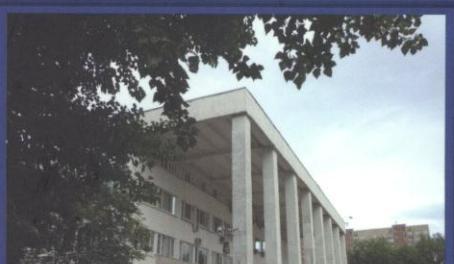


ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ



НАУЧНЫЕ ШКОЛЫ

институт
компьютерных
технологий

Moscow State University
of Economics, Statistics and Informatics
(MESI)

Institute of Computer Technologies

Scientific Schools

Information
Systems and Technologies

Edited by
Professor *Y.F. Telnov*



МЭСИ
Московский государственный университет
экономики, статистики и информатики

Moscow • 2012

Московский государственный университет
экономики, статистики и информатики
(МЭСИ)

Институт компьютерных технологий

Научные школы

Информационные
системы и технологии

Под редакцией
доктора экономических наук,
профессора *Ю.Ф. Тельнова*

Рекомендовано Научно-исследовательским институтом
образования и науки в качестве научного издания.
Научные специальности 05.13.00 «Информатика,
вычислительная техника и управление»,
08.00.13 «Математические и инstrumentальные методы экономики»

Рекомендовано Учебно-методическим центром
«Профессиональный учебник» в качестве научного издания.
Научные специальности 05.13.00 «Информатика,
вычислительная техника и управление»,
08.00.13 «Математические и инstrumentальные методы экономики»



МЭСИ
Московский государственный университет
экономики, статистики и информатики

Москва • 2012

УДК 004:005.57
ББК 32.81+ 32.965
И74

Редакционная коллегия:
Н.И. Базынин, В.П. Божко, В.В. Дик, А.А. Микрюков,
Ю.Ф. Тельнов, А.И. Уринцов, С.В. Федосеев

Ответственный редактор серии
ректор Московского государственного университета экономики, статистики
и информатики (МЭСИ), доктор экономических наук, профессор Н.В. Тихомирова

Главный редактор издательства Н.Д. Эриашвили,
кандидат юридических наук, доктор экономических наук, профессор,
лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники

И74 Информационные системы и технологии = Information Systems and Technologies: науч. издание / под ред. Ю.Ф. Тельнова. — М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2012. — 303 с.

ISBN 978-5-238-02382-3
Агентство СИР РГБ

Книга отражает развитие научных направлений и исследования в рамках научных школ Института компьютерных технологий МЭСИ. Представлена концепция современной архитектуры информационных систем и структуры информационного пространства, дана классификация информационных технологий. Рассмотрены особенности построения систем управления бизнес-процессами, предметно-ориентированных информационных систем управления, систем поддержки принятия решений, раскрыты технологии управления информационными ресурсами и знаний. Определены теоретические основы алгоритмизации и программирования, решения задач на основе теории графов и синтеза программ. Представлены факторы надежности и экономические аспекты разработки программного обеспечения информационных систем. Отражены методы и средства управления информационной инфраструктурой предприятия на основе COBIT, ITIL и технологии облачных вычислений. Описаны методология оценки экономической эффективности информационных систем и сетей и требования к информационной безопасности. Представлены концептуальные положения технологии проектирования информационных систем и баз данных.

The book presents the developments directions and researches within the framework of scientific schools of the Institute of Computer Technologies of MESI. It provides the concept of modern information systems architecture and the structure of information space; done the classification of information technologies. Considered the features of constructions of Business Process Management Systems (BPM), Information Management Systems (ERP), Decision Support Systems (DSS). The book defines the theoretical foundations of algorithmization and programming based on the theory of graphs and program synthesis. It presents safety factors and economic aspects of software development. It provides the methods and environments of information infrastructure management based on COBIT, ITIL, clouding computing. The methodology of economic efficiency of information systems and nets and information securities requirements are described. The book presents conceptual foundations of information systems and data bases design.

ББК 32.81+ 32.965

ISBN 978-5-238-02382-3
© ИЗДАТЕЛЬСТВО ЮНИТИ-ДАНА, 2012
Приданлежит исключительное право на использование и распространение издания
(ФЗ № 94-ФЗ от 21 июля 2005 г.).
© Оформление «ЮНИТИ-ДАНА», 2012

Введение

Московский государственный университет экономики, статистики и информатики (МЭСИ) всегда славился научными исследованиями и разработками в области теории и организации компьютерной обработки экономической информации. В 1949 г. в МЭСИ был организован факультет «Механизация учета», с этого момента началось формирование научных школ в области использования средств вычислительной техники для автоматизации и информатизации экономической деятельности. В 1950 году была организована выпускающая кафедра «Организация механизированной обработки экономической информации и вычислительных работ», которую возглавил руководитель лаборатории Института точной механики и вычислительной техники АН СССР канд. техн. наук, старший научн. сотрудник Б.М. Дроздов, впоследствии ставший деканом Факультета механизированной обработки экономической информации.

В 1956 г. Минвузом СССР был проанализирован уровень подготовки инженеров-экономистов по механизации учета во всех вузах страны. В результате было принято решение — упразднить аналогичные факультеты в Институте народного хозяйства им. Г.В. Плеханова и Финансовом институте и сосредоточить подготовку этих специалистов в МЭСИ. Канд. техн. наук, доц. В.И. Исаков возглавил выпускающую кафедру «Организация механизации учета и вычислительных работ (ОМУ и ВР)» (1956—1960), на которой работали такие видущие преподаватели, как: В.А. Гинодман, Ф.Л. Усыскин, А.М. Усан, С.П. Голиков, и молодые преподаватели: М.А. Королев, Ю.Б. Иванов, Г.А. Титоренко и др. Канд. техн. наук, доц. Г.П. Евстигнеев стал заведующим выпускающей кафедрой «Счетные машины и их эксплуатация» (1956—1965). В этот период на кафедре работали ведущие преподаватели: В.Н. Криушин (впоследствии заведующий кафедрой «Вычислительные машины»), В.В. Каплинский, Н.Ф. Усков, Б.А. Брук и В.Н. Рязанкин. Несколько позднее кафедру пополнили К.С. Неслучовский, В.Н. Бобров и др.

Ведущую роль в дальнейшей разработке теории и методологии механизированной обработки экономической информации в середине 1950-х — 1060-х годов сыграли труды профессора В.И. Исакова, которым было подготовлено более 10 учебников и учебных пособий по применению вычислительной техники на предприятиях различных отраслей народного



В настоящее время в университете в области информационно-коммуникационных технологий в университете сформировались четыре научные школы:

- Теория и методология проектирования информационных систем — руководитель докт. экон. наук, профессор Ю.Ф Тельнов;
- Технологии информационного менеджмента, управления информационными ресурсами и знаниями — руководитель докт. экон. наук, проф. Уринцов А.И.
- Технологии создания программного обеспечения информационных систем — руководитель канд. техн. наук, доцент С.В. Федосеев
- Методология построения интегрированных автоматизированных организационно-технических и экономических информационных систем — руководитель канд. техн. наук, доцент А.А. Микрюков.

В монографии в рамках названных научных школ представлены материалы фундаментальных работ ученых МЭСИ, которые были опубликованы и внесли существенный вклад в развитие компьютерных технологий и информационных систем:

Королев М.А., Хотяшов Э.Н., Мишенин А.И. Теория экономических информационных систем. М.: Финансы и статистика, 1983 (п. 1.3 монографии).

Шураков В.В. Надежность программного обеспечения систем обработки данных: Учебник. М.: Финансы и статистика, 1987 (п. 6.2, 6.3 монографии).

Россия на пути к Smart обществу / Под ред. проф. Н.В. Тихомировой, проф. В.П. Тихомирова. М.: IDOPress, 2012 (гл. 5 монографии).

Пятибратов А.П., Гудыно Л.П., Кириченко А.А. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации: Учебник / Под ред. А.П. Пятибратова. М.: Финансы и статистика; ИНФРА-М, 2008 (п. 7.1 монографии).

Алферова З.В., Езжева В.П. Применение теории графов в экономических расчетах. М.: Статистика, 1971 (п. 6.5.1 монографии).

Разумов О.С., Благодатских В.А. Системные знания: концепция, методология, практика. М.: Финансы и статистика, 2006 (п. 6.5.2 монографии).

Дайтубегов Д.М. Черноусов Е.А. Основы алгоритмизации и алгоритмические языки: Учебник. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Финансы и статистика, 1992 (п. 6.1 монографии).

Хотяшов Э.Н. Проектирование экономических информационных систем. М.: Финансы и статистика, 1985 (п. 8.3 монографии).

Тельнов Ю.Ф. Интеллектуальные информационные системы. М.: СИНТЕГ, 2002 (п. 1.4 монографии).

Введение

Смирнова Г.Н., Сорокин А.А., Тельнов Ю.Ф. Проектирование экономических информационных систем / Под ред. Ю.Ф. Тельнова. М.: Финансы и статистика, 2001 (п. 1.1, 8.1—8.4 монографии).

Тельнов Ю.Ф. Рейнжиниринг бизнес-процессов: компонентная методология. М: Финансы и статистика, 2004 (п. 4.1 монографии).

Дик В.В. Методология формирования решений в экономических системах и инструментальные среды их поддержки. М.: Финансы и статистика, 2000 (п. 1.2, 4.2 монографии).

Уринцов А.И., Дик В.В. Системы формирования и принятия решений в условиях информатизации общества: М.: Евразийский открытый институт, 2008. (п. 1.2, 4.2 монографии).

Диго С.М. Базы данных М.: Финансы и статистика, 2005 (п. 8.5 монографии).

Предметно-ориентированные экономические информационные системы / Под ред. В.П. Божко. М.: Финансы и статистика, 2011 (п. 3.2—3.5 монографии).

Хорошилов А.В., Селетков С.Н. Мировые информационные ресурсы. СПб.: Питер, 2004 (п. 5.1 монографии).

Селетков С.Н., Днепровская Н.В. Управление информацией и знаниями в компаниях. М.: Инфра-М, 2011 (п. 5.1, 5.2 монографии).

Введение написано докт. экон. наук, проф. В.П. Божко, канд. экон. наук, проф. В.П. Грибановым, докт. экон. наук, проф. Ю.Ф. Тельновым. Параграфы 1.1, 1.3, 1.4, 4.1, 8.1 — 8.4 подготовлены докт. экон. наук, проф. Ю.Ф Тельновым, п. 1.2, 4.2 — докт. экон. наук, проф. В.В. Диком, докт. экон. наук, проф. А.И. Уринзовым, глава 6 — канд. техн. наук, доц. С.В. Федосеевым, п. 7.1 — канд. техн. наук, доц. А.А. Микрюковым. Глава 2 написана канд. техн. наук, доц. И.Г. Федоровым, п. 3.1 — канд. техн. наук, доц. Медведевым А.В., п. 3.2 — Т.Н. Воронковой, п. 3.3 — канд. экон. наук, доц. Г.Е. Голкиной, п. 3.4 — канд. экон. наук, доц. М.Г. Макаровым, п. 3.5 — докт. экон. наук, проф. В.П. Божко, п. 5.1 — проф., докт. техн. наук С.Н. Селетковым, доц., канд. экон. наук Н.В. Днепровской, п. 5.2 — канд. экон. наук И.В. Павлековой, п. 7.2 — канд. техн. наук, доц. А.А. Микрюковым, канд. техн. наук, проф. О.С. Разумовым, п. 7.3 — доц. Н.И. Баяндиным, п. 8.5 — канд. экон. наук, проф. С.М. Диго. Общее научное редактирование выполнил докт. экон. наук, проф. Ю.Ф. Тельнов.

9. Вендрев А.М. Практикум по проектированию программного обеспечения экономической информационной системы. М.: Финансы и статистика, 2002.
10. Калянов Г.Н. Структурный системный анализ: автоматизация и применение. М.: Лори, 1996.
11. Калянов Г.Н. Моделирование, анализ, реорганизация и автоматизация бизнес-процессов. М.: Финансы и статистика, 2006.
12. Зиндер Е.З. Бизнес-реинжиниринг и технологии системного проектирования: учеб. пособие для вузов. М.: Центр информационных технологий, 1996. 2003.
13. Вигерс К. Разработка требований к программному обеспечению: Пер. с англ. М.: Русская Редакция, 2004.
14. Диго С.М. Базы данных. М.: Финансы и статистика, 2003.
15. Смирнова Г.Н., Сорокин А.А., Тельнов Ю.Ф. Проектирование экономических информационных систем. М.: Финансы и статистика, 2003.
16. Тельнов Ю.Ф. Реинжиниринг бизнес-процессов: компонентная методология. 2-е изд. М.: Финансы и статистика, 2004.
17. Хотяшов Э.Н. Проектирование машинной обработки экономической информации. М.: Финансы и статистика, 1987.
18. Проектирование машинной обработки экономической информации / Г.А. Титоренко, Г.С. Федорова, А.В. Абанина и др. М.: Статистика, 1979.
19. Информационные системы и технологии в экономике и управлении / Под ред В.В. Трофимова. М.: Высшее образование, 2006.
20. Марка Д.А., МакГоун К. Методология структурного анализа и проектирования: Пер. с англ. М.: Метатехнология, 1993.
21. Гейн К., Сарсон Т. Системный структурный анализ: средства и методы. М.: Эйтекс, 1992.
22. Фаулер М., Скотт К. UML в кратком изложении: Пер. с англ. М.: Мир, 1999.
23. Буч Г., Рамбо Д., Джекобсон А. Язык UML. Руководство пользователя. М.: ДМК Пресс, 2001.
24. Шеер В.А. Моделирование бизнес-процессов. 2-е изд.: Пер. с англ. М.: Весть-Метатехнология, 2000.
25. Моделирование бизнес. Методология ARIS / М. Каменнова, А. Громов, М. Феропонтов и др. / Под ред. М. Каменновой. М.: Серебряные нити, 2001.

Оглавление ✓

Введение	5
Глава 1. Теория информационных систем и технологий	20
1.1. Теоретические основы информационных систем	20
1.2. Теоретические основы информационных технологий	27
1.3. Структура информационного пространства	35
1.4. Эволюция информационных систем	41
Библиографический список	46
Глава 2. Технологии управления бизнес-процессами в среде BPM	49
2.1. Характеристика систем управления бизнес-процессами	49
2.2. Создание исполняемой модели бизнес-процесса в среде BPM	57
2.3. Управление бизнес-процессами в среде BPM	60
Библиографический список	73
Глава 3. Предметно-ориентированные информационные системы	74
3.1. Корпоративные информационные системы — информационные системы управления предприятием	74
3.2. Банковские информационные системы	82
3.3. Бухгалтерские информационные системы	87
3.4. Налоговые информационные системы	100
3.5. Статистическая информационная система	105
Библиографический список	113

Глава 4. Системы поддержки принятия решений	116
4.1. Характеристика систем поддержки принятия решений	116
4.2. Этапы и проблемы развития систем поддержки принятия решения	123
<i>Библиографический список</i>	140
Глава 5. Технологии управления информационными ресурсами и знаниями	142
5.1. Развитие теории и практики управления информационными ресурсами	142
5.2. Технологии управления знаниями	170
<i>Библиографический список</i>	183
Глава 6. Математическое и программное обеспечение информационных систем	185
6.1. Представление данных в языках программирования	185
6.2. Факторы, определяющие надежность программного обеспечения	195
6.3. Экономические аспекты разработки программного обеспечения	205
6.4. Теоретические основы алгоритмизации и программирования	212
<i>Библиографический список</i>	226
Глава 7. Управление информационной инфраструктурой предприятия	228
7.1. Развитие и совершенствование архитектуры вычислительных систем и сетей	228
7.2. Методы и средства управления информационной инфраструктурой	240
7.3. Современные методы обеспечения информационной безопасности в интегрированных организационно-технических и экономических информационных системах	245
<i>Библиографический список</i>	255

Глава 8. Теоретические основы проектирования информационных систем	257
8.1. Технология проектирования информационных систем	257
8.2. Жизненный цикл информационных систем	264
8.3. Формализация технологии проектирования информационных систем	269
8.4. Методологии моделирования проблемной области	274
8.5. Проектирование базы данных	283
<i>Библиографический список</i>	299

6. Теория систем и системный анализ в управлении организациями: Справочник: Учеб. пособие / Под. ред. В.Н. Волковой и А.А. Емельянова. М.: Финансы и статистика; ИНФРА-М, 2009.
7. Альманах itSMF Россия. Избранные статьи, 2010.
8. Основы программной инженерии (по SWEBOK). <http://swebok.sorlik.ru/softwareengineering.html>.
9. Доктрина информационной безопасности Российской Федерации (утв. Президентом РФ 9 сентября 2000 г.).
10. Резолюция 14 Национального форума информационной безопасности «Инфофорум», Москва, 7—8 февраля 2012 г., www.infoforum.ru
11. Шерстюк В.П. Актуальные научные проблемы информационной безопасности и противодействия терроризму // (Материалы 5-й Международной научной конференции по проблемам безопасности и противодействия терроризму, МГУ).
12. Белов Е.П. и др. Основы информационной безопасности. М.: Телеком — Горячая линия, 2007.
13. Бабаш А.В. Криптографические и теоретико-автоматные аспекты современной защиты информации. М.: Евразийский открытый институт. Т. 1—3, 2008.
14. Мельников Д.А. Организация и обеспечение безопасности информационно-технологических сетей и систем. М.: IDO Press «Университетская книга», 2011.
15. Баяндин Н.И. Основы деловой разведки. М.: Евразийский открытый институт, 2011.
16. Безопасность России. Информационная безопасность / Под ред. В.П. Шерстюка. М. 2006.

Глава 8. Теоретические основы проектирования информационных систем

8.1. Технология проектирования информационных систем

Современные информационные технологии предоставляют широкий набор способов реализации информационных систем (ИС). Кроме того, создание ИС, как правило, осуществляется на основе требований со стороны предполагаемых пользователей, которые, как правило, изменяются в процессе разработки. С точки зрения теории принятия решений процесс проектирования ИС — это процесс принятия проектно-конструкторских решений, направленных на получение описания системы (проекта ИС), удовлетворяющего требованиям заказчика [15, 17].

Под проектом ИС будем пониматься проектно-конструкторскую и технологическую документацию, в которой представлено описание проектных решений по созданию и эксплуатации ИС в конкретной программно-технической среде.

Под проектированием ИС понимается процесс преобразования входной информации об объекте проектирования, о методах проектирования и об опыте проектирования объектов аналогичного назначения в соответствии с ГОСТ в проект ИС. С этой точки зрения проектирование ИС сводится к последовательной формализации проектных решений на различных стадиях жизненного цикла ИС: планирования и анализа требований, технического и рабочего проектирования, внедрения и эксплуатации ИС.

Объектами проектирования ИС являются отдельные элементы или их комплексы функциональных и обеспечивающих частей. Так, функциональными элементами в соответствии с традиционной декомпозицией выступают задачи, комплексы задач и функции управления. В составе обеспечивающей части ИС объектами проектирования служат элементы и их комплексы информационного, программного и технического обеспечения системы.

Субъектом проектирования ИС являются коллективы специалистов, которые осуществляют проектную деятельность, как правило, в составе специализированной (проектной) организации, и организация-заказчик, для которой необходимо разработать ИС. Масштабы разраба-

тываемых систем определяют состав и число участников процесса проектирования. При большом объеме и жестких сроках выполнения проектных работ в разработке системы могут принимать участие несколько проектных коллективов (организаций-разработчиков). В этом случае выделяется головная организация, которая координирует деятельность всех организаций-соисполнителей.

Форма участия соисполнителей в разработке проекта системы может быть различной. Наиболее распространенной является форма, при которой каждый соисполнитель выполняет проектные работы от начала до конца для какой-либо части разрабатываемой системы. Обычно это бывает функциональная подсистема или взаимосвязанный комплекс задач управления. Реже встречается форма участия соисполнителей, когда отдельные соисполнители выполняют работы на отдельных этапах процесса проектирования. Возможен вариант, когда функции заказчика и разработчика совмещаются, то есть ИС проектируются собственными силами.

Осуществление проектирования ИС предполагает использование проектировщиками определенной технологии проектирования, соответствующей масштабу и особенностям разрабатываемого проекта.

Технология проектирования ИС — это совокупность методов и средств проектирования ИС, а также методов и средств организации проектирования (управления процессом создания и модернизации проекта ИС) (рис. 8.1).



Рис. 8.1. Состав компонентов технологии проектирования

В основе технологии проектирования лежит технологический процесс, который определяет действия, их последовательность, состав исполнителей, средства и ресурсы, требуемые для выполнения этих действий.

Так, технологический процесс проектирование ИС в целом делится на совокупность последовательно-параллельных, связанных и соподчиненных цепочек действий, каждое из которых может иметь свой предмет. Действия, которые выполняются при проектировании ИС, могут быть определены как неделимые технологические операции или как подпроцессы технологических операций. Все действия могут быть собственно проектировочными, которые формируют или модифицируют результаты проектирования, и оценочными, которые вырабатывают по установленным критериям оценки результатов проектирования.

Таким образом, технология проектирования задается регламентированной последовательностью технологических операций, выполняемых в процессе создания проекта на основе того или иного метода, в результате чего стало бы ясно, не только ЧТО должно быть сделано для создания проекта, но и КАК, КОМУ, и в КАКОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ это должно быть сделано.

Предметом любой выбираемой технологии проектирования должно служить отражение взаимосвязанных процессов проектирования на всех стадиях жизненного цикла ИС.

К основным требованиям, предъявляемым к выбираемой технологии проектирования, относятся следующие:

- созданный с помощью этой технологии проект должен отвечать требованиям заказчика;
- выбранная технология должна максимально отражать все этапы цикла жизни проекта;
- выбираемая технология должна обеспечивать минимальные трудовые и стоимостные затраты на проектирование и сопровождение проекта;
- технология должна быть основой связи между проектированием и сопровождением проекта;
- технология должна способствовать росту производительности труда проектировщика;
- технология должна обеспечивать надежность процесса проектирования и эксплуатации проекта;
- технология должна способствовать простому ведению проектной документации.

Основу технологии проектирования ИС составляет методология, которая определяет сущность, основные отличительные технологические особенности. Методология проектирования включает некоторую концепцию, принципы проектирования, реализуемые набором методов.

6. Теория систем и системный анализ в управлении организациями: Справочник: Учеб. пособие / Под. ред. В.Н. Волковой и А.А. Емельянова. М.: Финансы и статистика; ИНФРА-М, 2009.
7. Альманах itSMF Россия. Избранные статьи, 2010.
8. Основы программной инженерии (по SWEBOK). <http://swebok.sorlik.ru/softwareengineering.html>.
9. Доктрина информационной безопасности Российской Федерации (утв. Президентом РФ 9 сентября 2000 г.).
10. Резюме 14 Национального форума информационной безопасности «Инфофорум», Москва, 7—8 февраля 2012 г., www.infoforum.ru
11. Шерстюк В.П. Актуальные научные проблемы информационной безопасности и противодействия терроризму // (Материалы 5-й Международной научной конференции по проблемам безопасности и противодействия терроризму, МГУ).
12. Белов Е.П. и др. Основы информационной безопасности. М.: Телеком — Горячая линия, 2007.
13. Бабаш А.В. Криптографические и теоретико-автоматные аспекты современной защиты информации. М.: Евразийский открытый институт. Т. 1—3, 2008.
14. Мельников Д.А. Организация и обеспечение безопасности информационно-технологических сетей и систем. М.: IDO Press «Университетская книга», 2011.
15. Баяндин Н.И. Основы деловой разведки. М.: Евразийский открытый институт, 2011.
16. Безопасность России. Информационная безопасность / Под ред. В.П. Шерстюка. М. 2006.

Глава 8. Теоретические основы проектирования информационных систем

8.1. Технология проектирования информационных систем

Современные информационные технологии предоставляют широкий набор способов реализации информационных систем (ИС). Кроме того, создание ИС, как правило, осуществляется на основе требований со стороны предполагаемых пользователей, которые, как правило, изменяются в процессе разработки. С точки зрения теории принятия решений процесс проектирования ИС — это процесс принятия проектно-конструкторских решений, направленных на получение описания системы (проекта ИС), удовлетворяющего требованиям заказчика [15, 17].

Под проектом ИС будем понимать проектно-конструкторскую и технологическую документацию, в которой представлено описание проектных решений по созданию и эксплуатации ИС в конкретной программно-технической среде.

Под проектированием ИС понимается процесс преобразования входной информации об объекте проектирования, о методах проектирования и об опыте проектирования объектов аналогичного назначения в соответствии с ГОСТ в проект ИС. С этой точки зрения проектирование ИС сводится к последовательной формализации проектных решений на различных стадиях жизненного цикла ИС: планирования и анализа требований, технического и рабочего проектирования, внедрения и эксплуатации ИС.

Объектами проектирования ИС являются отдельные элементы или их комплексы функциональных и обеспечивающих частей. Так, функциональными элементами в соответствии с традиционной декомпозицией выступают задачи, комплексы задач и функции управления. В составе обеспечивающей части ИС объектами проектирования служат элементы и их комплексы информационного, программного и технического обеспечения системы.

Субъектом проектирования ИС являются коллективы специалистов, которые осуществляют проектную деятельность, как правило, в составе специализированной (проектной) организации, и организация-заказчик, для которой необходимо разработать ИС. Масштабы разраба-

дов проектирования, которые, в свою очередь должны поддерживатьсь некоторыми средствами проектирования.

Организация проектирования включает определение методов взаимодействия проектировщиков между собой и с заказчиком в процессе создания проекта ИС, которые могут также поддерживаться набором специфических средств. Методы и средства организации проектирования ИС будут рассмотрены в п. 8.2.

Методы проектирования ИС можно классифицировать по степени использования средств автоматизации, типовых проектных решений, адаптивности к предполагаемым изменениям.

Так, по *степени автоматизации* методы проектирования разделяются на методы:

- ручного проектирования, при котором проектирование компонентов ИС осуществляется без использования специальных инструментальных программных средств, а программирование на алгоритмических языках;
- компьютерного проектирования, которое производит генерацию или конфигурацию (настройку) проектных решений на основе использования специальных инструментальных программных средств.

По *степени использования типовых проектных решений* различают следующие методы проектирования:

- оригинального (индивидуального) проектирования, когда проектные решения разрабатываются «с нуля» в соответствии с требованиями к ИС;
- типового проектирования, с конфигурацией ИС из готовых типовых проектных решений (программных модулей).

Оригинальное (индивидуальное) проектирование ИС характеризуется тем, что все виды проектных работ ориентированы на создание индивидуальных для каждого объекта проектов, которые в максимальной степени отражают все его особенности.

Типовое проектирование выполняется на основе опыта, полученного при разработке индивидуальных проектов. Типовые проекты, как обобщение опыта для некоторых групп организационно-экономических систем или видов работ, в каждом конкретном случае связано с множеством специфических особенностей и различается по степени охвата функций управления, выполняемых работам и разрабатываемой проектной документации.

По *степени адаптивности проектных решений* методы проектирования классифицируются на методы:

- реконструкции, когда адаптация проектных решений выполняется путем переработки соответствующих компонентов (перепрограммирования программных модулей);
- параметризации, когда проектные решения настраиваются (перегенерируются) в соответствии с изменяемыми параметрами;
- реструктуризации модели, когда изменяется модель проблемной области, на основе которой автоматически перегенерируются проектные решения.

Сочетание различных признаков классификации методов проектирования обуславливает характер используемой технологии проектирования ИС, среди которых выделяются два основные класса: каноническая и индустриальная технологии (табл. 8.1). Индустриальная технология проектирования в свою очередь разбивается на два подкласса: автоматизированное (использование CASE-технологий) и типовое (параметрически-ориентированное или модельно-ориентированное) проектирование. Использование индустриальных технологий проектирования не исключает использование в отдельных случаях канонической технологии.

Таблица 8.1. Характеристики классов технологий проектирования

Класс технологии проектирования	Степень автоматизации	Степень типизации	Степень адаптивности
Каноническое проектирование	Ручное проектирование	Оригинальное проектирование	Реконструкция
Автоматизированное проектирование	Компьютерное проектирование	Оригинальное проектирование	Реструктуризация модели (генерация ИС)
Типовое проектирование	Компьютерное проектирование	Сборочное проектирование	Параметризация и реструктуризация модели (конфигурация ИС)

Для конкретных видов технологий проектирования свойственно применение определенных средств разработки ИС, которые поддерживают выполнение, как отдельных проектных работ, этапов, так и их совокупностей. Поэтому перед разработчиками ИС, как правило, стоит задача выбора средств проектирования, которые по своим характеристикам в наибольшей степени соответствуют требованиям конкретного предприятия.

Средства проектирования должны:

- в своем классе быть инвариантны к объекту проектирования;
- охватывать в совокупности все этапы жизненного цикла ИС;
- технически, программно и информационно совместимыми;
- быть простыми в освоении и применении;
- быть экономически целесообразными.

Средства проектирования ИС возможно разделить на два класса: без использования ЭВМ и с использованием ЭВМ.

Средства проектирования без использования ЭВМ применяются на всех стадиях и этапах проектирования ИС. Как правило, это средства организационно-методического обеспечения операций проектирования и, в первую очередь, различные стандарты, регламентирующие процесс проектирования систем. Сюда же относятся единая система классификации и кодирования информации, унифицированная система документации, модели описания и анализа потоков информации и т.п.

Средства проектирования с использованием ЭВМ могут применяться как на отдельных, так и на всех стадиях и этапах процесса проектирования ИС и соответственно поддерживают разработку элементов проекта системы, разделов проекта системы, проекта системы в целом. Все множество средств проектирования с использованием ЭВМ делят на четыре подкласса.

К первому подклассу относятся операционные средства, которые поддерживают проектирование операций обработки информации. К данному подклассу средств относятся алгоритмические языки, библиотеки стандартных подпрограмм и классов объектов, макрогенераторы, генераторы программ типовых операций обработки данных и т.п., а также средства расширения функций операционных систем (утилиты). В данный класс включаются также такие простейшие инструментальные средства проектирования, как средства для тестирования и отладки программ, поддержки процесса документирования проекта и т.п. Особенность последних программ заключается в том, что с их помощью повышается производительность труда проектировщиков, но не разрабатывается законченное проектное решение.

Таким образом, средства данного подкласса поддерживают отдельные операции проектирования ИС и могут применяться независимо друг от друга.

Ко второму подклассу относят средства, поддерживающие проектирование отдельных компонентов проекта ИС. К данному подклассу относятся средства общесистемного назначения:

- системы управления базами данными (СУБД);
- методоориентированные пакеты прикладных программ (решение задач дискретного программирования, математической статистики и т.п.);
- табличные процессоры;
- статистические ППП;
- оболочки экспертных систем;
- графические редакторы;
- текстовые редакторы;
- интегрированные ППП (интерактивная среда с встроенными диалоговыми возможностями, позволяющая интегрировать вычислительные программные средства).

Для перечисленных средств проектирования характерно их использование для разработки технологических подсистем ИС: ввода информации, организации хранения и доступа к данным, вычислений, анализа и отображения данных, принятия решений.

К третьему подклассу относятся средства, поддерживающие проектирование разделов проекта ИС. В этом подклассе выделяют функционально-ориентированные средства проектирования.

Функционально-ориентированные средства направлены на разработку автоматизированных систем, реализующих функции, комплексы задач и задачи управления. Разнообразие предметных областей порождает многообразие средств данного подкласса, ориентированных на тип организационной системы (промышленная, непромышленная сфера), уровень управления (например, предприятие, цех, отдел, участок, рабочее место), функцию управления (планирование, учет и т.п.).

К функциональным средствам проектирования систем обработки информации относятся типовые проектные решения, функциональные пакеты прикладных программ, типовые проекты.

К четвертому подклассу средств проектирования ИС относятся средства, поддерживающие разработку проекта на стадиях и этапах процесса проектирования. К данному классу относится подкласс средств автоматизации проектирования ИС (CASE-средства).

Современные CASE-средства, в свою очередь, классифицируются в основном по двум признакам:

- 1) по охватываемым этапам процесса разработки ИС;
- 2) по степени интегрированности — отдельные локальные средства (tools), набор неинтегрированных средств, охватывающих большинство этапов разработки ИС (toolkit) и полностью интегрированные средства, связанные общей базой проектных данных — репозиторием (workbench).

8.2. Жизненный цикл информационных систем

Потребность в создании ИС может обуславливаться либо необходимостью автоматизации или модернизации существующих информационных процессов, либо коренной реорганизации в деятельности предприятия (проведения бизнес-реинжиниринга). Потребности создания ИС указывают, во-первых, для достижения каких именно целей необходимо разработать систему; во-вторых, к какому моменту времени целесообразно осуществить разработку; в-третьих, какие затраты необходимо осуществить для проектирования системы.

Проектирование ИС — трудоемкий, долгий и динамический процесс. Технологии проектирования, применяемые в настоящее время, предполагают поэтапную разработку системы. Этапы по общности целей могут объединяться в стадии. Совокупность стадий и этапов, которые проходит ИС в своем развитии от момента принятия решения о создании системы до момента прекращения функционирования системы, называется жизненным циклом ИС.

Суть содержания жизненного цикла разработки ИС в различных подходах одинакова и сводится к выполнению следующих стадий.

1. Планирование и анализ требований (предпроектная стадия) — системный анализ. Исследование и анализ существующей информационной системы, определение требований к создаваемой ИС, оформление технико-экономического обоснования (ТЭО) и технического задания (ТЗ) на разработку ИС.

2. Проектирование (техническое проектирование, логическое проектирование). Разработка в соответствии со сформулированными требованиями состава автоматизируемых функций (функциональной архитектуры) и состава обеспечивающих подсистем (системной архитектуры), оформление технического проекта ИС.

3. Реализация (рабочее проектирование, физическое проектирование, программирование). Разработка и настройка программ, наполнение баз данных, создание рабочих инструкций для персонала, оформление рабочего проекта.

4. Внедрение (тестирование, опытная эксплуатация). Комплексная отладка подсистем ИС, обучение персонала, поэтапное внедрение ИС в эксплуатацию по подразделениям экономического объекта, оформление акта о приемо-сдаточных испытаниях ИС.

5. Эксплуатация ИС (сопровождение, модернизация). Сбор рекламаций и статистики о функционировании ИС, исправление ошибок

и недоработок, оформление требований к модернизации ИС и ее выполнение (повторение стадий 2—5).

Часто вторая и третья стадии объединяют в одну, называемую технорабочим проектированием. Рассмотрим основное содержание стадий и этапов жизненного цикла ИС.

К основным целям процесса *планирования и анализа требований* относится следующее:

- сформулировать потребность в новой ИС (идентифицировать все недостатки существующей ИС) или разработать концепцию;
- выбрать направление и определить экономическую целесообразность проектирования ИС.

Системный анализ ИС начинается с описания и анализа функционирования рассматриваемого экономического объекта (системы) в соответствии с требованиями (целями), которые предъявляются к нему. В результате этого этапа выявляются основные недостатки существующей ИС, на основании которых формулируется потребность в совершенствовании системы управления этим объектом, и ставится задача определения экономически обоснованной необходимости автоматизации определенных функций управления, то есть создается технико-экономическое обоснование проекта.

После определения этой потребности возникает проблема выбора направлений совершенствования объекта на основе выбора программно-технических средств. Результаты оформляются в виде технического задания на проект, в котором отражаются технические условия и требования к ИС, а также ограничения на ресурсы проектирования. Требования к ИС определяются в терминах функций, реализуемых системой, и предоставляемой ею информации.

При *технорабочем проектировании ИС* требуется:

- разработать функциональную архитектуру ИС, которая отражает структуру выполняемых функций,
- разработать системную архитектуру выбранного варианта ИС, то есть состав обеспечивающих подсистем,
- выполнить реализацию проекта.

Этап по составлению функциональной архитектуры (ФА), представляющей собой совокупность функциональных подсистем и связей между ними, является наиболее ответственным с точки зрения определения сущности решаемых автоматизированно задач и качества всей последующей разработки.

Построение системной архитектуры (СА) на основе ФА предполагает выделение элементов и модулей информационного, технического, программного обеспечения и других обеспечивающих подсистем,

определение связей по информации и управлению между выделенными элементами и разработку технологии обработки информации.

Этап конструирования (реализации, физического проектирования системы) включает разработку инструкций пользователям и программ, создания информационного обеспечения, включая наполнение баз данных.

Внедрение разработанного проекта проходит следующие этапы:

- опытное внедрение;
- промышленное внедрение.

Этап опытного внедрения заключается в проверке работоспособности элементов и модулей проекта, устранение ошибок на уровне элементов и связей между ними, а также обучения персонала.

Этап сдачи в промышленную эксплуатацию заключается в организации проверки проекта на уровне функций и контроля соответствия его требованиям, сформулированных на стадии системного анализа.

На стадии эксплуатации и сопровождения проекта выполняются следующие этапы:

- эксплуатации проекта системы;
- модернизация проекта ИС.

Рассмотренная схема жизненного цикла ИС условно включает в свой состав только основные стадии и этапы, реальное содержание которых в значительной степени зависит от выбираемой технологии проектирования.

Важной чертой жизненного цикла ИС является его повторяемость: «системный анализ — разработка — сопровождение — системный анализ». Это соответствует представлению об ИС как о развивающейся, динамической системе. При первом выполнении стадии «Разработка» создается проект ИС, а при повторном выполнении осуществляется модификация (модернизация) проекта для поддержания его в актуальном состоянии.

Другой характерной чертой жизненного цикла является наличие нескольких циклов внутри схемы:

- первый цикл, включающий все этапы — это цикл первичного проектирования ИС;
- второй цикл возникает после опытного внедрения, в результате которого выясняются частные ошибки в элементах проекта, исправляемые на этапе реализации проекта;
- третий цикл возникает после сдачи в промышленную эксплуатацию, когда выявляют ошибки в функциональной архитектуре системы, связанные с несоответствием проекта требованиям

заказчика по составу функциональных подсистем, составу задач и связями между ними, в этом случае осуществляется изменение функциональной архитектуры;

- четвертый цикл возникает в том случае, когда требуется модификация системной архитектуры в связи с необходимостью адаптации проекта к новым условиям функционирования системы, в этом случае осуществляется изменение системной архитектуры;
- пятый цикл возникает, если проект системы совершенно не соответствует требованиям, предъявляемым к организационно-экономической системе ввиду того, что произошло моральное старение и требуется полное перепроектирование системы.

Чтобы исключить пятый цикл и максимально уменьшить необходимость выполнения третьего и четвертого циклов, необходимо выполнять проектирование ИС на всех этапах первого основного цикла разработки ИС в соответствии с требованиями в следующих аспектах:

- разработка ИС должна быть выполнена в строгом соответствии с сформулированными требованиями к создаваемой системе;
- требования к ИС должны адекватно соответствовать целям и задачам эффективного функционирования экономического объекта;
- созданная ИС должна соответствовать сформулированным требованиям на момент окончания внедрения, а не на момент начала разработки;
- внедренная ИС должна развиваться и адаптироваться в соответствии с постоянно изменяющимися требованиями к ИС.

С точки зрения реализации перечисленных аспектов в технологиях проектирования ИС модели жизненного цикла, определяющие порядок выполнения стадий и этапов, претерпевали существенные изменения. В числе известных моделей жизненного цикла можно выделить следующие модели на:

- *каскадная модель* — последовательный переход на следующий этап после завершения предыдущего.
- *итерационная модель* — с итерационными возвратами на предыдущие этапы после выполнения очередного этапа.
- *спиральная модель* — прототипная модель, предполагающая постепенное расширение прототипа ИС.
- *инкрементная модель* — разработка многоверсионной ИС в соответствии с несколькими наборами требований.

1. *Каскадная модель*. Для этой модели жизненного цикла характерна автоматизация отдельных несвязанных задач, не требующая вы-

полнения информационной интеграции и совместимости, программного, технического и организационного сопряжения. В рамках решения отдельных задач каскадная модель жизненного цикла по срокам разработки и надежности оправдывала себя. Применение каскадной модели жизненного цикла к большим и сложным проектам вследствие большой продолжительности процесса проектирования и изменчивости требований за это время приводит к практической их нереализуемости.

2. Итерационная модель. Создание комплексных ИС включает проведение увязки проектных решений, получаемых при реализации отдельных задач. Подход к проектированию «снизу-вверх» обуславливает необходимость таких итерационных возвратов, когда проектные решения по отдельным задачам компонентируются в общие системные решения и при этом возникает потребность в пересмотре ранее сформулированных требований. Как правило, вследствие большого числа итераций возникают рассогласования выполненных проектных решений и документации. Запутанность функциональной и системной архитектуры созданной ИС, трудность в использовании проектной документации вызывает на стадиях внедрения и эксплуатации сразу необходимость перепроектирования всей системы. Длительный жизненный цикл разработки ИС практически заканчивается этапом внедрения, за которым начинается жизненный цикл создания новой ИС.

3. Спиральная модель. Используется подход к организации проектирования ИС «сверху-вниз», когда сначала определяется состав функциональных подсистем, а затем постановки отдельных задач. Соответственно сначала разрабатываются такие общесистемные вопросы как организация интегрированной базы данных, технологии сбора, передачи и накопления информации, а затем технология решения конкретных задач. В рамках комплексов задач программирование осуществляется по направлению от головных программных модулей к исполняющим отдельные функции модулям. При этом на первый план выходят вопросы организации интерфейсов программных модулей между собой и с базой данных, а на второй план — реализация алгоритмов.

В основе спиральной модели жизненного цикла лежит применение прототипной технологии, или технологии быстрой разработки приложений — технологии (rapid application development, RAD). (J. Martin. Rapid Application Development. New York: Macmillan, 1991). Согласно этой технологии ИС разрабатывается путем расширения программных прототипов, повторяя путь от детализации требований к детализации программного кода. Естественно, что при прототипной технологии сокращается число итераций и меньше возникает ошибок

и несоответствий, которые необходимо исправлять на последующих итерациях, а само проектирование ИС осуществляется более быстрыми темпами, упрощается создание проектной документации. Для более точного соответствия проектной документации разработанной ИС все большее значение придается ведению общесистемного репозитория и использованию CASE-технологий.

Жизненный цикл при использовании RAD-технологии требует активного участия на всех этапах разработки конечных пользователей будущей системы и включает четыре основные стадии так называемого информационного инжиниринга:

- анализ и планирование информационной стратегии. Пользователи вместе со специалистами-разработчиками участвуют в идентификации проблемной области;
- проектирование. Пользователи принимают участие в техническом проектировании под руководством специалистов-разработчиков;
- конструирование. Специалисты-разработчики разрабатывают рабочую версию ИС с использованием языков 4-го поколения.
- внедрение. Специалисты-разработчики обучают пользователей работе в среде новой ИС.

4. Инкрементная модель представляет собой модификацию спиральной модели. Это параллельная разработка нескольких версий ИС в соответствии с несколькими наборами требований. Применение такой модели целесообразно для сложных объектов автоматизации, например, территориально-распределенных предприятий и организаций с различным уровнем зрелости входящих структур. В данной модели предусмотрена разработка базового набора требований к ИС и соответственно базовой версии системы.

Параллельная работа над версиями информационной системы ускоряет процесс разработки, но вместе с тем требует проведения дополнительных работ по согласованию версий, усложняет процесс управления конфигурацией системы. В этом случае требуется разработка регламента процесса внесения изменений в версии. Без таких регламентов возрастает риск несогласованности различных компонентов ИС в связи с возможной несогласованностью версий.

8.3. Формализация технологии проектирования информационных систем

Сложность, высокие затраты и трудоемкость процесса проектирования ИС на протяжении всего жизненного цикла вызывают необходимость,

с одной стороны, выбора адекватной экономическому объекту технологии проектирования, а с другой — наличия эффективного инструмента управления процессом ее применения. Поэтому возникает потребность в построении такой формализованной модели технологии проектирования, когда на ее основе можно было бы оценить необходимость и возможность применения определенной технологии проектирования с учетом сформулированных требований к ИС и выделенных ресурсов на экономическом объекте, а в последующем контролировать ход и результаты проектирования.

Известные методы сетевого планирования и управления проектами решают только одну часть поставленной проблемы: отражают последовательность технологических операций с временными и трудовыми характеристиками. При этом не раскрывается в полной мере содержательная сторона процесса проектирования, необходимая сначала для понимания сущности и оценки эффективности технологии проектирования, а затем для использования в качестве инструкционного материала в непосредственной работе проектировщиков.

В наибольшей степени задаче формализации технологии проектирования ИС соответствует аппарат технологических сетей проектирования, разработанный Э.Н. Хотяшовым [17].

Основой формализации технологии проектирования ИС является формальное определение технологической операции (ТО) проектирования в виде:

$\langle V \text{ — Вход, } W \text{ — Выход, } \Pi \text{ — Преобразователь,}$
 $R \text{ — Ресурсы, } S \text{ — Средства} \rangle$.

Графическая интерпретация технологической операции представлена на рис. 8.2. Технологические операции графически представляются в виде блоков-прямоугольников, внутри которых дается наименование ТО, перечень используемых средств проектирования и ссылки на используемые ресурсы. Входы и выходы ТО представляются идентификаторами внутри кружков, от которых и к которым идут стрелки, указывающие входные и выходные потоки.

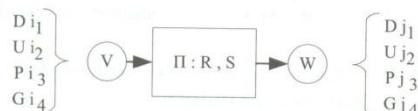


Рис. 8.2. Графическая интерпретация технологической операции

Рассмотрим детально компоненты формального определения технологической операции.

В качестве компонентов входа и выхода используются множества документов D, параметров P, программ G, универсальных множеств (универсумов) U. Для любых компонентов входа и выхода должны быть заданы формы их представления в виде твердой копии или электронном виде.

Документ D — это описатель множества взаимосвязанных фактов. С помощью документов описываются объекты материальных и информационных потоков, организационной структуры, технических средств, необходимые для проектирования и внедрения ИС. Документы определяют или исходные данные проектирования, или конечные результаты проектирования для реализации новой информационной системы, или промежуточные результаты, которые используются временно для выполнения последующих ТО. Конечные документы одновременно могут быть и промежуточными. Конечные документы должны быть оформлены в соответствии со стандартами представления проектной документации.

Параметр P — это описатель одного факта. В принципе параметр рассматривается как частный случай документа. Выделение параметров из состава документов подчеркивает значимость отдельных фактов в процессе проектирования ИС. Параметры, как правило, являются ограничениями или условиями процесса проектирования, например объем финансирования, срок разработки, форма предприятия и т.д. Параметры могут быть и варьируемыми с позиции анализа влияния их значений на результат проектирования ИС.

Программа G — частный случай документа, представляющая описание алгоритма решения задачи, которое претерпевает свое изменение по мере изменения жизненного цикла ИС: от спецификации программы до машинного кода.

Универсум U — это конечное и полное множество фактов (документов) одного типа. Обычно с помощью универсума описываются множество альтернатив, выбор из которого конкретного экземпляра определяет характер последующих проектных решений. В качестве универсумов могут рассматриваться множества параметризованных описаний технических средств, программных средств (операционных систем, СУБД, ППП и т.д.), технологий проектирования и т.д.

Преобразователь Π — это некоторая методика, или формализованный алгоритм, или машинный алгоритм преобразования входа технологической операции в ее выход. Используются ручные, автоматизированные и автоматические методы реализации преобразовате-

лей. Для formalизации преобразователей используются математические модели, эвристические правила, блок-схемы, псевдокоды.

Ресурсы R представляет собой набор людских, компьютерных, временных и финансовых средств, которые позволяют выполнить технологическую операцию. Проектировщики могут быть специалистами разной квалификации. Наличие тех или иных ресурсов существенно сказывается на характере применяемой технологии проектирования. Например, выделение сетевых компьютерных ресурсов позволяет осуществлять коллективную разработку ИС различными группами проектировщиков с распараллеливанием выполнения технологических операций.

Средства проектирования S — это специальный вид ресурса, включающий методические и программные средства выполнения технологической операции. Если преобразователь является ручным, то средство проектирования представляет методику выполнения работы, и в описании ТО дается ссылка на бумажный или электронный документ. Если преобразователь является автоматизированным или автоматическим, в описании ТО указывается ссылка на название и описание программного средства, а также руководство по его эксплуатации, причем для автоматизированных преобразователей руководство по эксплуатации в большей степени должно быть ориентировано на методику работы проектировщика с помощью данного программного средства.

На основе отдельных технологических операций строится технологическая сеть проектирования (ТСП) — взаимосвязанная по входам и выходам последовательность технологических операций проектирования, выполнение которых приводит к достижению требуемого результата — созданию проекта ИС [17]. На ТСП технологические операции графически связываются по общим входам и выходам, когда выход одной ТО является входом другой ТО (рис. 8.3).

Технологические сети проектирования могут строиться с различной степенью детализации. Наиболее детализированная ТСП, в которой каждая технологическая операция является ручной, называется канонической. Каноническая ТСП наиболее пригодна для проектировщиков-исполнителей, для которых ТСП является руководством по проектированию ИС. Вместе с тем каноническая ТСП всего проекта редко используется в полном объеме, скорее различные категории проектировщиков-исполнителей пользуются относящимися к их компетенции фрагментами канонической сети.

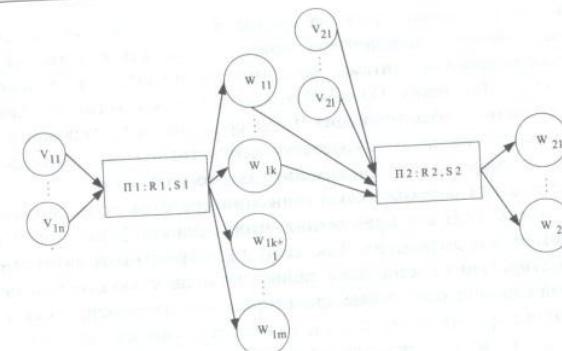


Рис. 8.3. Технологическая сеть проектирования

Для укрупнения ТСП применяются технологические операции-агрегаты, которым соответствуют фрагменты канонической ТСП. Например, ТО «Проектирование схемы базы данных» декомпозируется на ряд взаимосвязанных ТО: «Нормализация таблиц», «Установление связей», «Отображение в схему DDL СУБД» и т.д.

Для различных категорий участников и разработчиков проекта ИС требуется различная степень агрегации/детализации ТСП. Наименее детализированная ТСП нужна заказчикам, для которых она представляет набор взаимосвязанных технологических этапов со входами, соответствующими предоставляемой разработчикам информации, и выходами, соответствующими получаемым проектным документам. Для руководителей проектов технологические операции, как правило, соответствуют календарным работам с четкими сроками сдачи и документальными результатами. В принципе для этих категорий пользователей ТСП может быть преобразована в традиционный сетевой график. На этом уровне представления ТСП могут не указываться отдельные ресурсы или средства проектирования.

Для взаимодействующих проектировщиков-исполнителей очень важно отражение в ТСП связей по входу-выходу, поскольку для качественного выполнения любой технологической операции необходимо точное выполнение требований по выходу, соответствующему выходу другой ТО. Для конкретного проектировщика-исполнителя относящейся к его компетенции технологическая операция-агрегат всегда может быть раскрыта в виде фрагмента канонической сети.

При использовании средства автоматизированного проектирования проектировщик-исполнитель может пользоваться технологическими операциями-агрегатами, объединяющими фрагменты канонической ТСП. Для таких ТО обязательно задается ссылка на используемое средство проектирования. Если средство проектирования является комплексным, то указывается конкретный компонент (функция, модуль, опция и т.д.) или компоненты этого средства.

Вместе с тем в техническом описании средства проектирования полезно иметь ТСП его применения, чтобы понять функциональные возможности этого средства. Так, если ТСП программы автоматизации проектирования схемы базы данных не полностью соответствует требуемой канонической схеме проектирования, например, отсутствует операция нормализации таблиц, то проектировщики либо выберут из универсума другое средство проектирования, либо нормализацию будут выполнять вручную, а отображение в схему DDL — с помощью программы.

Технологические сети проектирования могут иметь вариантный характер построения. Например, ТСП проектирования выходных форм отчетов зависит от средства проектирования, выбор которого в свою очередь определяется сложностью отчетов. Для правильного выбора средства проектирования из универсума вводится специальная технологическая операция, которая сопоставляет параметры требований (например, число степеней итогов отчетов, многотабличность формы, многофайлность базы данных и др.) с аналогичными параметрами средства проектирования. В зависимости от выбранного средства проектирования далее выбирается конкретная ветка ТСП (рис. 2.4). Например, если в универсуме средств проектирования есть только генератор отчетов, работающий с одним файлом, то в технологической сети потребуется ввести технологическую операцию проектирования выходного файла. Если не одно из средств проектирования не подходит, то проектирование осуществляется в соответствии с канонической сетью проектирования.

8.4. Методологии моделирования проблемной области

В основе проектирования информационной системы лежит *моделирование проблемной области*, необходимость которого во многом обусловлена сложностью организационно-экономической системы и ИС с функциональной и системной точки зрения. Под *проблемной областью*

понимается взаимосвязанная совокупность управляемых объектов предприятия (предметная область), субъектов управления, автоматизируемых функций управления и программно-технических средств их реализации.

Для того чтобы получить адекватный проблемной области проект ИС в виде системы правильно работающих программ необходимо иметь целостное, системное представление модели, которое отражает все аспекты функционирования будущей информационной системы. При этом под *моделью* понимается некоторая система, имитирующая структуру или функционирование исследуемой проблемной области, отвечающей основному требованию — адекватности этой области.

Проведение предварительного моделирования проблемной области позволяет сократить время и сроки проведения проектировочных работ и получить более эффективный и качественный проект. Без проведения моделирования проблемной области велика вероятность получения некачественной ЭИС, в которой могут быть допущены большое число ошибок в решении стратегических вопросов, приводящих к экономическим потерям и высоким затратам на последующее перепроектирование системы. Вследствие этого все современные технологии проектирования ЭИС основываются на использовании методологии моделирования проблемной области. Модели дают возможность оценить как достоинства и недостатки существующей информационной системы предприятия, так и построить эффективную архитектуру новой информационной системы.

К моделям проблемных областей предъявляются следующие требования:

- формализованность, обеспечивающая однозначное описание структуры проблемной области. Для представления моделей используются нотации различных формальных языков моделирования;
- понятность для заказчиков и разработчиков на основе применения графических средств отображения модели;
- реализуемость, подразумевающая наличие средств физической реализации модели проблемной области в ИС;
- обеспечение оценки эффективности реализации модели проблемной области на основе определенных методов и вычисляемых показателей.

Для реализации перечисленных требований, как правило, строится система моделей, которая отражает структурный и оценочный аспекты функционирования проблемной области. Структурный аспект

функционирования ИС соответствует архитектуре предприятия [12] и включает построение:

- объектной структуры, отражающей состав взаимодействующих в процессах материальных и информационных объектов предметной области;
- функциональной структуры, отражающей взаимосвязь функций (действий) по преобразованию объектов в процессах;
- структуры управления, отражающей события и бизнес-правила, которые воздействуют на выполнение процессов;
- организационной структуры, отражающей взаимодействие организационных единиц предприятия и персонала в процессах;
- технической структуры, описывающую топологию расположения и способы коммуникации комплекса технических средств.

Для представления структурного аспекта моделей проблемных областей в основном используются графические методы, которые должны гарантировать представление информации о компонентах системы. Главное требование к графическим методам документирования — простота. Графические методы должны обеспечивать возможность структурной декомпозиции спецификаций системы с максимальной степенью детализации и согласований описаний на смежных уровнях декомпозиции.

Непосредственно с моделированием связана проблема выбора языка представления проектных решений (*нотации*), позволяющего как можно ближе привлекать будущих пользователей системы к ее разработке. Это язык, с одной стороны, должен делать решения проектировщиков понятными пользователю, а с другой — предоставлять проектировщикам средства достаточно формализованного и однозначного определения проектных решений, подлежащих реализации в виде программных комплексов, образующих целостную систему программного обеспечения.

Графическое изображение нередко оказывается наиболее ёмкой формой представления информации. При этом проектировщики должны учитывать, что графические методы документирования не могут полностью обеспечить декомпозицию проектных решений от постановки задачи проектирования до реализации программ ЭВМ. Трудности возникают при переходе от этапа анализа системы к этапу проектирования и в особенности к программированию. Отдельная программа может не быть результатом прямой декомпозиции некоторой функции системы: она может выполнять определенную обработку информации для нескольких функций в системе.

Главный критерий адекватности структурной модели проблемной области — функциональная полнота разрабатываемой ЭИС.

Оценочные аспекты моделирования проблемной области связаны с разрабатываемыми показателями эффективности автоматизируемых процессов, к которым относятся:

- время решения задач;
- стоимостные затраты на обработку данных;
- надежность процессов;
- косвенные показатели эффективности, такие как объемы производства, производительность труда, оборачиваемость капитала, рентабельность и т.д.

Для расчета показателей эффективности ИС, реализующей модель проблемной области, как правило, используются статические методы функционально-стоимостного анализа (ABC) и динамические методы имитационного моделирования.

В основе различных методологий моделирования проблемных областей ЭИС лежат принципы последовательной детализации абстрактных категорий. Обычно модели строятся на трех уровнях: на внешнем уровне (определения требований), на концептуальном уровне (спецификации требований) и внутреннем уровне (реализации требований). Так, на *внешнем уровне* модель отвечает на вопрос, что должна делать система, т.е. определяется состав основных компонентов системы: объектов, функций, событий, организационных единиц, технических средств. На *концептуальном уровне* модель отвечает на вопрос, как должна функционировать система, т.е. определяется характер взаимодействия компонентов системы одного и разных типов. На *внутреннем уровне* модель отвечает на вопрос, с помощью каких программно-технических средств реализуются требования к системе. С позиции жизненного цикла ИС описанные уровни моделей строятся на этапах анализа требований, логического (технического) и физического (рабочего) проектирования. Рассмотрим особенности построения моделей проблемной области на трех уровнях детализации.

Объектная структура

Объект — это сущность, которая используется при выполнении некоторой функции или операции (преобразования, обработки, формирования и т.д.). Объекты могут иметь динамическую или статическую природу: динамические объекты используются в одном цикле воспроизведения, например заказы на продукцию, счета на оплату, платежи; производство, например заказы на продукцию, счета на оплату, платежи;

статические объекты используются во многих циклах воспроизводства, например, оборудование, персонал, запасы материалов.

На внешнем уровне детализации модели выделяются основные виды материальных объектов (например, сырье и материалы, полуфабрикаты, готовые изделия, услуги) и основные виды информационных объектов или документы (например, заказы, накладные, счета и т.д.).

На концептуальном уровне построения модели проблемной области уточняется состав классов объектов, определяются их атрибутный состав и взаимосвязи между собой, таким образом, строится обобщенное представление структуры предметной области.

Далее концептуальная модель на внутреннем уровне отображается в виде файлов базы данных, входных и выходных документов ЭИС. Причем динамические объекты представляются единицами переменной информации или документами, а статические объекты единицами условно-постоянной информации в виде списков, номенклатур, ценников, справочников, классификаторов. Модель базы данных, как постоянно поддерживаемого информационного ресурса, отображает хранение условно-постоянной и накапливаемой переменной информации, используемой в повторяющихся информационных процессах.

Функциональная структура

Функция (операция) представляет собой некоторый преобразователь входных объектов в выходные. Последовательность взаимосвязанных по входам и выходам функций составляет бизнес-процесс. Функция бизнес-процесса может порождать объекты любой природы (материальные, денежные, информационные). Причем бизнес-процессы и информационные процессы, как правило, неразрывны, то есть функции материального процесса не могут осуществляться без информационной поддержки. Например, функция отгрузки готовой продукции осуществляется на основе документа «заказ», которая в свою очередь порождает документ «накладную», сопровождающую партию отгруженного товара.

Функция может быть представлена одним действием или некоторой совокупностью действий. В последнем случае каждой функции может соответствовать некоторый процесс, в котором подфункциям могут соответствовать свои подпроцессы, и так далее, пока каждая из подфункций не будет представлять некоторую недекомпозируемую последовательность действий.

На **внешнем уровне** моделирования определяется список основных бизнес-функций или видов бизнес-процессов. Обычно таких функций насчитывается 15—20.

На **концептуальном уровне** выделенные функции декомпозируются и строятся иерархии взаимосвязанных функций.

На **внутреннем уровне** отображается структура информационного процесса в компьютере: определяются иерархические структуры программных модулей, реализующих автоматизируемые функции.

Структура управления

В совокупности функций бизнес-процесса возможны альтернативные или циклические последовательности в зависимости от различных условий протекания процесса. Эти условия связаны с происходящими событиями во внешней среде или в самих процессах и образованием определенных состояний объектов (например, заказ принят, отвергнут, отправлен на корректировку). Событие вызывает выполнение функций, которые в свою очередь изменяют состояния объектов и формируют новые события и т.д., пока не будет завершен некоторый бизнес-процесс. Тогда последовательность событий составляет конкретную реализацию бизнес-процесса.

Каждое событие описывается с двух точек зрения: информационной и процедурной. Информационно событие отражается в виде некоторого сообщения, фиксирующего необходимость выполнения некоторой функции, изменения состояния или появления нового объекта. Процедурно событие вызывает выполнение функций и поэтому для каждого состояния объекта должны быть заданы описания этих вызовов. Таким образом, события выступают в связующей роли для выполнения функций бизнес-процессов.

На **внешнем уровне** определяется список внешних событий, вызываемых взаимодействием предприятия с внешней средой (платежи и налогов, процентов по кредитам, поставки по контрактам и т.д.), и список целевых установок, которым должны соответствовать бизнес-процессы (регламент выполнения процессов, поддержка уровня материальных запасов, уровень качества продукции и т.д.).

На **концептуальном уровне** определяются бизнес-правила, определяющие условия вызова функций при возникновении событий и достижении состояний объектов.

На **внутреннем уровне** выполняется формализация бизнес-правил в виде триггеров или вызовов программных модулей.

Организационная структура

Организационная структура представляет собой совокупность взаимосвязанных организационных единиц, как правило, связанных

иерархическими и процессными отношениями. Организационная единица — это подразделение, представляющее собой объединение людей (персонала) для выполнения совокупности общих функций или бизнес-процессов. В функционально-ориентированной организационной структуре организационная единица выполняет набор функций, относящихся к одной функции управления и входящих в различные процессы, в процессно-ориентированной структуре организационная единица выполняет набор функций, входящих в один тип процесса и относящихся к разным функциям управления.

На *внешнем уровне* строится структурная модель предприятия в виде иерархии подчинения организационных единиц или списков взаимодействующих подразделений.

На *концептуальном уровне* для каждого подразделения задается организационно-штатная структура должностей (ролей персонала).

На *внутреннем уровне* определяются требования к правам доступа персонала к автоматизируемым функциям информационной системы.

Техническая структура

Топология определяет территориальное размещение технических средств по структурным подразделениям предприятия, а коммуникация — технический способ реализации взаимодействия структурных подразделений.

На *внешнем уровне* модели определяются типы технических средств обработки данных и их размещение по структурным подразделениям.

На *концептуальном уровне* определяется способ коммуникаций между техническими комплексами структурных подразделений: физическое перемещение документов, машинных носителей, обмен информацией по каналам связи и т.д.

На *внутреннем уровне* строится модель «клиент-серверной» архитектуры вычислительной сети.

Описанные модели проблемной области нацелены на проектирование отдельных компонентов ИС: данных, функциональных программных модулей, управляющих программных модулей, программных модулей интерфейсов пользователей, структуры технического комплекса. Для более качественного проектирования указанных компонентов требуется построение моделей, увязывающих различные модели между собой. В простейшем случае в качестве таких моделей взаимодействия могут использоваться матрицы перекрестных ссылок: «объекты-функции», «функции-события», «организационные едини-

цы — функции», «организационные единицы — объекты», «организационные единицы — технические средства» и т.д. Однако такие матрицы не наглядны и не отражают особенности реализации взаимодействий.

Для правильного отображения взаимодействий компонентов ИС важно осуществлять совместное моделирование взаимодействующих компонентов, особенно с содержательной точки зрения объектов и функций. В этом плане существуют различные методологии структурного моделирования проблемной области, среди которых следует выделить функционально-ориентированные и объектно-ориентированные методологии.

В функциональных моделях (DFD — диаграммах потоков данных, SADT-диаграммах) [20,21] главным структурными компонентами являются функции (операции, действия, работы), которые на диаграммах связываются между собой потоками объектов.

Несомненное достоинство функциональных моделей является реализация структурного подхода к проектированию ЭИС по принципу «сверху — вниз», когда каждый функциональный блок может быть декомпозирован на множество подфункций и так дальше, выполняя, таким образом, модульное проектирование ЭИС. Для функциональных моделей характерны процедурная строгость декомпозиции ЭИС и наглядность представления.

В функциональном подходе объектные модели данных в виде ER-диagramм «объект — свойство — связь» разрабатываются отдельно. Для проверки корректности моделирования проблемной области между функциональными и объектными моделями устанавливаются взаимно однозначные связи.

Основной недостаток функциональных моделей связан с неясностью условий выполнения процессов обработки информации, которые динамически могут изменяться. Кроме того, возможна повторяемость использования одинаковых функций, а следовательно и программных модулей, в различных процессах. В последнем случае одни и те же функции в различных иерархиях могут быть либо спроектированы несколько раз, либо общее определение может содержать не все необходимые детали.

Перечисленные недостатки функциональных моделей снимаются в объектно-ориентированных моделях [22,23], в которых главным структурообразующим компонентом выступает класс объектов с набором функций, которые могут обращаться к атрибутам этого класса (*скрытие данных*).

Для классов объектов характерна иерархия обобщения, позволяющая осуществлять наследование не только атрибутов (свойств) объектов от вышестоящего класса объектов к нижестоящему классу, но и функций (методов).

В случае наследования функций можно абстрагироваться от конкретной реализации процедуры (*абстрактные типы данных*), которые отличаются для определенных подклассов ситуаций. Это дает возможность обращаться к подобным программным модулям по общим именам (*полиморфизм*) и осуществлять повторное использование программного кода при модификации программного обеспечения. Таким образом, адаптивность объектно-ориентированных систем к изменению проблемной области по сравнению с функциональным подходом значительно выше.

В объектно-ориентированном подходе изменяется и принцип проектирования ИС. Сначала выделяются классы объектов, а далее в зависимости от возможных состояний его объектов (жизненного цикла объектов) определяются методы обработки (функциональные процедуры), что обеспечивает наилучшую реализацию динамического поведения информационной системы.

Для объектно-ориентированного подхода разработаны графические методы моделирования проблемной области, обобщенные в языке унифицированного моделирования UML [22]. Однако с точки зрения наглядности представления модели пользователю-заказчику объектно-ориентированные модели явно уступают функциональным моделям.

При выборе формализма для модели проблемной области обычно критерием выбора служит степень ее динамики. Для более регламентированных задач больше подходят функциональные модели, для более адаптивных бизнес-процессов (управления рабочими потоками, реализации динамических запросов к информационным хранилищам) — объектно-ориентированные модели. Однако в рамках одной и той же ИС для различных классов задач могут требоваться разные виды моделей, описывающих одну и ту же проблемную область. В таком случае должны использоваться комбинированные модели проблемной области.

В полной мере комбинированный подход к моделированию проблемной области реализован в инструментальном средстве ARIS-Toolset (Architecture of Integrated Information Systems) [24,25], содержащем множество различных методологий, соответствующих различным взглядам на проектируемую систему: объекты, функции, организационная структура и т.д. и позволяющих комплексно представить архитектуру предприятия.

8.4. Проектирование баз данных

Вне зависимости от того, какая технология проектирования выбрана, необходимым этапом является описание предметной области. Однако методология описания предметной области и используемые при этом средства будут зависеть от класса разрабатываемой системы, технологии проектирования, выбранных программных средств для реализации проекта.

Проектирование информационной базы зависит от того, какие программные средства выбраны для реализации проекта. Если для реализации проекта выбрана какая-либо СУБД со структурированной моделью данных, то при описании предметной области следует построить инфологическую модель, ядром которой является ER-модель. В настоящее время наиболее часто используются реляционные СУБД. ER-модель полезна и при проектировании систем, базирующихся на использовании локальных структурированных файлов, в том числе со сложной внутризаписной структурой.

Далее будет рассмотрена ER-модель в нотации, предложенной в [14], которая названа базовой моделью.

В предметной области имеется множество разнообразных объектов. Под объектом понимают некую сущность (реальную или абстрактную), о которой собирается какая-то информация. Объекты группируются в классы. Классом объектов называют совокупность объектов, обладающих одинаковым набором свойств. Вместо термина «объект» часто используется термин «сущность». В дальнейшем мы будем рассматривать эти термины как синонимы.

Каждому классу объектов в ER-модели присваивается уникальное имя.

Различают несколько разновидностей объектов. Прежде всего, это простые и сложные объекты. Объект называется *простым*, если он рассматривается в данном исследовании как неделимый.

Сложный объект представляет собой объединение других объектов, простых или сложных, также отображаемых в информационной системе.

Выделяют несколько разновидностей сложных объектов: составные, обобщенные и агрегированные.

Составной объект соответствует отображению отношения «целое—часть».

Обобщенный объект отражает наличие связи «род—вид» между объектами предметной области.