводит к тому, что нередко для реализации проектов образуются временные объединения – так называемые сетевые организации. Они могут возникать как внутри одной организации, реализующей несколько проектов, так и в виде объединения независимых организаций, участвующих в реализации общего проекта.

Работа [74] посвящена описанию специфики *сетевых организаций*, в которых потенциально существуют связи между всеми участниками, некоторые из которых актуализируются на время решения стоящих перед системой задач, а затем разрушаются до момента появления новых задач. То есть, сетевые структуры – это такие структуры организационных систем (ОС), в которых одни и те же субъекты могут выступать как в роли управляющих органов, так и в роли управляемых субъектов, то есть вступать в сетевое взаимодействие. Образно говоря, сетевая структура – набор априори равноправных агентов, в котором могут возникать временные иерархические и другие структуры, определяемые решаемыми системой задачами. В случае управления проектами такой задачей является достижение целей проекта.

Известны следующие специфические особенности управления проектами в сетевых организациях:

- ◆ отсутствие жесткой централизованной структуры управления;
- ◆ временность и уникальность организационной структуры;
- ◆ равноправность участников;
- ◆ ориентированность организации на достижение результатов проекта;
- ◆ различная субъективная информированность участников.

Типовыми являются следующие случаи – в первом объектом управления выступает один проект, в рамках которого взаимодействуют несколько участников (см. Рис. 18); во втором объектами управления являются несколько проектов, выполняемых в рамках одной организации.

Перечисленные особенности управления проектами в сетевых организациях свидетельствуют, что в рассматриваемом классе задач основным методом управления является *институциональное управление* – управление ограничениями и нормами деятельности участников проекта. Кроме того, эффективное взаимодействие участников проекта в рамках временной сетевой структуры требует наличия единой информационной среды их взаимодействия.

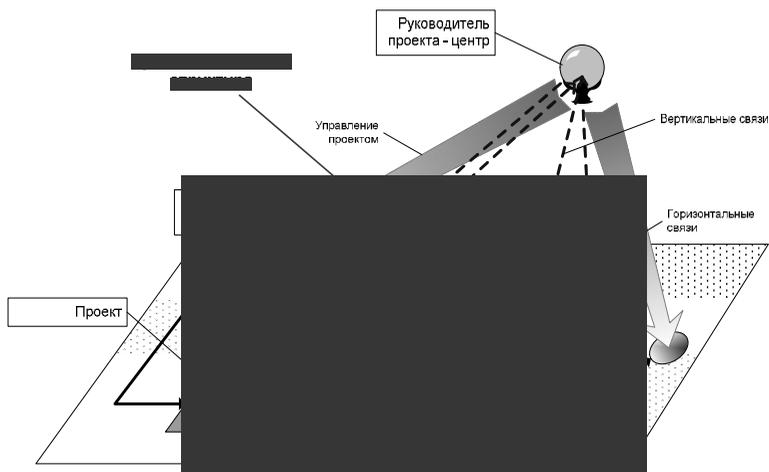


Рис. 18. Проект и сетевая организация

В [41, 71], во-первых, сформулирована и решена задача институционального управления, заключающаяся в нахождении таких допустимых ограничений и норм деятельности агентов, которые обеспечивали бы выбор ими наиболее благоприятных для центра действий. Во-вторых, исследована сравнительная эффективность институционального и мотивационного управления (побуждения агентов к совершению определенных действий за счет воздействия на их интересы и предпочтения – см. [75] и раздел 3.4). В третьих, построены модели влияния репутации экономических агентов на результаты их совместной деятельности.

3.4. Механизмы стимулирования в управлении проектами

Недостаточное внимание к оценке деятельности и стимулированию, которые должны замыкать контур управления проектом, делает неэффективным сам проектно-ориентированный подход в целом, когда планы не реализуются, а проект теряет управляемость, и его сопровождение вырождается в рисование статичных графиков работ. Характерное для проектного подхода делегирование полномочий ставит на первое место задачи обеспечения мотивации и стимулирования для своевременного и качественного выполнения работ по проекту. При проведении целенаправленных изменений (реализации проектов) возникает необходимость комплексного учета и согласования внешних требований к результатам деятельности и целей, интересов участников проекта, что делает актуальной разработку адекватных механизмов стимулирования в управлении проектами (УП).

Каждый проект характеризуется достижением одной или нескольких целей (желаемых и измеримых результатов деятельности). Для достижения результатов руководитель проекта разрабатывает план (укрупненный, а затем и детальный график выполнения работ по проекту/фазе проекта). После согласования реализуемости плана исполнители выполняют назначенные им работы, совершая все необходимые действия в рамках выделенных ресурсов, технологических ограничений и требований к качеству. В соответствии с достигнутыми результатами исполнители сообщают о факте выполнения, перевыполнения или невыполнения плана руководителю проекта, который проводит оценку деятельности исполнителей по реализации работ проекта/фазы проекта, как на основе данных о факте выполнения плана, так и непосредственно на основе результатов, достигнутых исполнителями по работам, пакетам работ, подпроектам и т.д. (например, в соответствии с методикой освоенного объема – см. раздел 3.5).

Контур обратной связи системы управления проектом (см. Рис. 20 и Рис. 21 ниже) замыкается после стимулирования исполнителей в соответствии с результатами их деятельности. Действуя самостоятельно, исполнители реализуют работы по проекту в

расчете на получение вознаграждения по результатам своей деятельности в рамках согласованных с руководителем проекта (РП) механизмов (процессов, процедур и т.д.) стимулирования. Отсутствие вознаграждения или его неадекватность произведенным исполнителями затратам разрывает контур обратной связи системы управления и делает проект неуправляемым со всеми вытекающими из этого негативными последствиями.

Рассмотрим более подробно специфику стимулирования в УП. Для реальных проектов и систем управления, обеспечивающих их эффективную реализацию, характерно большое количество взаимосвязей между участниками проектов, их исполнителями (активными элементами – АЭ – в терминах теории активных систем [13, 19, 73]). Например, на предприятии (в организации), параллельно несколько команд исполнителей могут реализовывать группу проектов (программу) под руководством нескольких РП при ограниченном общем бюджете, ограниченных ресурсах и т.д. Поэтому проблема координации деятельности систем управления отдельными проектами возникает на всех уровнях управления. Пример реализации типичного проекта приведен на Рис. 19, который иллюстрирует, что по отношению к динамике проекта стимулирование должно быть нацелено на максимальное совмещение графиков результатов, планов и факта.

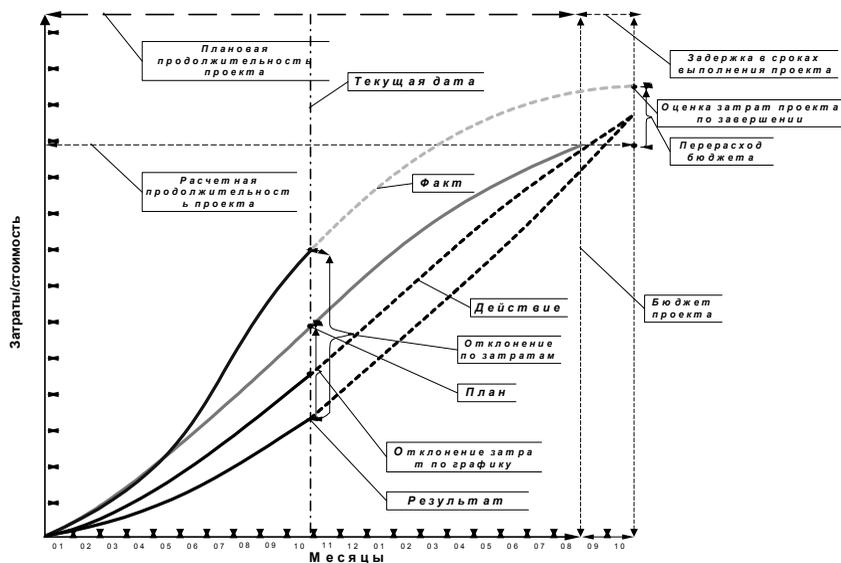


Рис. 19. Пример реализации проекта

Учитывая сложность представления возможных взаимосвязей между элементами системы управления, представим ее таким образом, чтобы в центре был расположен так называемый пакет работ (который также может быть представлен в виде матрицы ответственности – см. также Рис. 11), часто используемый в процессах управления проектами как основной элемент управления – см. Рис. 20. Роль стимулирования в УП в общем виде можно сформулировать как замыкание контура обратной связи в системе управления, позволяющее побуждать участников проекта осуществлять согласованную совместную деятельность по достижению результатов проекта. Для того, чтобы стимулирование выполняло отведенную ему роль, необходима разработка правил и процедур принятия решений по синтезу стимулирующих воздействий, то есть *механизмов стимулирования*.

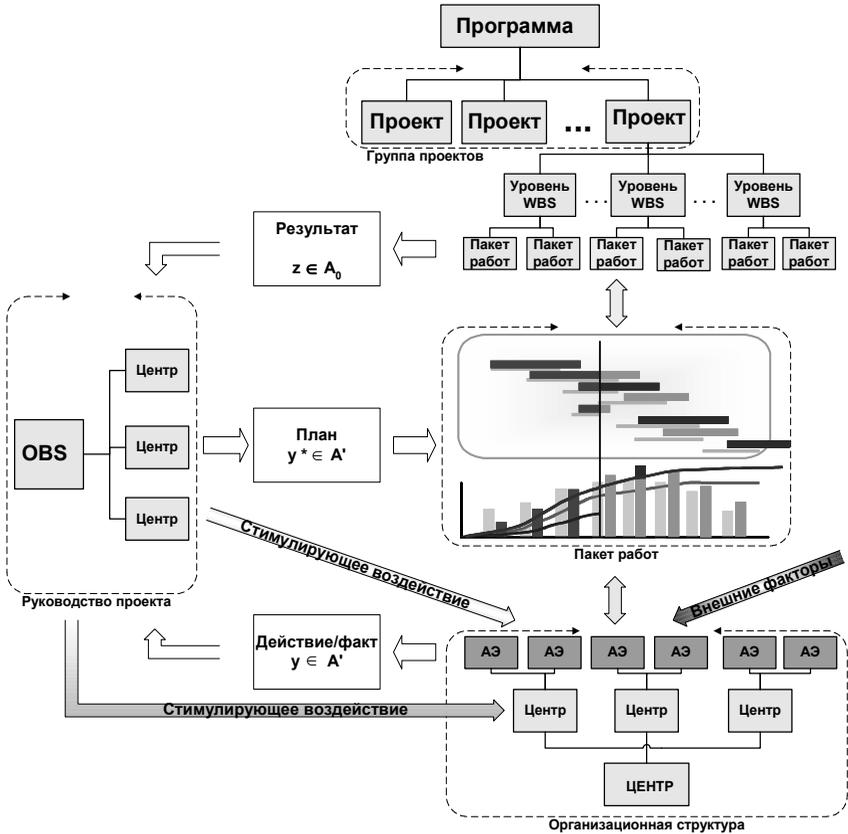


Рис. 20. Структура системы управления

В [108] выделяются следующие специфические характеристики управления человеческими ресурсами в проектно-ориентированных организациях (см. соответствующие этой специфике задачи стимулирования в УП на Рис. 21):

1. Все участники команды проекта взаимосвязаны не только технологически, но и вносят определенный вклад в конечный результат деятельности, степень соответствия которого целям проекта является критерием успешности его завершения и, следовательно, критерием эффективности системы управления в целом.

В терминах моделей календарно-сетевое планирования и управления (КСПУ) система стимулирования может обеспечивать не только выполнение отдельных работ, но и технологические связи с другими работами, то есть выполнение всего комплекса работ.

2. Каждый АЭ лучше чем кто бы то ни было знает свои возможности и конкретные условия своего функционирования. Следовательно, при рассмотрении задач обеспечения деятельности АЭ ресурсами необходимо учитывать возникновение «вертикального» (в рамках иерархической организационной структуры управления проектом) взаимодействия между участниками проекта, принимая во внимание, в том числе, наличие глобальных ограничений на совместный выбор действий участниками проекта. Другими словами, если АЭ, находящиеся на нижнем уровне иерархии, заинтересованы в достижении определенного результата, то они являются инициаторами вертикального взаимодействия, то есть рычаги заинтересованности «запускают» взаимодействие участников системы снизу, являясь одним из системообразующих и обеспечивающих работоспособность всей системы в целом фактором.

3. В отмеченных выше условиях деятельность каждого участника в общем случае описывается несколькими показателями и оценивается по нескольким критериям.

4. Существенная взаимосвязь между участниками проекта, а также идентификация целей проекта (со стороны внешней среды, и в первую очередь, лиц, его инициировавших) с целями участников команды проекта, приводящая к возможности рассмотрения проекта как автономной организационной структуры, требуют обеспечения эффективности группового взаимодействия как РП, так и исполнителей. То есть система стимулирования должна быть нацелена на обеспечение выгоды именно «коллективного выигрыша» с учетом неизбежного в сложных проектах агрегирования информации о результатах деятельности отдельных исполнителей и их команд.

5. Требования нацеленности на общий результат и оперативности управления приводят к тому, что в управлении проектами распространены унифицированные и коллективные формы оплаты труда. Следовательно, при разработке моделей, методов и механизмов стимулирования в УП необходимо исследовать и учиты-

вать положительные и отрицательные стороны этих классов систем стимулирования.

6. В проектно-ориентированных организациях, выполняющих одновременно несколько проектов, может не быть линейной иерархии, то есть параллельно существуют несколько структур управления, причем один и тот же АЭ (участник, команда и т.д.) в различных структурах может выполнять различные функции.

7. Помимо того, что каждый участник может одновременно (или в течение непродолжительного промежутка времени) играть несколько «ролей», его функционирование может быть связано со многими участниками системы, то есть его деятельность может обеспечиваться и контролироваться несколькими управляющими органами, сам он, наряду с другими АЭ, может выступать как АЭ (по отношению к другим АЭ или управляющим органам) или как управляющий орган (по отношению к другим АЭ и с точки зрения других управляющих органов).

8. Нецикличность проектной деятельности ставит на первый план необходимость оперативного формирования состава и структуры проекта и его системы управления, то есть выбора состава участников (РП и исполнителей, то есть формирование команды проекта) и структуры проекта и системы управления (совокупности информационных, управляющих и других связей между участниками проекта, а также прав принятия решений).

9. Уникальность проекта (в том числе, отсутствие аналогии, достаточной для принятия решений информации о внешних и внутренних нестационарных условиях функционирования и т.д.), являющаяся, как отмечалось выше, одной из его отличительных (например, от цикличной производственной деятельности) характеристик, подразумевает, что проект реализуется в условиях неопределенности (как объективной, так и субъективной), что должно учитываться при разработке механизмов управления и, в том числе, механизмов стимулирования.

Проведенный анализ свидетельствует, что стимулирование в УП является системообразующим фактором, обеспечивающим согласованную совместную деятельность участников проекта по достижению требуемого конечного результата.

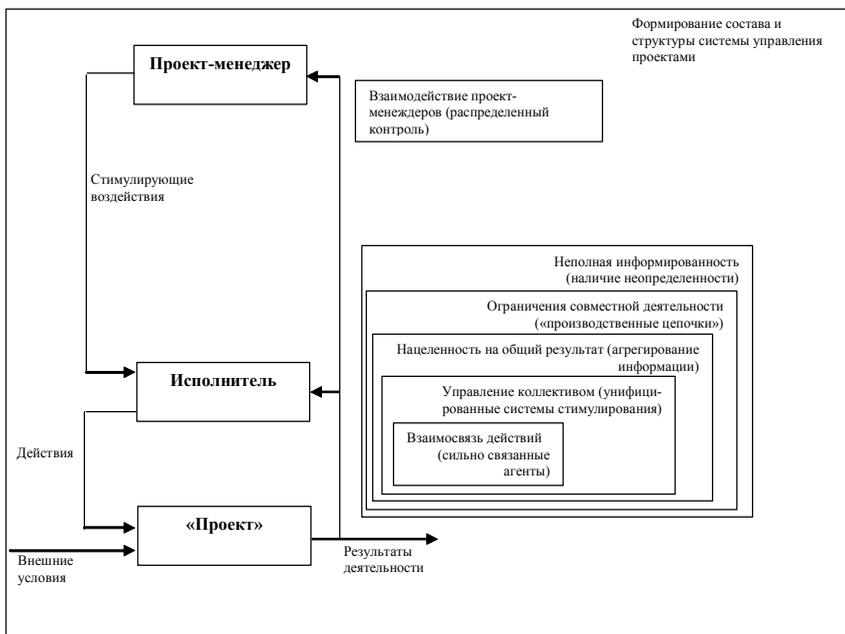


Рис. 21. Задачи стимулирования в УП

Обобщенный опыт результатов внедрения процедур стимулирования и мотивации, предложенных в [108], на базе информационных систем УП, который заключается в следующем:

- ◆ Если целью центра является декомпозиция взаимодействия взаимосвязанных исполнителей (АЭ) с целью выделения индивидуального вклада каждого из них, то это может быть достигнуто использованием принципа декомпозиции: если стимулирование каждого АЭ может основываться на результатах деятельности всех АЭ, то вознаграждение должно как минимум компенсировать его затраты в случае достижения требуемого индивидуального результата (выполнения плана), независимо от деятельности других АЭ; если стимулирование каждого АЭ может основываться только на результатах его деятельности, то вознаграждение должно как минимум компенсировать его затраты в случае выполнения плана в предположении, что остальные АЭ выполняют свои планы; при

этом сила «штрафов» за невыполнение плана (отклонение от равновесия) должны быть достаточной для предотвращения этих отклонений [81].

◆ Если принцип декомпозиции ориентирован на то, чтобы выделить индивидуальный вклад каждого из взаимозависимых АЭ в конечный результат, то принцип агрегирования позволяет осуществлять управление на основе информации об агрегированных показателях деятельности АЭ, их групп, коллективов и т.д. Суть этого принципа заключается в том, чтобы побуждать АЭ выбирать такие комбинации действий, которые приводили бы к требуемому результату с минимальными затратами. При этом центр сообщает АЭ требования к конечному результату и АЭ вынуждены самостоятельно приходить к равновесию. Выгодность использования подобных управлений для центра очевидна, так как значительно сокращает информационную нагрузку. Достаточно неожиданным является тот факт, что наличие агрегирования не приводит к снижению эффективности управления – в соответствии с результатами второй главы, если центр интересуется только конечный результат деятельности (как это имеет место в большинстве случаев в УП), то эффективность управления одинакова как в случае наблюдения центром индивидуальных действий АЭ, так и в случае наблюдения только конечного результата их совместной деятельности [81].

◆ Совместное гармоничное использование принципов декомпозиции и агрегирования позволяет найти рациональный баланс в распространенной в УП дилемме о рациональном соотношении стимулирования за этапы работы и за результат работы в целом. Например, определенная доля стимулирования может быть рассчитана на побуждение к выполнению объемов работ (в том числе – сдельная оплата за объемы работ), а другая доля – на побуждение к достижению требуемого результата (в том числе – премии за завершение пакетов работ и т.д., то есть оплата по результату). В сложных проектах исполнителей нижних уровней целесообразно стимулировать в основном за объемы работ, но с ростом уровня иерархии (в стимулировании руководителей проектов среднего и высшего звена) доля оплаты за результат должна возрастать [72, 81].

◆ Принципы декомпозиции и агрегирования имеют место и в условиях неопределенности (внешней и/или внутренней), если использовать в них гарантированную компенсацию затрат, при которой центр рассчитывает на наихудшие (с учетом всей имеющейся информации) с его точки зрения значения неопределенных параметров [76, 81].

◆ Согласование интересов и координация деятельности при использовании унифицированного (одинакового для групп АЭ) и/или коллективного стимулирования возможна только если назначаемые планы обеспечивают минимизацию суммарных затрат (в смысле решения задачи о назначении), причем оптимальная система стимулирования прогрессивна, то есть вознаграждение растет с ростом эффективности деятельности. Кроме того, если используется сдельная оплата (пропорциональная результатам деятельности – объему выполненных работ, отработанному времени и т.д.), то при слабо связанных АЭ использование унифицированных процедур стимулирования не приводит к снижению эффективности управления [75, 108].

◆ Использование в УП процедур стимулирования, основывающихся на соревновании и конкурсе АЭ эффективно, если система оценки деятельности и процедура планирования (назначения планов) таковы, что АЭ, обладающим большей эффективностью, назначаются большие планы [81].

◆ Традиционно стимулирование понимается как воздействие на интересы и предпочтения управляемых субъектов со стороны управляющих органов, то есть изменение их предпочтений (путем поощрений и/или штрафов) таким образом, чтобы сделать выгодным для АЭ выбор действий и достижение результатов, требуемых центру. Другой аспект стимулирования как метода управления заключается в том, чтобы воздействовать на множества допустимых действий и ресурсы АЭ (то есть управлять ограничениями и ресурсами, определяющими эти ограничения). Частным случаем управления ограничениями и ресурсами является управление «производственными цепочками», то есть набором АЭ, взаимодействующих последовательно в силу технологических или причинно-следственных ограничений (примером в проектной деятельности является сетевой график, в производственной деятельности – вер-

тикально интегрированные компании). Основное требование к управлению этим классом систем заключается в том, что оно должно обеспечивать выполнение технологических ограничений, что может достигаться, в частности, за счет того, что планы и стимулирование каждого АЭ должны побуждать его выбирать действия, обеспечивающие допустимость таких действий всех остальных АЭ, которые приводят к требуемому результату их совместной деятельности [71, 81].

◆ Специфической чертой матричных структур управления, характерных для проектно-ориентированных организаций, является подчиненность одного и того же АЭ одновременно нескольким центрам, функции которых могут быть различными (координирующая, обеспечивающая, контролирующая и т.д.). При этом центры, осуществляющие управление одним АЭ, оказываются вовлеченными в «игру», равновесие в которой имеет достаточно сложную структуру. В частности можно выделить два устойчивых режима взаимодействия центров – режим сотрудничества и режим конкуренции. В режиме сотрудничества центры действуют совместно, что позволяет добиваться требуемых результатов деятельности управляемого АЭ с использованием минимального количества ресурсов. В режиме конкуренции, который возникает, если цели центров (отражающие желаемые для них результаты деятельности управляемого АЭ) различаются достаточно сильно, ресурсы расходуются неэффективно. Переход от режима конкуренции к режиму сотрудничества требует согласования интересов центров, что может осуществляться управляющими органами более высоких уровней иерархии методами стимулирования, описанными для модели «РП-исполнитель» в [47, 82].

◆ Умение решать задачи стимулирования для фиксированного состава участников проекта позволяет формулировать и решать задачи определения оптимального состава участников проекта, в том числе, подзадачи оптимизации заданного состава и привлечения новых исполнителей [6, 47, 81].

◆ Для УП характерно наличие сетевого взаимодействия участников проекта, признаком которого является потенциальная возможность каждого из них выступать в роли центра или АЭ, или одновременно и в роли центра, и в роли АЭ (при взаимодействии с

различными участниками). При этом критерием отнесения конкретного участника ко множеству управляющих органов или ко множеству управляемых субъектов является его приоритет в последовательности выбора стратегий [74, 82] (см. также раздел 3.3).

3.5. Методика освоенного объема

Основу управления проектами традиционно составляют методы календарно-сетевое планирования и управления (КСПУ). Тем не менее, методы КСПУ, хорошо применимые для руководителей проектов, перегружены деталями и подробностями для руководства высшего звена. Поэтому необходимы методы управления, которые, с одной стороны, минимизировали бы число показателей процесса реализации проекта, а с другой – позволяли бы принимать эффективные согласованные решения.

Рассмотрим агрегированное описание проекта в виде одной операции и введем следующий набор показателей (в скобках приведены стандартные англоязычные обозначения) *освоенного объема* – см. Рис. 22.

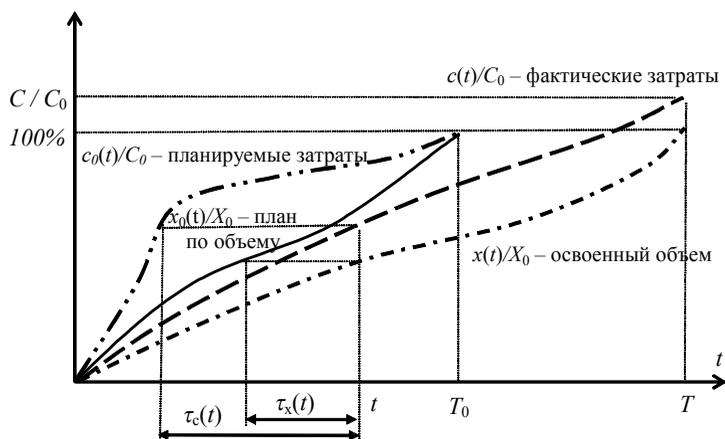


Рис. 22. Пример динамики основных показателей освоенного объема

Основные показатели освоенного объема: C_0 – планируемые суммарные затраты на проект (BC); T_0 – планируемый срок завершения проекта; X_0 – суммарный объем работ по проекту; $c_0(t)$ – планируемая динамика затрат (BCWS); $c(t)$ – фактическая динамика затрат (ACWP); $x_0(t)$ – планируемая динамика объемов работ (BQWS); $x(t)$ – освоенный объем (BQWP); T – фактический срок окончания проекта; C – фактические суммарные затраты на проект (EAC).

Производные показатели освоенного объема: $\Delta c(t) = c_0(t) - c(t)$ – разность между плановыми и фактическими затратами; $\Delta x(t) = x_0(t) - x(t)$ – разность между плановым и освоенным объемом; $\alpha(t) = x(t) / x_0(t)$ – показатель освоенного объема, характеризует соответствие выполненного объема директивному графику; $\beta(t) = c(t) / c_0(t)$ – показатель динамики затрат, характеризует соответствие расходования средств директивному графику; $\gamma(t) = x(t) / c(t)$ – эффективность использования средств; $\tau_c(t) = t - c_0^{-1}(c(t))$ – текущая задержка по затратам; $\tau_x(t) = t - x_0^{-1}(x(t))$ – текущая задержка по объему; $e_0 = X_0 / C_0$ – плановая эффективность проекта в целом; $e_0(t) = x_0(t) / c_0(t) = \beta(t) \gamma(t) / \alpha(t)$ – плановая эффективность использования средств; $e = X / C$ – фактическая эффективность проекта в целом.

Введенная система показателей освоенного объема включает в себя систему показателей, используемую зарубежными авторами, как частный случай, не является избыточной и, в то же время, обладает достаточной полнотой, то есть несет в себе необходимую количественную и качественную информацию о ходе реализации проекта и позволяет констатировать, например: недостаточность финансирования, перерасход средств, отставание от директивных сроков и т.д.

Основными преимуществами *методики освоенного объема* – совокупности методов принятия оперативных решений по управлению проектом на основании показателей освоенного объема – является то, что она оперирует теми же показателями, что и руководитель проекта, достаточно проста в использовании и позволяет принимать решения в реальном режиме времени.

Введенные показатели освоенного объема, даже основные, не являются независимыми – как правило, существует так называемая

«технологическая» связь между ресурсами (затратами) и объемом. Пусть при планировании считалось, что эта связь – «технология» – отражена оператором $G_0(\cdot)$, то есть $x_0(t) = G_0(c_0(t))$. В силу внешних причин возможно, что $c(t) \neq c_0(t)$, что приведет к несовпадению фактического объема и планового. Кроме того, в силу внутренних причин (например, неполной информированности, приведшей к ошибкам в планировании) возможна неправильная оценка оператора $G_0(\cdot)$ – на самом деле связь между затратами и объемом имеет вид $x(t) = G(c(t))$. Подобные ошибки ($G(\cdot) \neq G_0(\cdot)$) приведут к несовпадению фактического и освоенного объема. Следовательно, для эффективного управления необходимо, учитывая как внешние, так и внутренние причины, решать задачи идентификации, прогнозирования и управления (см. Табл. 3).

Табл. 3

Проблемы и задачи оперативного управления проектами при использовании методики освоенного объема

Причины /Задачи	Идентификация «Что происходит?»	Прогнозирование «Что произойдет, если не принять мер?»	Управление «Какие меры следует предпринять?»
<u>Внешние:</u> $c(t) \neq c_0(t)$	Определение параметров модели проекта на основании имеющихся наблюдений за ходом его реализации.	Оценка показателей проекта в будущие моменты времени и сравнение их с плановыми значениями.	Реакция на: «внешнюю и внутреннюю причину» - корректировка директивного графика и корректировка технологии.
<u>Внутренние:</u> $G(\cdot) \neq G_0(\cdot)$			

Будем считать, что единственным ресурсом $u(t)$ в проекте являются финансы, то есть ресурс $u(t) = c'(t) = \frac{dc(t)}{dt}$. Примем, что скорость $w(\cdot)$ выполнения проекта (интенсивность), то есть ско-

рость изменения объема, является функцией ресурса и, быть может, уже освоенного объема и времени (то есть операторы $G_0(\cdot)$ и $G(\cdot)$ неявно задаются следующими уравнениями): $\frac{dx(t)}{dt} = w(u(t))$,

$$x(t) = \int_0^t w(u(\tau)) d\tau, \quad \int_0^T w(u(\tau)) d\tau = X_0. \quad \text{В более общем случае:}$$

$$\frac{dx(t)}{dt} = w(x(t), u(t), t), \quad x(0) = 0, \quad x(T) = X_0. \quad \text{Примеры решения для}$$

рассмотренной модели задач распределения ресурса приведены в [49].

В рамках рассматриваемой модели задача управления проектом, в том числе, включает в себя задачу планирования, решаемую до начала реализации проекта, и задачу оперативного управления – выработки оперативных управляющих воздействий в ходе реализации проекта. Задача планирования заключается в определении объема проекта X_0 , плановых значений затрат $c_0(t)$, объема $x_0(t)$ и продолжительности проекта T_0 при известной «модели проекта» $G_0(\cdot)$; при этом $C_0 = c_0(T_0)$, $x_0(T_0) = X_0$. Перейдем к рассмотрению общей постановки задачи оперативного управления проектом, которая включает задачи идентификации, прогнозирования и собственно управления.

На Рис. 23 изображена структура системы оперативного управления проектом в рамках модели освоенного объема.

Возникают следующие задачи идентификации (см. Рис. 23): в момент времени $\tau \geq 0$ на основании истории наблюдений $\{c(t), c_0(t)\}_{t \in [0; \tau]}$ определить «прогноз» затрат $\tilde{c}(t', \tau)$ для $t' > \tau$ (задача И1), и в момент времени $\tau \geq 0$ на основании истории наблюдений $\{c(t), c_0(t), x_0(t), x(t), \hat{x}(t)\}_{t \in [0; \tau]}$ идентифицировать проект, то есть построить адекватную ему модель $\tilde{G}(\cdot, \tau)$ – задача И2.

Решив обе задачи идентификации, для которых в теории адаптивного управления и идентификации существуют хорошо развитые методы решения, то есть имея в своем распоряжении зависимости $\tilde{c}(t, \tau)$ и $\tilde{G}(\cdot, \tau)$, можно в момент времени $\tau \geq 0$ решить задачу прогнозирования, то есть сделать прогноз значения

освоенного объема $\tilde{x}(t', \tau)$ для моментов времени $t' > \tau$:
 $\tilde{x}(t', \tau) = \tilde{G}(\tilde{c}(t', \tau), \tau)$.

Решив задачи идентификации и прогнозирования, то есть имея в момент времени τ в своем распоряжении прогнозы $\tilde{c}(t', \tau)$ и $\tilde{x}(t', \tau)$, для $t' > \tau$, и зная директивные (плановые) графики затрат и объема, можно решать задачи оперативного управления проектом – выработки таких управляющих воздействий, которые корректировали бы ход реализации проекта в нужную сторону.

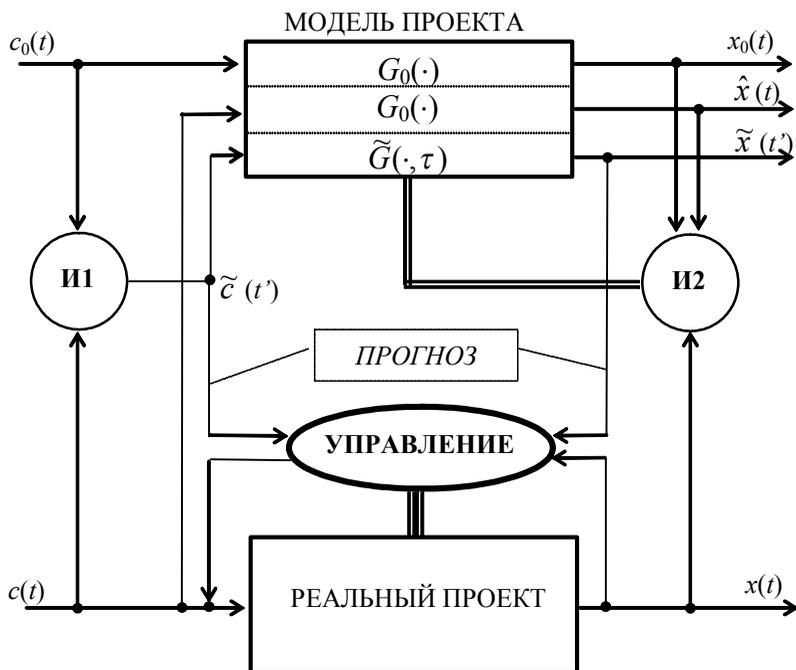


Рис. 23. Структура системы управления проектом

При известном прогнозе фактических затрат и имеющейся модели проекта решение задачи прогнозирования будущих значений показателей освоенного объема заключается в

подстановке прогноза $\tilde{c}(t', \tau)$ в модель $\tilde{G}(\cdot, \tau)$, то есть $\tilde{x}(t', \tau) = \tilde{G}(\tilde{c}(t', \tau), \tau)$, $t' > \tau$:

Таким образом, для решения задач идентификации и прогнозирования в рамках методики освоенного объема на сегодняшний день существуют хорошо развитые методы. Подробное описание методики освоенного объема приведено в книге [49].

Последовательность этапов, составляющих прикладную методику освоенного объема [49, 114], приведена на Рис. 24.

Фаза (I) планирования состоит из четырех основных этапов:

- (1.1) определение полного объема работ по проекту,
- (1.2) разработка структуры затрат по проекту,
- (1.3) разработка детального графика проекта и
- (1.4) оптимизация и согласование графика проекта.

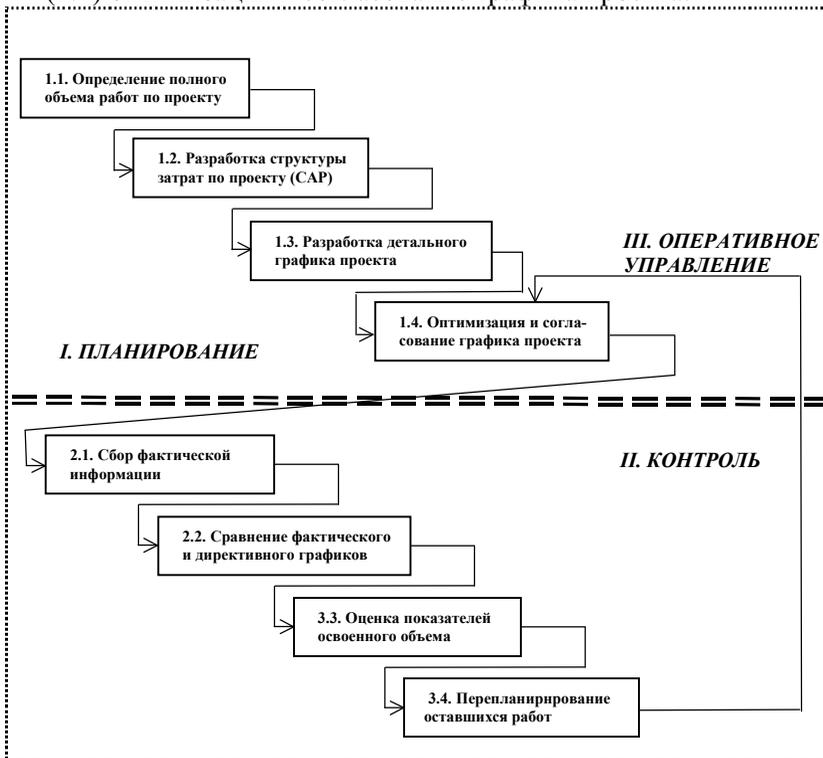


Рис. 24. Методика освоенного объема

После завершения фазы планирования начинается фаза (II) контроля. Эта фаза состоит из следующих этапов:

- (2.1) сбор фактической информации,
- (2.2) сравнение фактического и директивного графиков,
- (2.3) оценка показателей освоенного объема и
- (2.4) перепланирование оставшихся работ.

Особенностью данной фазы является то, что именно здесь в явном виде появляются показатели освоенного объема. Исходный директивный график выполнения проекта, согласованный до начала реализации проекта, будет функционировать настолько хорошо, насколько хорошо отслеживаются внесения всех предлагаемых изменений по мере его реализации. Любой базовый проект быстро придет в несоответствие, если вовремя не вносить изменения в утвержденный график путем добавления или исключения дополнительных видов работ, а также корректировки параметров работ и технологии. Как и на этапе планирования (см. Рис. 24), такое внесение изменений должно быть согласовано со всеми участниками проекта для обеспечения их скоординированных действий при реализации проекта.

3.6. Механизмы управления договорными отношениями

В крупных проектах, как правило, участвует значительное число исполнителей (агентов), взаимодействие которых с заказчиками (центрами) регламентируется договорами.

Договором в гражданском праве называется «соглашение двух или более лиц об установлении, изменении или прекращении гражданских прав и обязанностей (заем, купля-продажа, подряд и др.), соглашение, обычно письменное, о взаимных обязательствах». Договорные отношения – распространенный в практике управления тип отношений между экономическими субъектами – заказчиком и исполнителем, отражающие содержание и условия их обоюдного взаимодействия.

В [60] вводится система классификаций задач управления договорами – задачи принятия решений относительно: параметров

договора; структуры и содержания договоров; выбора контрагентов; оперативного управления; контроля за исполнением и завершения договора.

Выделим следующие общие этапы договорных отношений: подготовка договора; заключение договора; выполнение работ по договору; завершение договора. Соответствие между этапами договорных отношений и задачами управления устанавливается Табл. 4.

Табл. 4
Соответствие между задачами управления
и этапами договорных отношений

Этапы договорных отношений	Задачи управления
подготовка договора	планирование и выбор контрагентов
заключение договора	определение параметров договора
выполнение работ по договору	оперативное управления договорами
завершение договора	контроль за исполнением и завершением договоров

В работе [60], помимо качественного анализа специфики договорных отношений в управлении проектами, получены следующие результаты:

♦ Построена модель, описывающая взаимодействие заказчиков и исполнителей в рамках иерархической игры. Введено понятие области компромисса – множества действий исполнителей и соответствующих значений вознаграждений, удовлетворяющих как для заказчиков, так и для исполнителей одновременно ограничениям согласования и индивидуальной рациональности. Получены выражения для оптимального вида договора и области компромисса для случаев: взаимодействия одного заказчика с одним исполнителем, одного заказчика с несколькими исполнителями, нескольких заказчиков с одним исполнителем, а также многоуровневой системы управления договорами.

◆ Разработаны и исследованы механизмы планирования – оптимального распределения объемов работ между заказчиком (собственные работы) и потенциальными исполнителями. Задача минимизации затрат, в том числе с учетом риска невыполнения исполнителями условий договора, сведена к задаче дискретной оптимизации, для которой предложены эвристические, а для ряда случаев – эффективные точные методы решения.

◆ Предложены рефлексивные модели определения параметров договора в результате переговоров между заказчиком и исполнителем: для модели купли-продажи получены необходимые и достаточные условия того, что заданный набор действий агентов является информационным равновесием.

◆ Сформулированы и исследованы теоретико-игровые модели перезаключения договора: получены условия, при выполнении которых заказчику и всем исполнителям новый договор обеспечивает не меньшие значения полезностей, чем старый.

3.7. Механизмы оперативного управления проектами

На Рис. 25 изображена структура системы оперативного управления проектом. Имеется реальный проект и его модель – представления о нем (формальные или интуитивные), которые существуют у центра и/или у исследователя операций. В общем случае модель может отличаться от проекта, даже в отношении тех характеристик, которые она призвана адекватно отражать.

Пусть первоначально центр построил некоторую модель проекта, и на начальных этапах решил задачу «планирования» – определил желательные будущие значения результатов (см. также раздел 3.5). При этом необходимо принимать во внимание, что для решения задач идентификации и прогнозирования могут использоваться не только данные о ходе реализации рассматриваемого проекта, но и информация о реализации других аналогичных проектов.

Однако в ходе реализации проекта может оказаться, что модель неадекватна и фактические результаты отличаются от запланированных. Тогда на основании информации о состоянии

окружающей среды, прогнозируемом (планируемом) и фактическом результате центр осуществляет коррекцию модели проекта, вырабатывает новый «план» и осуществляет соответствующие управляющие воздействия.



Рис. 25. Структура системы оперативного управления проектом

Таким образом, под *оперативным управлением проектом* (ОУП) понимают управление проектом в процессе его реализации с учетом достигнутых результатов и изменившихся внешних и внутренних условий. Под *внешними условиями* понимается совокупность существенных с точки зрения рассматриваемого проекта параметров, описывающих окружающую (внешнюю) среду. Под *внутренними условиями* понимается совокупность существенных с точки зрения рассматриваемого проекта параметров, описывающих участников проекта – центра, исполнителей и т.д.

Задача оперативного управления, также являющаяся частным случаем задачи управления, решается в ходе реализации проекта и

заключается в определении на основании всей имеющейся на данный момент (текущей) информации оптимальных текущих и будущих значений управляющих параметров, то есть оптимальных «плановых» значений управляющих параметров и, соответственно, состояний проекта на всю оставшуюся часть планируемого периода его реализации – см. Рис. 26.

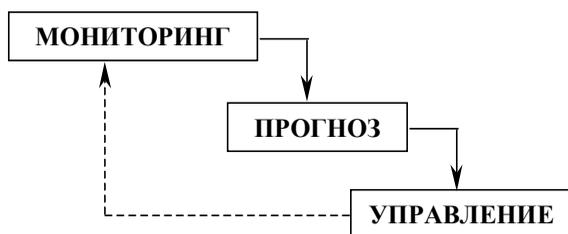


Рис. 26. Цикл управленческой деятельности

Перейдем к классификации задач ОУП. Так как оперативное управление проектом является частным случаем управления социально-экономической системой, то возможна его классификация по основаниям: предмет управляющего воздействия и расширение базовой модели [78]. Кроме того, специфическим именно для ОУП являются следующие три существенных свойства принимаемых решений:

- *время* (момент принятия решений);
- *содержание* (суть и эффективность принимаемых решений);
- *согласованность* (принимаемых решений с интересами и предпочтениями участников проекта).

Перечислим кратко ряд исследованных на сегодняшний день механизмов ОУП.

Механизмы опережающего самоконтроля. При отклонении хода реализации проекта от запланированного, руководителю проекта – центру – желательно как можно раньше иметь соответствующую информацию, с тем, чтобы своевременно принять меры. Механизмы, стимулирующие возможно более раннее информирование об отклонениях от плана, называются *механизмами опережающего самоконтроля* [21]. Основная идея таких механизмов заключается в том, что наказание исполнителя работ по проекту –

агента – при отклонении хода проекта от запланированного меньше, если он своевременно сообщит об отклонениях, что позволит центру либо провести компенсационные мероприятия, либо скорректировать план [19].

Компенсационные механизмы. Влияние случайных и неопределенных факторов во многих случаях приводит к нарушению запланированных сроков завершения различных этапов проекта. Для таких случаев руководитель проекта – центр – предусматривает финансовые и материальные резервы и соответствующие компенсационные меры (мероприятия). Механизмы, реализующие компенсационные мероприятия с целью ликвидации срывов, будем называть *компенсационными механизмами* [19]. Такие механизмы значительно снижают проектные риски.

Дополнительные соглашения. На практике распространены ситуации, когда взаимовыгодные для сторон параметры заключенного договора в ходе выполнения проекта становятся невыгодными в силу изменившихся обстоятельств, внешних условий, ошибок прогнозирования и планирования и т.д. Тогда у одной (или одновременно у обоих) сторон – заказчика и исполнителя работ по проекту – возникает желание изменить параметры договора – внести дополнительные соглашения. Такую ситуацию называют *перезаключением договора* (пересоглашением контракта). Модели перезаключения договора – внесения в него дополнительных соглашений – рассматривались в [19, 51, 60].

Оперативное управление продолжительностью проекта. Рассмотрим задачу оперативного управления продолжительностью проекта. В качестве основного выберем такой показатель как время завершения проекта. Если в процессе реализации проекта оказывается, что прогнозируемое время его завершения отличается от планового, то возникает необходимость в оперативном управлении – дополнительных мерах по сокращению продолжительности выполнения незавершенной части проекта. Реализация этих мер требует соответствующих затрат, то есть возникает задача определения оптимальных коррекционных воздействий, причем критерием эффективности, как правило, выступают финансовые показатели, зависящие как от продолжительности проекта (санкции и

штрафы за задержку сроков завершения и т.д.), так и от затрат на выполнение проекта.

При решении задачи управления центр должен учитывать активность агентов, то есть вознаграждение исполнителя в зависимости от сокращения им сроков должно быть согласовано с его предпочтениями. В теории активных систем [20] задачи согласования предпочтений и интересов изучаются при синтезе механизмов стимулирования [75], поэтому в [49, 51] рассмотрены постановки задачи стимулирования исполнителей, в которой критерием эффективности являются финансовые показатели центра, зависящие в свою очередь от продолжительности проекта.

Шкалы оплаты. Предположим, что сумма договора или стоимость работы или пакета работ по проекту согласована центром (руководителем проекта) с агентом (исполнителем). *Шкалой оплаты* называется кумулятивная зависимость размера вознаграждения (доли от стоимости договора с учетом дисконтирования), выплаченного центром агенту, от процента выполнения (в качестве «процента выполнения», в частности, могут выступать показатели освоенного объема см. [49] и раздел 3.5). Модели шкал оплаты впервые введены в [24].

В [34, 51] в терминах шкал оплаты с точки зрения центра и агентов анализируются взаимные платежи и риски, вызванные возможностью невыполнения сторонами взятых на себя обязательств, а также ошибками прогнозирования и планирования.

Точки контроля. Тесно связанной с задачей о типовых решениях (см. раздел 2.6) является так называемая *задача о точках контроля*, которая заключается в следующем. С точки зрения центра – руководителя проекта – идеалом является постоянный мониторинг за ходом реализации проекта и получение исчерпывающей информации в реальном режиме времени. Однако, мониторинг (получение и обработка информации) требуют определенных затрат (даже при развитой информационной системе управления проектами), поэтому с точки зрения минимизации затрат на управление центру хотелось бы осуществлять контроль как можно реже. С другой стороны, не получив вовремя информацию об отклонениях от плана, центр может не успеть вовремя принять решение о необходимости компенсирующих воздействий

и в результате этого понести потери. Следовательно, возникает задача о выборе моментов времени (точках контроля), в которые получается информация о состоянии проекта. Совокупность этих моментов времени должна определять рациональный баланс между затратами на управление (мониторинг) и потерями в случае задержек в принятии решений. Ряд задач определения оптимальных точек контроля рассматривался в [51].

Глава 4. Специфика управления проектами различных типов

В настоящей главе рассматривается специфика управления проектами различных типов, таких как: корпоративные проекты и программы, портфели проектов, организационные проекты, образовательные проекты, научные проекты и инновационные проекты.

4.1. Корпоративные проекты и программы

В [34] анализ различных механизмов корпоративного управления и их оценка проводится по нескольким критериям. В качестве основных критериев оценки приняты следующие:

1. Оптимальность с позиций корпорации в целом.
2. Эффективность с позиции корпоративного центра.
3. Манипулируемость, то есть возможность предоставления недостоверной информации от подразделений корпоративному центру.
4. Возможность образования коалиции подразделений.
5. Сложность реализации механизма управления.

Под *корпоративной программой* при этом понимается реализуемый в корпорации комплекс взаимосвязанных проектов. Разработка и внедрение механизмов управления корпоративными программами – это решение задач, возникающих при формировании принципов, правил и методов управления организационными системами и подготовке рекомендаций по реализации этих разработок на практике. Основным направлением исследований является

ся решение задач, связанных с исследованием свойств заданного механизма функционирования или с построением механизмов управления организационными системами, обеспечивающих требуемую эффективность функционирования этих систем.

Специфику исследуемых структур и механизмов управления удобно проиллюстрировать в виде корпоративной структуры – активной системы (АС), приведенной на Рис. 27.

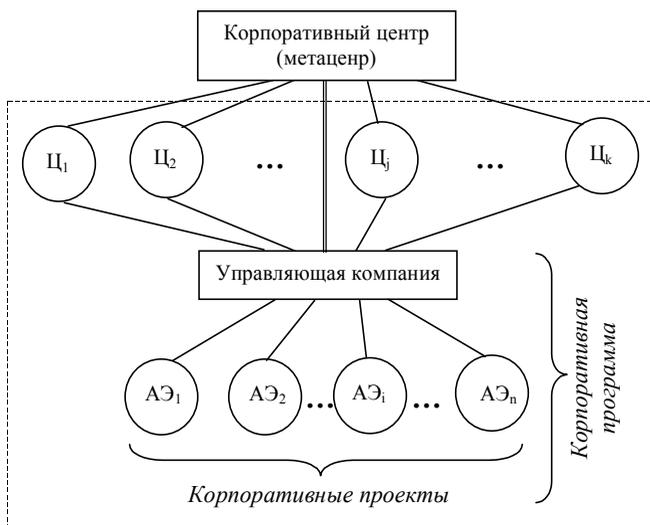


Рис. 27. Корпоративная структура и корпоративная программа

На нижнем уровне четырехуровневой структуры находятся корпоративные проекты, исполнители работ по которым (активные элементы (АЭ)) подчинены управляющей компании (УК). Управляющая компания, в свою очередь, непосредственно или косвенно подчинена подразделениям корпорации – центрам – и корпоративному центру (метацентру). С точки зрения управляющей компании совокупность корпоративных проектов является мультипроектом, однако, в силу заинтересованности подразделений корпорации (обладающих, в общем случае, несовпадающими интересами) в результатах реализации корпоративных проектов, совокупность последних является именно корпоративной программой.

В [34] в результате проведенных исследований и обобщения опыта решения практических задач по разработке и исследованию моделей и методов эффективного управления корпоративными программами решены задачи анализа и синтеза:

- ◆ механизмов согласования интересов корпоративного центра, подразделений корпорации, управляющих компаний и исполнителей работ по проектам;

- ◆ механизмов планирования (выбора управляющей компании и проектов, включаемых в корпоративную программу);

- ◆ механизмов оперативного управления процессом реализации корпоративных программ и проектов;

- ◆ механизмов оптимизации структуры управляющей компании.

4.2. Портфели проектов

Общие вопросы управления портфелями проектов описаны в разделе 2.4 настоящей работы. Полученные в [62] результаты анализа специфики управления портфелями проектов и возможности использования известных механизмов управления дают возможность сделать вывод, что актуальным является решение следующих теоретических задач управления портфелями проектов:

- ◆ оценка эффективности проектов с точки зрения достижения стратегических целей организации;

- ◆ формирование эффективного портфеля проектов;

- ◆ планирование процесса реализации портфеля проектов;

- ◆ распределение ресурсов организации между проектами портфеля;

- ◆ оперативное управление портфелем проектов с учетом изменяющихся внешних условий и целей организации.

Приведем основные результаты работы [62].

Оценка эффективности проектов. Рассмотрены механизмы принятия решений об относительной важности критериев оценки проектов, входящих в портфель. Считается, что эти механизмы, отображающие совокупность мнений заинтересованных субъектов (характеризуемых однопиковыми предпочтениями) в приоритеты

критериев, обладают следующими свойствами: непрерывность по всем переменным, удовлетворение условия единогласия, анонимность и сепарабельность.

Доказано, что в случае двух критериев возможно использование неманипулируемого механизма принятия решений и предложен конкретный вид этого механизма. Для случая трех и более критериев, во-первых, показано, что любой механизм из рассматриваемого класса в общем случае является манипулируемым. Во-вторых, приведены достаточные условия неманипулируемости, сформулированные в терминах ограничений на возможные мнения об относительной важности критериев, по которым оцениваются проекты и их портфели.

Формирование портфеля проектов. Введены следующие основания классификации задач формирования портфеля проектов:

Зависимость проектов. Возможные значения признаков классификации по данному основанию – независимые проекты (для которых отсутствуют какие-либо технологические ограничения на последовательность их выполнения и моменты начала, кроме ресурсных ограничений) и зависимые проекты (для которых задан сетевой график, отражающий допустимую последовательность реализации проектов).

Фиксированность портфеля. Возможные значения признаков классификации по данному основанию – портфель заранее фиксирован, или портфель требуется найти.

Решаемая задача. Возможные значения признаков классификации по данному основанию – решение задачи распределения ресурса и/или поиска моментов времени начала реализации проектов.

Выделены следующие общие классы оптимизационных задач, используемых в моделях формирования портфеля проектов: задачи о ранце, задачи распределения ресурса на сетях, задачи выбора моментов времени начала операций. Последний класс задач в общем случае заключается в определении последовательности выполнения (точнее – моментов времени начала выполнения) фиксированного множества проектов. Наиболее детально из них исследованы задачи минимизации упущенной выгоды [9] и самофинансирования (см. выше).

В рамках предложенной в [62] многокритериальной нечеткой модели формирования портфеля проектов формально определена степень соответствия портфеля проектов стратегическим целям организации. Разработанная модель обобщает на нечеткий и многокритериальный случай классическую «задачу о ранце» и допускает нахождение оптимального портфеля методом динамического программирования [16, 23].

Планирование процесса реализации портфеля проектов. На этапе планирования определяются все необходимые параметры реализации портфеля: продолжительность по каждому из контролируемых элементов портфеля, потребность в трудовых, материально-технических и финансовых ресурсах, сроки поставки сырья, материалов, комплектующих и технологического оборудования, сроки и объемы привлечения подрядных организаций. Процессы и процедуры планирования портфеля проектов должны обеспечивать реализуемость портфеля в заданные сроки с минимальной стоимостью, в рамках нормативных затрат ресурсов и с надлежащим качеством.

В модели планирования учтен параметр налогообложения портфеля, являющийся существенным при реализации некоторых проектов, и учтены моменты выплат налоговых платежей. То есть, в данной модели выбором моментов начала проектов портфеля и их продолжительности максимизируется рентабельность портфеля с учетом параметра налогообложения. Выделены три укрупненные группы задач:

Группа 1. При заданных технологических зависимостях между проектами и критическими путями в их сетевых графиках, найти оптимальный размер собственных средств, необходимый для реализации портфеля (необходимым условием реализации портфеля является неотрицательность текущего финансового баланса в любой момент реализации портфеля).

Группа 2. При заданных технологических зависимостях между проектами портфеля и оптимальной величине собственных средств, найденной в группе задач 1, найти минимальную длительность портфеля, варьируя величину затрат на реализацию его проектов, при условии, что длительность выполнения проектов

портфеля является известной функцией от затрат на их реализацию.

Группа 3. При заданных технологических зависимостях между проектами, варьируя значения затрат и величину собственных средств, найти оптимальную величину рентабельности портфеля.

По результатам проведенного имитационного моделирования и решения оптимизационных задач для рассмотренных примеров можно сделать вывод, что варианты портфелей, полученные при решении первой и третьей групп задач практически совпадают. Прибыль, получаемая в результате реализации портфеля по результатам решения третьей группы задач, незначительно превышает прибыль, получаемую по портфелю, реализуемому по первому сценарию.

Таким образом, если отсутствуют жесткие ограничения по срокам реализации портфеля, оптимальным является его реализация по сценарию, полученному в результате решения третьей группы задач. В случае же, если срок реализации портфеля является более приоритетным показателем, то оптимальным является сценарий, полученный в результате решения второй группы задач. В данном случае прибыль от реализации портфеля меньше, но срок его реализации может быть существенно сокращен.

Распределение ресурсов между проектами портфеля. Портфели проектов характеризуются, в частности, тем, что для них существенной оказывается возможность несовпадения интересов управляющих органов, отвечающих за реализацию (или заинтересованных в реализации) тех или иных проектов (будем дальше условно называть их руководителями проектов) и владельцев ресурсов, необходимых для реализации проектов (условно будем называть последних функциональными руководителями). Поэтому возникает задача построения модели такого распределения ресурсов между проектами, входящими в портфель, которое позволяло бы согласовать интересы всех заинтересованных участников.

Эта задача решается в [62]. Для этого сначала дается общее описание модели, формулируется задача оптимального распределения ресурсов в рамках централизованной схемы без учета интересов функциональных руководителей и руководителей проектов. Далее решение этой задачи (эффективность распределения ресур-

са) сравнивается с эффективностью использования схемы, учитывающей интересы участников и с эффективностью введения трансфертных (внутрифирменных) цен за использование ресурсов организации при реализации проектов портфеля.

Полученные результаты свидетельствуют, что, если возможно согласование интересов руководителей проектов, то распределение ресурса, предлагаемое в рамках централизованной схемы, также является согласованным. Отметим, что это отнюдь не означает согласованность любого централизованного решения по распределению ресурса между проектами портфеля.

Частным, но достаточно распространенным на практике, случаем взаимодействия участников организации при реализации портфеля проектов является использование так называемых трансфертных цен, определяющих стоимость использования в проекте единицы того или иного ресурса. Оказывается, что использование централизованной схемы при распределении ресурсов между проектами портфеля эквивалентно использованию системы трансфертных цен, удовлетворяющих определенным (и приводимым ниже) условиям. Однако при заданном оптимальном распределении ресурса может и не существовать эквивалентной системы трансфертных цен.

Оперативное управление портфелем проектов. Задача оперативного управления решается в ходе реализации проекта и заключается в определении на основании всей имеющейся на данный момент (текущей) информации оптимальных текущих и будущих значений управляющих параметров, то есть оптимальных «плановых» значений управляющих параметров и, соответственно, состояний проекта на всю оставшуюся часть планируемого периода его реализации. То есть, задачи планирования и оперативного управления являются частными случаями одной и той же задачи управления, отличающимися лишь той информацией, которая имеется на момент принятия решений.

Задача оперативного управления портфелем проектов в некотором смысле проще, чем управление мультипроектом (см. [17] и раздел 3.7 настоящей работы). Действительно, мультипроект, состоящий из множества технологически и ресурсно взаимосвязанных проектов, требует решения задачи агрегирования – напри-

мер, оценки состояния проекта на основании детальной информации о состоянии подпроектов и работ. Решение этой задачи далеко не тривиально. В то же время, проекты, входящие в портфель проектов, реализуемых той или иной организацией, как правило, технологически независимы. Учет же только ресурсной их взаимосвязи осуществляется проще, чем и ресурсной и технологической. При этом, правда, необходимо оценивать текущее состояние портфеля проектов с точки зрения целей организации.

Для этого возможно использование показателей освоенного объема – наиболее распространенного на сегодняшний день инструмента оценки хода реализации проектов и оперативного управления ими (см. раздел 3.5 настоящей работы). Общеизвестно, что основным свойством методики освоенного объема является возможность: «раннего обнаружения» (обнаружения на ранних стадиях реализации проекта) несоответствия фактических показателей проекта плановым значениям, прогнозирования на их основании результатов выполнения проекта (сроков, затрат и т.д.) и принятия своевременных корректирующих воздействий, вплоть до прекращения проекта.

Плановые и фактические (текущие) значения финансовых показателей позволяют описать динамику реализации портфеля проектов с точки зрения организации в целом. В [62] показано, что сравнение планового (директивного) и фактического графиков освоенного объема и расходования средств может служить основанием для принятия эффективных оперативных управленческих решений.

4.3. Организационные проекты

Реформирование предприятия, реализация концепции новой системы управления, создание новой организации или проведение международного форума – как организационные проекты (ОП) – характеризуются следующим (что и отражает качественно основные проблемы, возникающие при управлении ОП):

- цели проекта заранее сформулированы, однако, результаты проекта количественно и качественно труднее определить, чем в других типах проектов;

- срок и продолжительность задаются предварительно и могут уточняться;

- ресурсы предоставляются, во многом, по мере возможности;

- расходы на проект фиксируются и подвергаются контролю на экономичность, однако, требуют корректировки по мере хода выполнения проекта;

- ОП имеют нестандартный жизненный цикл, в котором пропорции между основными фазами (концепции, разработки, реализации и завершения) отличаются от типовых в сторону большей продолжительности начальных фаз.

Так как ОП нацелен на изменение организации, то можно предложить следующее определение *организационного проекта*: ограниченное во времени целенаправленное изменение организационной системы (ОС) с установленными требованиями к качеству результатов, возможными рамками расхода средств и ресурсов и специфической организацией [6].

В [104] организационные проекты приводятся в одном ряду с *нетрадиционными проектами* (то есть проектами, появление которых обусловлено либо необходимостью немедленных активных действий, либо/и необходимостью организационных изменений, либо/и определяющим воздействием одного или нескольких факторов, характеризующих тип и условия реализации проекта):

- антикризисное управление;

- реформирование и реструктуризация предприятий и компаний;

- финансовые проекты;

- маркетинговые проекты;

- управление при чрезвычайных ситуациях и др.

Первым *основанием системы классификации* организационных проектов является предмет изменений – параметры ОС [78], подвергающиеся целенаправленным изменениям. Возможные значения признаков по данному основанию – целевые функции, допустимые множества, информированность, состав, порядок функционирования, структура ОС. Введенное основание класси-

фикации отвечает, фактически, на вопрос «ЧТО подвергается изменениям в ОС?».

Задавая аналогичные вопросы и используя определение ОП, можно получить другие основания системы классификаций. Основанием для выделения множества вопросов могут служить список вопросительных местоимений русского языка [6].

Приведенный список вопросов можно соотнести с процессуальными компонентами деятельности [67]: «потребность – мотив – цель – задачи – технология (содержание и формы, методы и средства) – результат» (см. Табл. 5).

Табл. 5

Компоненты деятельности и характеристики изменений

Компоненты деятельности		Вопросы	Характеристики изменений
Потребность		Когда	Возникновение необходимости деятельности
Мотив		Где, почему, зачем	«Пространственная» и временная локализация объекта деятельности, мотивировка необходимости изменений
Цель		Какой, каков, который	Общие требования к результату деятельности
Задачи		Какой, каков, который	Детальные требования к результату деятельности
Технология	Содержание	Что	Предмет деятельности
	Формы	Куда, откуда	Характеристики начального и конечного состояния изменяемой системы
	Методы	Как	Механизмы (организация деятельности в узком смысле)
	Средства	Чем, сколько	Ресурсы деятельности
Результат		Какой, каков, который	Характеристики результата деятельности

В Табл. 5 приведены характеристики собственно деятельности, исчерпывающие список вопросительных местоимений и наречий (за исключением вопроса «кто»). Кроме характеристик деятельности, также являющихся возможными основаниями системы классификаций, существенным является то, КТО осуществляет деятельность (является субъектом, осуществляющим деятельность). Роль *субъекта деятельности* чрезвычайно велика, ведь ему приходится проектировать собственную деятельность, которая в ОП заключается в целенаправленном изменении некоторой ОС (предмета деятельности), элементом которой или надсистемой для которой является сам субъект.

В первом приближении можно выделить *внешние и внутренние* (по отношению к изменяемой в ОП организационной системе) *субъекты деятельности*.

Внешний субъект деятельности может осуществлять изменения ОС, не входя в состав этой ОС и не содержа ее в своем составе. Этой ситуации соответствует случай «классического» управления проектами, когда субъект и предмет деятельности принадлежат разным системам (см. Рис. 28), причем сам субъект не изменяется.

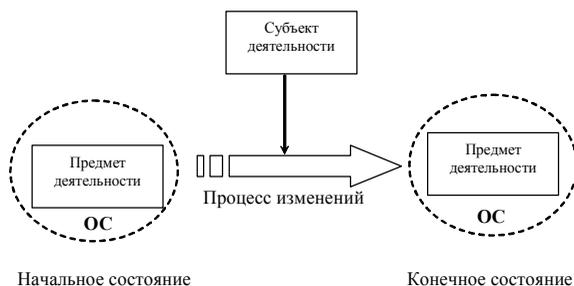


Рис. 28. «Классическое» управление проектами

Внешний по отношению к изменяемой ОС субъект может содержать ее в качестве своего элемента. Именно случаю «классического» организационного управления соответствует наличие внешнего субъекта деятельности, который осуществляет изменения (управление) предмета деятельности (управляемых субъектов и/или объектов, принадлежащих той же метасистеме), но не изме-

няется сам – см. Рис. 29. Отметим, что определения «внешнего» и «внутреннего» приводятся по отношению к изменяемой в результате реализации ОП организационной системе. Поэтому, если в рассматриваемом случае изменяется сам субъект, то есть, исследуется метасистема, элементом которой является ОС, то по отношению к метасистеме субъект деятельности является внутренним.

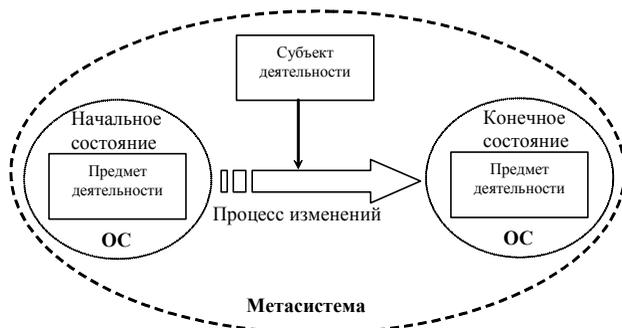


Рис. 29. «Классическое» организационное управление

И, наконец, организационному проекту соответствует внешний или внутренний субъект деятельности, который, наряду с предметом деятельности, изменяется сам (см. Рис. 30).

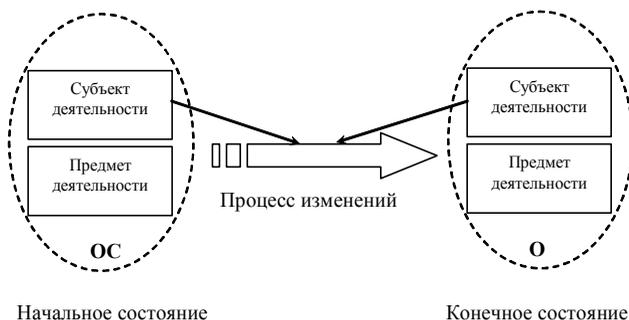


Рис. 30. Управление организационным проектом

Таким образом, отличительной (и во многом характеристической) чертой организационных проектов является то, что в них изменяется субъект управления. Другими словами, в ОП непременно имеют место саморазвитие и самоорганизация.

Отметим, что приведенное понимание вовсе не размежевывает управление ОП и управления проектами вообще (в сложившемся на сегодняшний день понимании и виде) – не исключен случай, когда руководство проекта может быть распределенным, например, при наличии внешнего по отношению к изменяемой ОС руководителя (или соруководителя – внешнего менеджера организационного проекта) его деятельность может описываться в рамках «классического» УП, а деятельность внутреннего руководителя (например, функционального руководителя ОС, деятельность подразделения которого реформируется в процессе ОП) может рассматриваться как самоуправление, основывающееся на «классическом» организационном управлении.

Наличие изменений, происходящих с субъектом управления (руководителем проекта), является чрезвычайно существенным. Как показывает опыт реформирования и реструктуризации предприятий, разработки и реализации программ развития регионов и т.д. [6, 7, 57], если осуществлением ОП занимается только внешняя команда консультантов (как в «обычном» УП), а руководство предприятия или региона не вовлечено в этот процесс, то успеха достичь, как правило, не удастся. И наоборот, если руководство предприятия или региона действует совместно с внешними консультантами, то в этом случае можно надеяться на успех в реализации организационных изменений.

Третьим ключевым вопросом является «КАК» следует осуществлять изменения ОС? Этот вопрос соответствует методам деятельности, направленной на изменение ОС. Если мы говорим об управлении этой деятельностью, то методам соответствуют механизмы управления – совокупность правил и процедур принятия управленческих решений.

Проведенный анализ позволил констатировать, что в управлении ОП на сегодняшний день можно выделить две общие проблемы – необходимость учета эффектов саморазвития и самоорганизации и необходимость постановки и решения задачи синтеза

оптимального комплекса механизмов управления. В рамках решения этих общих проблем в [6] решены следующие задачи:

- ◆ построена модель саморазвития, в рамках которой сформулированы и решены задачи развития персонала, управляющего органа и комплексного развития;

- ◆ в результате разработки и исследования теоретико-игровых и оптимизационных моделей предложены следующие методы управления организационными проектами:

- согласования интересов в матричной оргструктуре;
- нечеткого критического пути;
- синтеза состава исполнителей ОП;
- управления риском в ОП;
- оптимизации распределенных ОП.

4.4. Образовательные проекты

Образовательная система. Выделим две управляемые системы (объекты управления):

- *система образования* (по формулировке Закона РФ об образовании – совокупность взаимодействующих преемственных образовательных программ и государственных образовательных стандартов различного уровня и направленности; сети реализующих их образовательных учреждений; органов управления образованием и подведомственных им учреждений и организаций). Она управляется государством в лице Правительства РФ, Федерального собрания и т.д. (вплоть до органов местного самоуправления), и состоит, в свою очередь, из *органов управления образованием, инфраструктуры системы образования* (научно-методические центры, ресурсные центры, ремонтные, снабженческие службы и т.д.), и образовательной сети (см. Рис. 31);

- *образовательная система* – совокупность образовательных программ и реализующих их образовательных учреждений.

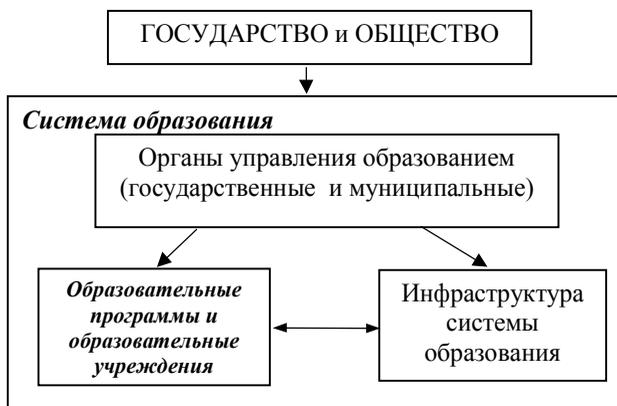


Рис. 31. Объекты и субъекты управления

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

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

Описание образовательных систем. Образовательная система может рассматриваться как (см. Рис. 32):

- *педагогическая система*, в которой реализуется процесс обучения и воспитания. Исследованием соответствующих проблем занимаются такие разделы науки как педагогика и психология;

- *экономическая система* – исследованием соответствующих проблем занимается экономика;

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

- *организационная система*, в которой участниками являются люди, их группы и коллективы. Исследованием соответствующих проблем занимаются такие разделы науки как теория управления и менеджмент.

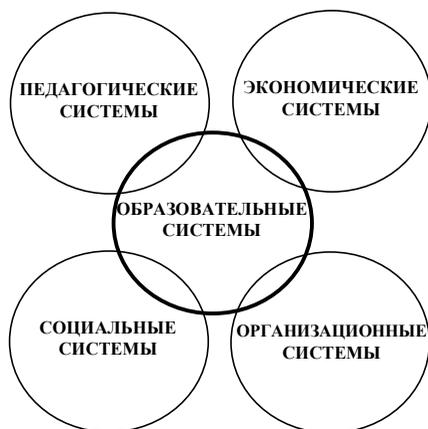


Рис. 32. Образовательная система как педагогическая, экономическая, социальная и организационная система

Разные аспекты рассмотрения позволяют выделить различные проблемы функционирования образовательных систем. Например, в [69] основной акцент делается на управлении образовательными системами, рассматриваемыми, в основном, как организационные системы, естественно с учетом педагогической, экономической и социальной специфики.

Образовательный проект. Так как любой проект – «целенаправленное изменение некоторой системы ...» (см. введение), то *образовательный проект* может быть определен как «целенаправленное изменение образовательной системы ...». Как видно из приведенного выше определения, образовательная система – чрез-

вычайно многоаспектный и сложный объект, поэтому возникает большое разнообразие возможных образовательных проектов, каждый из которых соответствует изменению той или иной составляющей образовательной системы.

На сегодняшний день существуют несколько систематизаций (систем классификаций) задач управления социально-экономическими системами (и их частными случаями – организационными системами и образовательными системами, рассматриваемыми как организационные). Например, в [69] перечислены следующие общие задачи организационного управления образовательными системами:

1. Первый класс задач – это формирование структуры и состава образовательных систем, включая «задачи о назначении» или распределении функций.

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

3. Третий класс задач – при заданной структуре системы, имея систему сбора и обработки информации, следует определить процедуры распределения ресурсов (материальных, финансовых, кадровых, учебных единиц и др. – см. Рис. 33).



Рис. 33. Ресурсное обеспечение

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

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

В [69] выделены следующие управляющие воздействия на образовательные системы:

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

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

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

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

Кроме того, при обсуждении специфики образовательных проектов необходимо четко представлять, с чьей точки зрения рассматриваются изменения. Ведь элементом образовательной системы является и государство, и отдельное образовательное учреждение, и конкретная личность, к примеру, принимающая решение о выборе своей траектории в образовательном пространстве (ведь получение образования конкретным человеком представляет для него образовательный проект).

Можно с уверенностью констатировать, что на сегодняшний день теория управления образовательными проектами (как и теория управления образовательными системами) далека от полностью сформированного состояния. Общее представление об этой проблематике можно получить из [68]. Обзор современного состояния формальных моделей управления образовательными сис-

темами приведен в [69]. Там же разработан ряд механизмов управления образовательными проектами, таких как:

- ◆ управление составом и структурой образовательных учреждений и образовательных программ (задача структурной оптимизации);

- ◆ управление пропускными способностями ОУ (задача потоковой оптимизации);

- ◆ управление ресурсными ограничениями (задача распределения ресурсов);

- ◆ управление персоналом ОУ (задача мотивационного управления).

В целом же, множество разнообразных задач синтеза эффективных механизмов управления образовательными проектами еще ждут своего решения.

4.5. Научные проекты

В общей классификации проектов (см. главу 2), 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. 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. В настоящее время, не существует единого толкования понятия «научный проект». В соответствии с общим определением проекта (см. введение) и основаниями методологии [67], *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. Табл. 6).

Табл. 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, 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 работа, ОКР		Диссертационная работа
Состав участников	Научные работники	Преподаватели	Аспиранты		Студенты
Эффект от внедрения результатов	Теоретический (научный)	Практический	Образовательный (повышение квалификации участников, совершенствование образовательной и научной деятельности, др.)		
Характер финансирования	Бюджетные		Хоздоговорные		
Время реализации	Долгосрочные (5 и > лет)		Среднесрочные (3 – 5 лет)	Краткосрочные (1 – 3 года)	

Процесс реализации научных проектов имеет ряд особенностей, основными из которых являются следующие [77]:

- специфическая иерархическая структура системы управления научной деятельностью;

- приоритетность в реализации научных проектов по заказу надсистемы (например, Минобразования, РАН или другого ведомства);

- 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;

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

Можно выделить такие общие классы *задач управления научными проектами* как [77]:

- оценка результатов научных проектов;

- планирование портфеля научных проектов организации;

- распределение ресурсов в научных проектах;

- стимулирование исполнителей научных проектов;

- оперативное управление научными проектами.

В [77] на основе базовых механизмов управления в организационных системах [78] и результатов теории активных систем [20] получены следующие результаты в области механизмов управления научными проектами:

- ♦ Дана общая постановка задачи комплексного оценивания, описаны нечеткие матричные и сетевые системы комплексного оценивания. Введено понятие сетевой 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.

- ♦ Решена задача построения модели системы управления научными проектами, и исследования в рамках этой модели условий согласования интересов всех участников системы.

- ♦ Сформулирована и решена задача согласованного управления научными проектами в рамках четырехуровневой иерархиче-

ской организационной структуры и сформулированы условия согласованности интересов руководства организации, функциональных руководителей, руководителей научных проектов и исполнителей.

◆ Сформулирована и решена задача повышения уровня научной деятельности кафедры в условиях полной и неполной информированности руководства кафедры об эффективности научной деятельности профессорско-преподавательского состава кафедры. Разработан механизм планирования, оптимальный по критерию максимума ожидаемого уровня научной деятельности кафедры.

◆ Разработана динамическая модель комплексных научных исследований, в рамках которой задача распределения ресурсов между научными направлениями сведена, в общем случае, к задаче оптимального управления. Для логистической и экспоненциальной моделей получены аналитические решения.

Помимо перечисленных, ряд механизмов управления научными проектами рассматривался в [12, 55].

4.6. Инновационные проекты

Дословный перевод термина «инновация»: «*новация*» (лат.) – нечто новое, новшество [101, С. 336], «*ин-новация*» – процесс или результат внедрения новшеств.

Если рассмотреть процессуальные компоненты любой деятельности: «потребность» – «мотив» – «цель» – «задача» – «технология» – «действие» – «результат» [67], то, наверное, в наибольшей степени при фиксированном субъекте деятельности (с собственными потребностями, мотивами и целями) инновация может затрагивать технологию деятельности (технология – совокупность методов, операций, приемов, этапов и т.д., последовательное осуществление которых обеспечивает решение поставленной задачи [78]), то есть содержание, формы, методы и средства деятельности. Поэтому *инновационный проект* можно определить как проект по изменению технологии деятельности. Как и любой проект, инновационное развитие требует ресурсов для его реализации: финансовых, кадровых, временных и др.

Предметом изменений в процессе реализации инновационных проектов могут быть:

- содержание и формы деятельности (примеры – изменение ассортимента и ценовой политики, производство новых видов товаров и услуг и т.п.);

- средства деятельности (например, переход на новые технологии производства – наиболее типичный представитель инновационного проекта);

- методы деятельности.

В изменении методов деятельности можно выделить технологический аспект (методы «производства») и организационный аспект – методы управления фирмой и ее изменениями (развитием). Последние как раз и соответствуют *организационному управлению инновационным развитием* (см. также описание специфики организационных проектов в разделе 4.3).

Перечислим иерархические уровни, на которых расположены субъекты, участвующие или оказывающие влияние на инновационное развитие фирмы: собственно фирма, соответствующий муниципалитет, регион и государство – см. Рис. 34. При этом на «нижнем уровне» – в отдельной фирме или организации – можно выделить «производство» и надстроенную над ним иерархическую структуру системы управления.

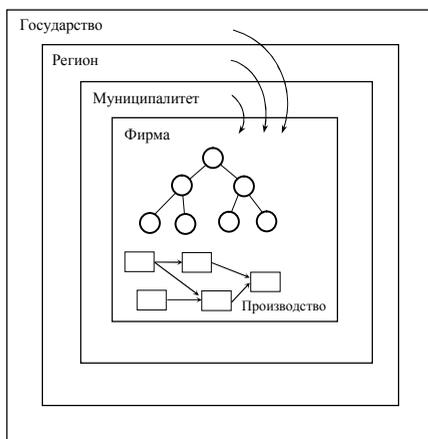


Рис. 34. Уровни субъектов инновационного развития

С другой стороны, субъекты инновационного развития можно сгруппировать следующим образом – см. Рис. 35: государство,

устанавливающее институциональные условия инновационного развития и стимулирующее его, «наука» – как источник инновационных идей и новых технологий, «экономика» – как объединение фирм, внедряющих эти идеи и технологии и производящих продукцию и услуги для потребителей.

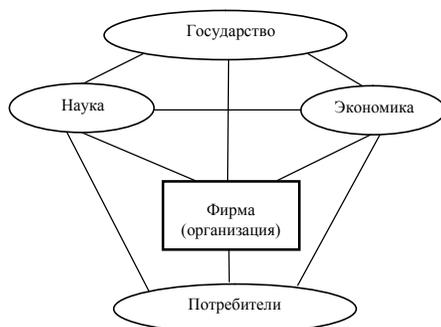


Рис. 35. Субъекты инновационного развития

Обычно выделяют четыре этапа (стадии) *жизненного цикла инновации* [70]:

- фундаментальные исследования (ФИ),
- прикладные исследования (ПИ),
- опытно-конструкторские разработки (ОКР),
- внедрение в производство.

В [70] выделены и решены следующие классы задач организационного управления инновационными проектами:

♦ институциональные основы инноваций и государственное управление инновационной деятельностью;

♦ управление взаимодействием с внешней средой и, в первую очередь, механизмы финансирования инновационного развития фирмы;

♦ управление развитием системы управления инновационными проектами;

♦ управление взаимодействием с поставщиками и потребителями (в том числе – институциональное управление как управление ограничениями и нормами деятельности участников инновационного проекта и внешней по отношению к проекту среды);

- ◆ управление исполнителями инновационных проектов (в первую очередь – их мотивация);
- ◆ управление развитием персонала в организациях, реализующих инновационные проекты.

Заключение

Отметим, что на сегодняшний день разработаны и исследованы (и упомянуты в настоящей работе) модели далеко не всех механизмов управления проектами, актуальных с точки зрения практики. Так, без внимания остались такие крупные классы задач, как управление программными проектами (проектами разработки программного обеспечения, проектами внедрения информационных систем [4, 94, 99, 105]), инвестиционными проектами (хотя им и посвящена многочисленная литература – см., например, [1, 7, 107, 110]) и рядом других специфических типов проектов.

Не уделили должного внимания мы и механизмам управления риском, механизмам формирования и функционирования команд проекта [70, 71, 79], проблемам обучения использованию и внедрения механизмов управления проектами [5, 50, 56, 104] и др. Все эти задачи являются перспективными с точки зрения будущих исследований.

Кроме того, актуальным представляется синтез результатов моделирования (теоретико-игрового и оптимизационного) и информационных систем управления проектами, включающих сегодня только элементы имитационных моделей [34, 50, 104]. Можно надеяться, что результаты подобного синтеза дадут возможность создания и тиражирования эффективных типовых практико-ориентированных механизмов управления проектами.

Литература

(работы, отмеченные звездочкой, можно найти в свободном доступе в электронной библиотеке на сайте www.mtas.ru)

1 Акинфиев В.К., Карибский А.В., Коновалов Е.Н. и др. Анализ эффективности инвестиционных проектов. – М.: ИПУ РАН, 1994.

2 Антомонов Ю.Г. Моделирование биологических систем. – Киев: Наукова думка, 1977.

3 Арнольд В.И. «Жесткие» и «мягкие» модели / Математическое моделирование социальных процессов. М.: МГУ, 1998. С. 29 – 51.

4 Арчибальд Р.С. Управление высокотехнологичными программами и проектами. – М.: ДМК Пресс, 2002.

5 Бабкин В.Ф., Баркалов С.А., Щепкин А.В. Деловые имитационные игры в организации и управлении. – Воронеж: ВГАСУ, 2001.

6 *Балашов В.Г., Заложнев А.Ю., Иващенко А.А., Новиков Д.А. Механизмы управления организационными проектами. – М.: ИПУ РАН, 2003.

7 Балашов В.Г. Модели и методы принятия выгодных финансовых решений. – М.: Издательство физико-математической литературы, 2003.

8 *Баркалов С.А., Бурков В.Н., Гилязов Н.М. Методы агрегирования в управлении проектами. – М.: ИПУ РАН, 1999.

9 *Баркалов С.А., Бурков В.Н. Минимизация упущенной выгоды в задачах управления проектами. – М.: ИПУ РАН, 2001.

10 Бурков В.Н., Горгидзе И.А., Ловецкий С.Е. Прикладные задачи теории графов. – Тбилиси: Мецниереба, 1974.

11 *Бурков В.Н., Горгидзе И.И., Новиков Д.А., Юсупов Б.С. Модели и механизмы распределения затрат и доходов в рыночной экономике. – М.: ИПУ РАН, 1997.

12 Бурков В.Н., Грацианский Е.В., Еналеев А.К., Умрихина Е.В. Организационные механизмы управления научно-техническими программами. – М.: ИПУ РАН, 1993.

13 *Бурков В.Н., Данев Б., Еналеев А.К. и др. Большие системы: моделирование организационных механизмов. – М.: Наука, 1989.

14 *Бурков В.Н., Заложнев А.Ю., Кулик О.С., Новиков Д.А. Механизмы страхования в социально-экономических системах. – М.: ИПУ РАН, 2001.

15 *Бурков В.Н., Заложнев А.Ю., Леонтьев С.В., Новиков Д.А., Чернышев Р.А. Механизмы финансирования программ регионального развития. – М.: ИПУ РАН, 2002.

16 *Бурков В.Н., Заложнев А.Ю., Новиков Д.А. Теория графов в управлении организационными системами. – М.: Синтег, 2001.

17 *Бурков В.Н., Квон О.Ф., Цитович Л.А. Модели и методы мультипроектного управления. – М.: ИПУ РАН, 1998.

18 Бурков В.Н., Ланда Б.Д., Ловецкий С.Е., Тейман А.И., Чернышев В.Н. Сетевые модели и задачи управления. – М.: Советское радио, 1967.

19 *Бурков В.Н., Новиков Д.А. Как управлять проектами. – М.: Синтег, 1997.

20 *Бурков В.Н., Новиков Д.А. Теория активных систем: состояние и перспективы. М.: Синтег, 1999.

21 *Бурков В.Н. Основы математической теории активных систем. М.: Наука, 1977.

22 *Буркова И.В. Метод дихотомического программирования в задачах управления проектами. Воронеж: ВГАСУ, 2004.

23 Вагнер Г. Основы исследования операций. – М.: Мир, 1972.

24 *Васильев Д.К., Заложнев А.Ю., Новиков Д.А., Цветков А.В. Типовые решения в управлении проектами. – М.: ИПУ РАН, 2003.

25 Взятыхшев В.Ф. Введение в методологию инновационной проектной деятельности: Учебник для вузов. – М.: «ЕЦК», 2002.

26 Волкова В.Н., Денисов А.А. Основы теории систем и системного анализа. Изд. 2-е. – СПб.: СПб.ГТУ, 1999.

27 *Воронин А.А., Мишин С.П. Оптимальные иерархические структуры. – М.: ИПУ РАН, 2003.

28 Воропаев В.И. Модели и методы календарного планирования в автоматизированных системах управления строительством. – М.: Стройиздат, 1974.

29 Воропаев В.И., Любкин С.М., Голенко-Гинзбург Д. Модели принятия решений для обобщенных альтернативных стохастических сетей // Автоматика и Телемеханика. 1999. № 10. С. 144 – 152.

30 Воропаев В.И. Управление проектами в России. – М.: Аланс, 1995.

31 Гермейер Ю.Б. Введение в теорию исследования операций. – М.: Наука, 1971.

32 *Гермейер Ю.Б. Игры с противоположными интересами. – М.: Наука, 1976.

- 33** * Гилев С.Е., Леонтьев С.В., Новиков Д.А. Распределенные системы принятия решений в управлении региональным развитием. – М.: ИПУ РАН, 2002.
- 34** * Гламаздин Е.С., Новиков Д.А., Цветков А.В. Механизмы управления корпоративными программами: информационные системы и математические модели. – М.: Спутник, 2003.
- 35** Глухов В.В., Коробко С.Б., Маринина Т.В. Экономика знаний. – СПб.: Питер, 2003.
- 36** Голенко Д.И. Статистические методы сетевого планирования и управления. – М.: Наука, 1968.
- 37** * Губко М.В. Математические модели оптимизации иерархических структур. – М.: Ленанд, 2006.
- 38** * Губко М.В., Новиков Д.А. Теория игр в управлении организационными системами. – М.: Синтег, 2002.
- 39** Давыдов Э.Г. Исследование операций. – М.: Высшая школа, 1990.
- 40** Дегтярев Ю.И. Системный анализ и исследование операций. М.: Высшая школа, 1996.
- 41** * Ермаков Н.С., Иващенко А.А., Новиков Д.А. Модели репутации и норм деятельности. М.: ИПУ РАН, 2005.
- 42** Зуховицкий С.И., Радчик И.А. Математические методы сетевого планирования. – М.: Наука, 1965.
- 43** Иванилов Ю.П., Лотов А.В. Математические модели в экономике. – М.: Наука, 1979.
- 44** * Иващенко А.А., Колобов Д.В., Новиков Д.А. Механизмы финансирования инновационного развития фирмы. – М.: ИПУ РАН, 2005.
- 45** Каган М.С. Человеческая деятельность. – М.: Политиздат, 1974.
- 46** Каплан Р.С., Нортон Д.П. Сбалансированная система показателей. – М.: Олимп-Бизнес, 2003.
- 47** * Караваяев А.П. Модели и методы управления составом активных систем. – М.: ИПУ РАН, 2003.
- 48** Кендалл И., Роллинз К. Современные методы управления портфелями проектов и офис управления проектами. – М.: ПМСОФТ, 2004.

49 * Колосова Е.В., Новиков Д.А., Цветков А.В. Методика освоения объема в оперативном управлении проектами. – М.: Апостроф, 2001.

50 Колосова Е.В., Халимов К.В., Цветков А.В. Управление проектами. – М.: Высшая школа, 2001.

51 * Коновальчук Е.В., Новиков Д.А. Модели и методы оперативного управления проектами. – М.: ИПУ РАН, 2004.

52 * Коргин Н.А. Механизмы обмена в активных системах. – М.: ИПУ РАН, 2003.

53 Красовский А.А. Справочник по теории автоматического управления. – М.: Наука, 1987.

54 Краткий психологический словарь / Сост. Л.А. Карпенко. Под общ. ред. А.В. Петровского, М.Г. Ярошевского. – М.: Политиздат, 1985.

55 Кузьмицкий А.А., Новиков Д.А. Организационные механизмы управления развитием приоритетных направлений науки и техники. – М.: ИПУ РАН, 1993.

56 Кузьмицкий А.А., Щепкин А.В. Разработка деловых игр по управлению проектами. – М.: ИПУ РАН, 1994.

57 Леонтьев С.В. Модели и методы управления разработкой и реализацией программ регионального развития. – М.: Физматлит, 2002.

58 Литвак Б.Г. Экспертная информация. Методы получения и анализа. – М.: Радио и связь, 1982.

59 Литвак Б.Г. Экспертные оценки и принятие решений. – М.: Патент, 1996.

60 * Лысаков А.В., Новиков Д.А. Договорные отношения в управлении проектами. – М.: ИПУ РАН, 2004.

61 Мазур И.И., Шапиро В.Д. и др. Управление проектами: Справочное пособие. – М.: Высшая школа, 2001.

62 * Матвеев А.А., Новиков Д.А., Цветков А.В. Модели и методы управления портфелями проектов. – М.: ПМСОФТ, 2005.

63 Математические основы управления проектами / Под ред. В.Н. Буркова. – М.: Высшая школа, 2005.

64 Мильнер Б.З. Управление знаниями. – М.: ИНФРА-М, 2004.

65 * Мишин С.П. Оптимальные иерархии управления в социально-экономических системах. – М.: ПМСОФТ, 2004.

66 Молодцов Д.А. Устойчивость принципов оптимальности. – М.: Наука, 1989.

67 Новиков А.М., Новиков Д.А. Методология. – М.: Синтег, 2007.

68 *Новиков А.М., Новиков Д.А. Образовательный проект. – М.: Эгвес, 2004.

69 *Новиков Д.А., Глотова Н.П. Модели и механизмы управления образовательными сетями и комплексами. – М.: ИУО РАО, 2004.

70 *Новиков Д.А., Иващенко А.А. Модели и методы организационного управления инновационным развитием фирмы. – М.: Ленанд, 2006.

71 *Новиков Д.А. Институциональное управление организационными системами. – М.: ИПУ РАН, 2003.

72 *Новиков Д.А. Механизмы функционирования многоуровневых организационных систем. – М.: Фонд «Проблемы управления», 1999.

73 *Новиков Д.А., Петраков С.Н. Курс теории активных систем. – М.: Синтег, 1999.

74 *Новиков Д.А. Сетевые структуры и организационные системы. – М.: ИПУ РАН, 2003.

75 *Новиков Д.А. Стимулирование в организационных системах. – М.: Синтег, 2003.

76 *Новиков Д.А. Стимулирование в социально-экономических системах (базовые математические модели). М.: ИПУ РАН, 1998.

77 *Новиков Д.А., Суханов А.Л. Модели и механизмы управления научными проектами в ВУЗах. – М.: ИУО РАО, 2005.

78 Новиков Д.А. Теория управления организационными системами. 2-е издание. – М.: Физматлит, 2007.

79 *Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. Прикладные модели информационного управления. – М.: ИПУ РАН, 2004.

80 *Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. Рефлексивные игры. – М.: Синтег, 2003.

81 *Новиков Д.А., Цветков А.В. Механизмы стимулирования в многоэлементных организационных системах. – М.: Апостроф, 2000.

82 *Новиков Д.А., Цветков А.В. Механизмы функционирования организационных систем с распределенным контролем. М.: ИПУ РАН, 2001.

83 Новосельцев В.Н. Теория управления и биосистемы. – М.: Наука, 1978.

84 Ногин В.Д. Принятие решений в многокритериальной среде: количественный подход. – М.: Физматлит, 2002.

85 Нонака И., Такеучи Х. Компания – создатель знания. – М.: Олимп-Бизнес, 2003.

86 *Орлов А.И. Теория принятия решений. Учебное пособие. – М.: Издательство «Экзамен», 2005.

87 Орлов А.И. Устойчивость в социально-экономических моделях. – М.: Наука, 1979.

88 *Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Введение в системный анализ. – М.: Высшая школа, 1989.

89 *Петраков С.Н. Механизмы планирования в активных системах. – М.: ИПУ РАН, 2001.

90 Плотинский Ю.М. Теоретические и эмпирические модели социальных процессов. – М.: Логос, 1998.

91 Подиновский В.В., Ногин В.Д. Парето – оптимальные решения многокритериальных задач. – М.: Наука, 1982.

92 Поляк Б.Т. Введение в оптимизацию. – М.: Наука, 1983.

93 Поспелов Г.С., Ириков В.А., Курилов А.Е. Процедуры и алгоритмы формирования комплексных программ. – М.: Наука, 1985.

94 Ройс У. Управление проектами по созданию программного обеспечения. – М.: Лори, 2002.

95 Рыков А.С. Модели и методы системного анализа: принятие решений и оптимизация. – М.: МИСИС, 2005.

96 Саймон Г. Науки об искусственном. – М.: Мир, 1972.

97 Свод знаний по управлению проектами (РМВОК) / Пер.с англ. – М.: ПМСОФТ, 2000.

98 Сидельников Ю.В. Теория и практика экспертного прогнозирования. – М.: ИМЭМО РАН, 1990.

99 Скопин И.Н. Основы менеджмента программных проектов. Курс лекций. Учебное пособие. – М.: ИНТУИТ.РУ, 2004.

100 Словарь иностранных слов. – М.: Русский язык, 1982.

101 Словарь русского языка С.И. Ожегова. М.: Русский язык, 1988.

- 102** Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем. – М.: Высшая школа, 1998.
- 103** Советский энциклопедический словарь. – М.: Большая российская энциклопедия, 2002.
- 104** Управление проектами: справочное пособие / Под ред. И.И. Мазура, В.Д. Шапиро. – М.: Высшая школа, 2001.
- 105** Фатрелл Р., Шафер Д., Шафер Л. Управление программными проектами. Достижение оптимального качества при минимуме затрат. – М.: Издательство: Вильямс, 2003.
- 106** Философский энциклопедический словарь. – М.: Сов. Энциклопедия, 1983.
- 107** Царев В.В. Оценка экономической эффективности инвестиций. – СПб.: Питер, 2004.
- 108** *Цветков А.В. Стимулирование в управлении проектами. – М.: Апостроф, 2001.
- 109** Человеческий фактор в управлении / Сборник статей. – М.: КомКнига, 2006.
- 110** Шарп У., Александер Г., Бэйли Д. Инвестиции. – М.: ИНФРА-М, 2001.
- 111** *Щепкин А.В. Механизмы внутрифирменного управления. – М.: ИПУ РАН, 2001.
- 112** Якобсон А., Буч Г., Рамбо Д. Унифицированный процесс разработки программного обеспечения. – СПб.: Питер, 2002.
- 113** A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® guide). 2000.
- 114** Fleming Q.W., Hoppelman J.M. Earned value Project Management. PMI, 1996.
- 115** Koulopoulos T.M., Frappaolo C. Knowledge management. Dover: Capstone, 1999.
- 116** Mas-Collel A., Whinston M.D., Green J.R. Microeconomic theory. N.Y.: Oxford Univ. Press, 1995.
- 117** Phillips J.J., Bothell T.W., Snead G.L. The project management scorecards. Amsterdam: Elsevier, 2003.
- 118** Rumizen M.C. Knowledge management. N.Y.: Alpha, 2002.
- 119** Wysocky R.K., Beck R., Crane D.B. Effective project management. N.Y. John Wiley & Sons, 2000.

Сведения об авторе



НОВИКОВ ДМИТРИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ

1970 г.р., доктор технических наук, профессор. В настоящее время – заместитель директора [Института проблем управления](#) Российской академии наук, профессор Московского физико-технического института.

Автор более 300 научных работ по теории управления социально-экономическими системами, в том числе – по системному анализу, теории игр, принятию решений, управлению проектами и механизмам управления организационными системами.

E-mail: novikov@ipu.ru, www.mtas.ru.