

ЛЕКЦИОННЫЙ КУРС

Л.М. МАКАРОВ

Экспертные системы
В
проектировании автоматизированных производств

Санкт Петербург
2017 г.

Дисциплина «Экспертные системы в проектировании автоматизированных производств»

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ. 6	
1.1. Технология факторного анализа.....	6
1.2. Технологии корреляционно-регрессионного анализа	6
1.3. Технологии решения линейной оптимизационной задачи	6
1.4. Технологии анализа па основе трендов	6
1.5. Технологии экспертных систем.....	7
2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ.....	7
2.1. Технологии программных средств	7
2.2. Нормативно-методическое обеспечение.....	9
2.3. Организация информационных систем объекта	10
2.4. Модель информационной системы объекта	11
2.5. Методы информационного моделирования производственных систем.....	12
2.6. Технология разработки информационной системы.....	14
2.7 Особенности ЭС	15
2.8 Основные исторические тенденции развития ЭС	21
3. АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ.....	22
3.1. Информационная система в учреждении - организации.....	22
3.2. Автоматизация процессов управления производственной системой	22
3.3. Управление процессом автоматизации.....	25
3.4. Интегрированные автоматизированные системы управления	26
4. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ	28
4.1. Компьютерный интеллект	28
4.2. Интеллектуальные системы автоматизированного проектирования.....	30
4.3. Экспертные системы в технологии как класс интеллектуальных систем	31
4.4. Экспертная система.....	32
4.5. Классификация экспертных систем	36
4.6. Трудности при разработке экспертных систем	38
4.7. Методология построения экспертных систем	39
4.8. Отличие ЭС от традиционных программ.....	41
5. ОСНОВЫ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА	44
5.1. Технологическая подготовка	44
5.1.1. Классификация технологических процессов.....	47
5.1.2. Основные документы АСТПП.....	49
5.2. Функции и проблемы технологической подготовки производства.	50
6. КОМПЬЮТЕРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭС	57
6.1. Технологические маршруты изготовления ЭС	57
6.2. Обобщенный маршрут обработки	58
6.3. Исходные данные для проектирования технологических операций	60
6.4 Состав работ построения технологического процесса сборки	62
6.5 Производственный процесс и его организация.....	69
6.6 Методы организации производства.....	72
Приложения	77
Основные термины и определения.....	77
Заключение	80

ВВЕДЕНИЕ

Экспертные системы (ЭС) возникли как значительный практический результат в применении и развитии методов искусственного интеллекта (ИИ)- совокупности научных дисциплин, изучающих методы решения задач интеллектуального (творческого) характера с использованием ЭВМ.

Область ИИ имеет более чем сорокалетнюю историю развития. С самого начала в ней рассматривался ряд весьма сложных задач, которые, наряду с другими, и до сих пор являются предметом исследований: автоматические доказательства теорем, машинный перевод (автоматический перевод с одного естественного языка на другой), распознавание изображений и анализ сцен, планирование действий роботов, алгоритмы и стратегии игр.

В первом приближении можно сказать, что ЭС- это набор программ, выполняющий функции эксперта при решении задач из некоторой предметной области. ЭС выдают советы, проводят анализ, дают консультации, ставят диагноз. Практическое применение ЭС на предприятиях способствует эффективности работы и повышению квалификации специалистов.

Главным достоинством экспертных систем является возможность накопления знаний и сохранение их длительное время. В отличие от человека к любой информации экспертные системы подходят объективно, что улучшает качество проводимой экспертизы. При решении задач, требующих обработки большого объема знаний, возможность возникновения ошибки при переборе очень мала.

При создании ЭС возникает ряд затруднений. Это прежде всего связано с тем, что заказчик не всегда может точно сформулировать свои требования к разрабатываемой системе. Также возможно возникновение трудностей чисто психологического порядка: при создании базы знаний системы эксперт может препятствовать передаче своих знаний, опасаясь, что впоследствии его заменят “машиной”. Но эти страхи не обоснованы, т. к. ЭС не способны обучаться, они не обладают здравым смыслом, интуицией. Но в настоящее время ведутся разработки экспертных систем, реализующих идею самообучения. Также ЭС неприменимы в больших предметных областях и в тех областях, где отсутствуют эксперты.

Экспертная система состоит из базы знаний (части системы, в которой содержатся факты), подсистемы вывода (множества правил, по которым осуществляется решение задачи), подсистемы объяснения, подсистемы приобретения знаний и диалогового процессора. При построении подсистем вывода используют методы решения задач искусственного интеллекта.

По современным представлениям экспертная система (ЭС) формируется на основе знаний человека о некоторой области деятельности, научной сфере. В первом приближении можно сказать, что это интеллектуальная компьютерная программа, которая может давать советы, консультировать, проводить анализ и ставить диагноз на уровне специалиста в некоторой узкой предметной области. У обычных пользователей, привыкших к Windows и другим средствам (проверка грамматики в Word), данное утверждение может вызвать улыбку и сомнения. Однако можно с большой уверенностью утверждать, что тот софт, который установлен на наших компьютерах, сравнивать с экспертными системами, по меньшей мере, некорректно. Они, в отличие от других программных продуктов, используют при работе не только данные, но еще знания и специальные механизмы вывода решений и новых знаний на основе имеющихся. Поиск решения может осуществляться логическими, эвристическими (работающими, но не имеющими строгого обоснования), математическими (аналитическими и имитационными) и гибридными методами.

Возникшее в середине 60-х годов прошлого века новое направление в искусственном интеллекте с тех пор только ускоряет темпы своего развития. Сегодня любая экспертная система окупается моментально, принося огромную пользу в тех областях, где наблюдается недостаток специалистов или существует реальная опасность для их жизни (атомные электростанции). С этой точки зрения трудно переоценить ЭС в проектировании сложных автоматизированных систем, составляющих основы любого современного производства. ЭС находят широкое применение в медицине, микроэлектронике, геологии, военном деле, навигации и т.д. Например, HASP/SIAP определяет местоположение и типы судов в тихом океане по данным акустических систем слежения. Результат работы ЭС создает условия безопасной деятельности человека на огромной акватории.

рии и при использовании сложнейших технических систем (судов, систем жизнеобеспечения, доставки грузов и т.д.).

Каждая экспертная система имеет интеллектуальный естественно-языковой или речевой интерфейс. Ведь круг ее общения - не программисты и хакеры (в хорошем понимании этого слова), а обычные люди, владеющие компьютерной грамотой. Кроме того, ЭС включает подсистемы объяснения и обучения для интерпретации собственных рассуждений. Укрупненная примерная схема ЭС представлена на рисунке.

Истоки идеи о возможности создания искусственной технической системы, способной мыслить, в том смысле, что принимать некоторые решения самостоятельно, восходят к 60 годам XX столетия.

В то время в космос отправился первый человек, медицина ознаменовалась успехами в клинической трансплантации органов (первая успешная пересадка сердца), были заложены основы современных операционных систем, закладывались основы телеметрии, робототехники

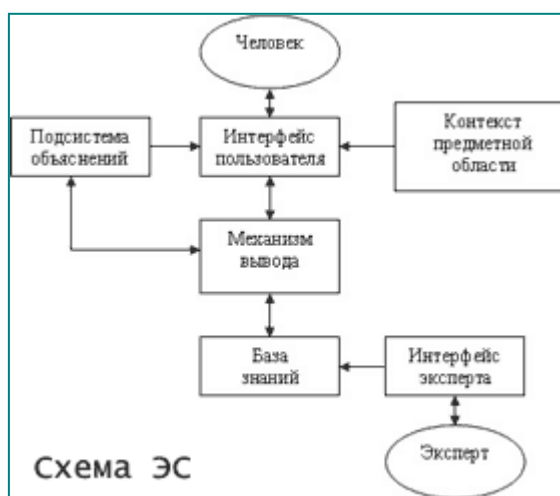


Рисунок Общая схема позиционирования ЭС

В то отдаленное от нас время Э. Фейгенбаум (Edward Feigenbaum), исследователь в области искусственного интеллекта, как и многие ученые его времени, задумывался над тем, может ли машина думать и рассуждать подобно человеку и как много знаний в нее возможно вложить. Он считал, что ответ удастся получить, только сконструировав такую "мыслящую" систему. Но какое же научное направление выбрать для экспериментов? В какой предметной области разработки Фейгенбаума принесли бы большую пользу? Разрешить эти вопросы помог лауреат нобелевской премии, биохимик Джошуа Ледерберг (Joshua Lederberg). Он предложил создать компьютерного помощника, который мог бы определять путем расчета молекулярную структуру химических соединений и который, по словам Ледерберга, был просто необходим в органической химии. Так появилась идея о построении экспертной системы DENDRAL.

В 1965 году в Стэнфордском университете (Stanford University) Эдвард Фейгенбаум, Джошуа Ледерберг и примкнувший к ним Брюс Бученен (Bruce Buchanan) начали работы по созданию первой экспертной системы. Одной из главных проблем, которую ученым надлежало решить, было построение гибкой программы, оперирующей с многочисленными знаниями и работающей по правилам логики ("если - то"). Однако, как оказалось, сложнее всего было создать базу данных, включающую знания многих специалистов в органической химии. Для этого разработчикам DENDRAL пришлось опросить как можно больше экспертов. Приобретение знаний - не такой легкий процесс, как это может показаться на первый взгляд. Одно дело собрать факты, другое - познания конкретного человека. Поэтому опрашиваемым специалистам была предоставлена специальная программа, которая производила некоторые "умозаключения", правдивость или лож-

ность которых им нужно было установить и объяснить. Здесь впервые использовался принцип раздельного хранения «базы знаний» и набора правил вывода суждений. Таким образом, отделив механизм логического вывода от базы знаний, Бученен предложил хороший инструмент для создания экспертных систем. Одной из самых первых подобных программ была META-DENDRAL. С ее помощью и с помощью аналогичных разработок были построены такие ЭС, как PROSPECTOR, MYCIN и CYRUS.

С 70-х годов ЭС стали ведущим направлением в области искусственного интеллекта. В этот период было создано множество разнообразных экспертных и диагностических систем, большая часть которых действует и сегодня. Самыми известными из них являются MYCIN, служащая для диагностики и лечения инфекционных заболеваний, и PROSPECTOR, предназначенная для геологической разведки месторождений полезных ископаемых.

В настоящее время количество экспертных систем исчисляется тысячами и десятками тысяч. В развитых зарубежных странах сотни фирм занимаются их разработкой и внедрением в различные сферы жизни. Имеются и удачные попытки построения ЭС в СНГ. В настоящее время ведутся разработки самостоятельно обучаемых экспертных систем. Кроме того, в искусственном интеллекте обозначилось такое направление, как инженерия знаний, отвечающая за поиски передовых методов в сборе, представлении, хранении и преумножении информации. Еще можно упомянуть то, что пятое поколение ЭВМ (наши ПК относятся к четвертому), возникшее в 90-х годах, базируется полностью на экспертных системах.

Актуальность темы определяется необходимостью систематизации знаний в области экономической информатики и использования их в практике разработки и применения для эффективного управления производственными системами. Обеспечение функций бизнеса определяется уровнем использования информационных систем с пониманием их организационной концепции и разветвленностью информационных процессов, их построения, а также возможностью применения в деловых процессах.

Информационные системы и экспертные системы интегрируют информационные ресурсы, процессы, людей и средства, которые собирают, преобразуют и распространяют информацию в организации. Целью информационных систем является переработка исходных данных в информационные продукты, необходимые для конкретного пользователя. Задачей этих систем является обеспечение принятия решений относительно развития управляемого объекта на основе компьютерных информационных технологий.

Особенность информационной технологии - базового элемента систем состоит в использовании многоуровневой декомпозиции экономической системы и процесса ее моделирования. Количество уровней определяется сложностью моделируемого объекта и степенью детализации построенной модели. Метод позволяет представить систему в виде множества подсистем и элементов, а процесс моделирования разделить на составляющие его процедуры с помощью специальных языковых средств. Для этого используется гипертекстовая технология, которая дает возможность повысить качество проектируемой системы, сократив затраты и сроки ее разработки, повысить производительность труда проектировщиков. Имеющиеся научные разработки, но этой теме не рассматривают вопросы комплексного моделирования и проектирования в цепи: "деловая стратегия - информационная система - информационная технология". Для достижения этой цели проведена классификация информационных систем и информационных технологий, разработаны методологические и методические основы процессов организации информатизации функций бизнеса; разработана система информатизации, обеспечивающая взаимодействие блоков информационных технологий и информационных систем по управлению изменениями развития производственных систем.

Рассматриваемая методология и методические основы – дополнение известных научных разработок в области теории экономической информатики в части моделирования процессов проектирования информационных технологий управленческих решений по осуществлению функций бизнеса производственных систем.

1. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ

1.1. Технология факторного анализа

Технология факторного анализа реализуется методами базовой однофакторной таблицы, однофакторной таблицы в базе данных, двухфакторной таблицы средствами EXCEL. Технология метода базовой однофакторной таблицы включает этапы: подготовительный, при котором создается табличная модель исходных значений зависимой величины, формулы ее связи с фактором; основной этап - состоящий в расчете модели; заключительный этап - осуществление корректировки таблицы.

Технология метода однофакторной таблицы и базе данных включает шаги: расчет плановой таблицы данных, подготовка однофакторной модели для анализа показателей; расчет выходных данных. Технология метода двухфакторной таблицы основана на использовании матрицы, в которой один фактор расположен в столбце, второй - в строке, а на пересечении их в клетке - формула, связывающая факторы. Технология включает этапы: создание столбца значений первого фактора с последующим вводом второго фактора; расчет значений таблицы.

1.2. Технологии корреляционно-регрессионного анализа

Методами корреляционно-регрессионного анализа измеряется теснота связей показателей с помощью коэффициента корреляции. Связи отображаются математическими выражениями и виде регрессионной модели, и проводится оценка статистической значимости модели. Корреляционно-регрессионный анализ связей между переменными показывает влияние одного набора переменных на другой набор. Это позволяет применять инструмент для получения знания о скрытых связях, улучшая аналитическую поддержку принятия решений и повышая их обоснованность. Технология анализа включает этапы: подготовительный - сбор данных; основной этап включает шаги: проведение корреляционного анализа с целью определения характера и силы связи для последнего отбора существенных факторов, а также планирования эффективной последовательности расчета параметров регрессионных уравнений; выявление точной меры выявленной силы по форме математической модели линейной множественной регрессионной зависимости; определение статистической значимости модели для использования ее в целях предсказания значений отклика с оценкой коэффициента полученной модели для прогнозирования управления.

Множественный регрессионный анализ поддерживается средствами EXCEL, с помощью которого отслеживается очередность исследовательских шагов, отражающих характеристики: номер шага, набор независимых переменных, вид уравнения главные оценочные данные - коэффициенты Фишера и детерминации.

1.3. Технологии решения линейной оптимизационной задачи

Используется технология решения оптимизационных задач средствами EXCEL, которыми создается математическая модель конкретной оптимизационной проблемы, поддерживаемой программными средствами. Решение оптимизационной задачи выполняется в три этапа: на подготовительном этапе осуществляется подготовка табличной модели, ввод данных и формул; на основном этапе - диалог с оптимизатором для определения экстремума, ограничений; заключительный - сохранение результатов текущего решения и созданной модели для последующего решения.

1.4. Технологии анализа на основе трендов

Технология основана на использовании для задач прогнозирования единственного фактора числового значения времени, интегрирующего в себе влияние множества факторов. Средствами EXCEL выражение изменения макроэкономических показателей осуществляется в числовом, графическом и математических представлениях, а формы трендов реализуются инструментами построения линейного, экспоненциального, логарифмического, степенного и полиномиального трендов.

Технология на основе средств EXCEL включает следующий алгоритм: создание диаграммы исходного ряда; пометка линии маркерами; моделирование тренда различными линиями регрессии вида; получение на основе этих видов различных форм уравнений регрессии; отбор наилуч-

шего тренда для прогноза на основе исследования максимума альтернатив для поиска уравнения с наивысшим значением коэффициента детерминации.

1.5. Технологии экспертных систем

Технология - экспертных систем включает концепцию интеллектуальных электронных таблиц для обеспечения представления структурированных знаний, включающих правила, семантические сети, фреймы.

К экспертным системам предъявляются требования, включающие компетентность; символичные рассуждения; глубину; наличие самосознания - способность объяснить свои выводы; реальную задачу.

Основными способами применения экспертных систем являются: интерпретация, прогноз, диагностика, проектирование, наблюдения, отладка, ремонт, обучение, управление.

Экспертные системы относятся к системам поддержки принятия решений, основанным на знаниях. Системы поддержки принятия решений применяются для решения уникальных проблем в различных предметных областях, а экспертные системы дают ответ на вопросы в узкой предметной области и строят заключения, которые делает человек - профессионал высокой квалификации. Интеграция этих систем образует экспертную систему поддержки принятия решений, которая поясняет свои советы конечному пользователю и представляет ему универсальные средства свободного моделирования.

Технология использования средств EXCEL для решения экспертных задач включает этапы: формирование данных об объекте в электронных таблицах; упрощение фактов и формирование правил оценки ситуации с ориентацией на главные показатели; формирование структуры правила типа "если (условие), то (заключение)"; ввод логических формул с использованием функций, образующих механизм выхода.

Таким образом, информационные технологии на основе средств EXCEL расширяют возможности диагностики, проектирования, планирования и управления, обеспечивая оперативность и достоверность принимаемых решений.

Информационные технологии являются базовым элементом информационных систем, который формирует инструментарий обработки информации.

Интегрирование информационных технологий инициирует формирование новых информационных систем с повышенными возможностями переработки информации.

2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

2.1. Технологии программных средств

Программные средства классифицируются на системные, прикладные средства. Системные средства предназначены для деятельности компьютерных систем и включают тестовые и диагностические; антивирусные программы - для устранения вирусных программ; операционные системы - для тестирования работоспособности вычислительной системы; командно-файловые процессоры - для организации системы взаимодействия пользователя с вычислительной системой.

Прикладные программные средства. Включают системы подготовки текстовых документов - для организации изготовления управленческих документов; системы обработки производственной информации - для обработки числовых данных технико-экономической и финансовой деятельности; системы управления базами данных - для создания, хранения и манипулирования массивами данных; личные информационные системы - для информационного обслуживания рабочего места, система управления проектами - для планирования и управления ресурсами; экспертные системы поддержки принятия решения - для информационного обеспечения процессов принятия управленческих решений; системы интеллектуального проектирования и совершенствования систем управления - для использования CASH- технологий, ориентированных на автоматизированную разработку проектных решений по созданию и совершенствованию систем организационного управления.

Технологии подготовки текстовых документов. Реализуются по функциональному признаку на текстовых процессорах, предназначенных для подготовки текстов; настольные издатель-

ские системы - для изготовления текстов по правилам полиграфии и с типографским качеством; издательские системы, интегрированные в Internet.

Технологии обработки производственной информации.

Основаны на использовании программных продуктов, включающих универсальные табличные процессоры, программы бухгалтерских расчетов, банковские программы, программы финансово-экономического анализа и бизнес - планирования.

Технологии управления базами данных. Подразделяются на операционные системы, в которых не хранятся полученные данные, и информационные - которые хранятся в системе. По сфере применения системы подразделяются на универсальные - настраиваемые на любую предметную область, проблемно-ориентированные – ориентированные на определенные процедуры обработки данных. Системы управления базами данных выполняют функции: управление данными во внешней памяти; управление буферами оперативной памяти; управление последовательностью операций над базой данных; журнализация и восстановление базы данных; поддержание языков базы данных. Типовая организация базы данных системы включает ядро, которое отвечает за управление данными, компилятор языка - обеспечивающий компиляцию операторов языка базы данных в программу, подсистему поддержки времени выполнения - интерпретатор внутреннего кода программы, утилиты - процедуры, осуществляющие специальные процедуры без участия базы данных.

Технологии распределенной обработки данных. Реализуются средствами подсистем распределенной обработки данных – обработки приложений несколькими территориально распределенными машинами; базы данных с сетевым доступом - с распределенным доступом к централизованной базе данных; архитектурой "клиент - сервер" - процедура реализации логики обработки последовательности операций над базой данных с применением необходимой техники синхронизации с предотвращением или устранением тупиковых ситуаций; распределенные базы данных - набор файлов, хранящихся в разных узлах информационной сети, логически-связанных и составляющих единую совокупность данных. Эта база данных предполагает хранение и выполнение функций управления данными в нескольких узлах и передачу данных между этими узлами в процессе выполнения запросов.

Технологии личных информационных систем. Предназначены для информационного обслуживания рабочего места управленческого работника с осуществлением планирования личного времени, ведения персональных картотек, соединения по телефонным линиям, ведения персональных информационных, блоков.

Технологии управления документами включают: системы обработки изображений документов, предназначенные для вводы, обработки, хранения и поиска графических образов документов; системы оптического распознавания символов - перевода бумажных документов в электронную форму в виде текстового файла; системы управления документами - для автоматизации хранения, поиска и управления электронными документами; программное обеспечение для рабочих групп

- для организаций, сотрудникам которых по характеру их деятельности требуется постоянный обмен документами; система автоматизации деловых процедур - для создания сложных прикладных систем коллективной обработки документов.

Основными направлениями развития информационных технологий являются:

- переход от систем с архитектурой вычислительных машин с последовательной схемой команд к методам реализации параллельной обработки данных, команд, программ;
- создание архитектуры ЭВМ с использованием разных - перевод микропроцессорной техники на два направления:

общего применения и ориентированных на конкретные области применения;

- перевод программного обеспечения от схемы алгоритма к схеме модели (фреймов) и от закрытых программных систем к открытым системам на основе разработки стандартов взаимодействия систем;

- использование языковых средств, не ориентированных на конкретную вычислительную систему;

- перевод реляционных баз данных на объектно-ориентированные, отображающие кроме структуры данных поведение реальных объектов;
- развитие телекоммуникационных средств передачи данных на основе мультисервисных сетей с передачей речи, изображений, данных;
- использование средств в экономике на основе технологии интеллектуального анализа данных, включающих направления: нейронные сети, генетические алгоритмы, визуализация процессов, деревья решений, методы, основанные на правилах, статистический анализ;
- переход на системы поддержки исполнения решений на основе выполнения функций самообучения и обучения лица, принимающего решение;
- переход на мультиагентные системы, технологии которых являются объединением объектно-ориентированной технологии и методов искусственного интеллекта, что обеспечивает реализацию действий без вмешательства человека.

2.2. Нормативно-методическое обеспечение

Нормативно-методическая база обеспечения управления включает в себя нормативно-методическую базу подготовки и оформления управленческих документов; инструктивные и нормативные документы по использованию технических средств; инструктивные и нормативно-методические документы по организации работы управленческого и технического персонала; защите информации и информационную безопасность.

Нормативно-методическая база включает в себя законодательные акты РФ, указы и распоряжения Президента РФ, правовые акты федеральных органов, представительной и исполнительной власти субъекта РФ, акты нормативного и инструктивного характера организации; государственные стандарты на документацию; унифицированные системы документации; общероссийские классификации технико-экономической и социальной информации; государственную систему документационного обеспечения управления; нормативные документы по организации архивного хранения документов.

Законодательство РФ. Регламентирует общие принципы организации работы с документами физических и юридических лиц и включает Гражданский кодекс РФ, законы РФ по информации, информатизации и защите информации, участие в международном информационном обмене, основы законодательства РФ об архивном фонде РФ и архивах. Государственные стандарты на документацию включают комплекс стандартов на унифицированные системы документации и Единую систему классификации и кодирования технико-экономической информации.

Унифицированные системы документации. Представляют собой совокупность взаимосвязанных унифицированных форм документов, обеспечивающих документированное представление данных в определенных видах хозяйственной деятельности, средств их ведения, нормативных и методических материалов по их разработке и применению.

Классификаторы технико-экономической и социальной информации. Являются нормативными документами. Классификатор содержит систематизированный свод наименований объектов, представленных как классификационные группировки с кодами. Государственная система документационного обеспечения управления представляет собой совокупность принципов и правил, устанавливающих единые требования к документированию управленческой деятельности и организации работы с документами в органах государственного управления, на предприятиях, в общественных организациях.

Инструктивные и нормативные документы по использованию технических средств, включают в себя нормативные документы по труду и охране труда, устанавливающие укрупненные нормативы времени на работы по документационному обеспечению управления, нормативы времени на работы по совершенствованию документационного обеспечения управления, нормы времени на работы по автоматизированной, архивной технологии и документационному обеспечению органов управления, а также санитарные правила и нормы работы с вычислительной техникой, включающие требования к видеодисплейным терминалам и персональным ЭВМ по излучениям, конструктивные требования к ЭВМ, требования к электронно-лучевым трубкам, клавиатуре, помещениям для эксплуатации ЭВМ, микроклимату помещений для эксплуатации ЭВМ, за-

щите от шума и вибраций, освещению помещений и рабочих мест, организации и оборудованию рабочих мест.

Инструктивные и нормативно-методические документы. Регламентируют организацию работы управленческого и технического персонала в рамках конкретной технологии поддержки управленческой деятельности и формируются разработчиками в виде должностных инструкций и технологических карт.

Документы по информации и информационная безопасность. Обеспечивается системой защиты информации, включающей политику безопасности, управленческих решений этой политики, механизмов защиты информации, включающих комплекс организационных, технических, кинологических методов и средств, снижающих уязвимость информации и препятствующих несанкционированному доступу к информации, ее утечке или утрате. Комплексность системы защиты достигается наличием в ней правовых, организационных, инженерно-технических и программно-математических элементов.

2.3. Организация информационных систем объекта

Организация экономических информационных систем (ЭИС) рассматривает структуру, информационные взаимосвязи, взаимосвязи между ЭИС в целом, объектом управления и внешней средой. Виды информации - внутренняя и внешняя, входящая и исходящая. Входящая информация состоит из входящей внешней и входящей внутренней. Последняя отражает обратную связь объекта с управляющим органом, содержит сведения об объекте и является первичной. Исходящую информацию можно подразделить на потребляемую внешним миром и предназначенную для управляемого объекта. Последняя является информацией управления и воздействия на управляемый объект. В выработке исходящей информации заключается основная цель функционирования ЭИС.

В обороте информации существует три стадии.

Первая стадия включает наблюдение изучаемых явлений, регистрацию первичных данных, сбор информации внешнего мира, обеспечение ЭИС входящей информацией и вырабатывающуюся после преобразования входящую внутреннюю информацию. На второй стадии осуществляется техническая обработка исходных данных для обобщенной информации с последующей автоматизированной обработкой информации. На третьей стадии вырабатываются управляющие решения, и осуществляется непосредственное воздействие на управляющие процессы.

Элементы, образующие ЭИС, агрегируются в подсистемы, выделяемые по признакам производственного распределения с учетом наибольшей информационной близости элементов подсистем – относится к определенному объекту управления и имеет с ним прямую и обратные связи, получает информацию из внешнего мира и передает ему информацию, имеет функцию преобразования данных и динамический характер.

База данных представляет собой именованную совокупность данных, отражающую состояние объектов и их отношений в предметной области, части информационного пространства, отражающую потребности ограниченного пользователей базы данных. База данных должна удовлетворять требованиям контролируемой избыточности, независимости и целостности данных. Для обеспечения независимости данных используется трехуровневая иерархия моделей базы данных. Внутрисистемная модель данных тесно связана со способом физического представления данных, внешняя модель определяет требования пользователя к необходимым ему данным, концептуальная - занимает промежуточное положение.

Основным требованием, предъявляемым к внешней модели, является возможность взаимно - однозначного преобразования ее в концептуальную и определения потребителем состава единиц информации и отношений.

Концептуальная модель является формализованным описанием информационного содержания базы данных. Она создаст формальное представление о базе данных, при котором любая внешняя модель является подмножеством этого представления. В состав концептуальной модели включается описание экономических объектов, отношений между ними, операции формирования производной информации и средства обеспечения целостности данных. К концептуальной модели предъявляются требования устойчивости (возможности расширения), абстрактность, конструк-

тивности - возможности перехода к системе машинной обработки данных. В качестве основы могут служить реляционная, сетевая, иерархическая, бинарная модели данных.

Внутренняя модель данных основывается на переходе от абстрактного концептуального описания к указанию структурных данных и методов доступа к ним. Развитием ЭИС является распределенные информационные системы, выполняющие независимые друг от друга функции с целью коллективного использования информационных фондов и вычислительных ресурсов этих систем. Отдельные (локальные) ИС осуществляют взаимодействие по каналам связи и имеют типы: иерархическая и горизонтальная.

Концептуальная модель данных в локальной ЭИС может быть представлена схемами: реплицированная, расчлененная по значениям, расчлененная по структуре. При этом при реплицированном и расчлененном по структуре отображениях существует дублирование значений данных, а для расчлененных значений - место хранения поступающих данных решается неоднозначно. Служебная информация распределенной базы данных содержит иерархически соподчиненные каталоги - центральный каталог, каталог локальных ЭИС, каталог областей задач, имеющих зоны влияния.

2.4. Модель информационной системы объекта

Модель ЭИС объекта должна отображать ее свойства и отношения и обеспечивать машинный переход к системе обработки экономической информации, учитывающей и использующей характеристики ЭИС объекта.

Модель ЭИС должна удовлетворять требованиям: формализованности, структурированности, информационной и алгоритмической полноты, машинной независимости, адаптивности. Эти требования определяют состав описателей - характеристик ЭИС, сохраняющих свои постоянные значения в условиях заданного объекта. Вся совокупность описателей ЭИС состоит из подмножеств первичных и производных описателей. В состав первичных описателей включаются группы: совокупность исходных и формируемых СЕИ и показателей с указанием их взаимосвязи; совокупность атрибутов с указанием их использования и роли в СЕИ; характеристики атрибутов, характеристики СЕИ и показателей. Кроме этого в это множество включается группа описателей, характеризующая состав и содержание необходимой справочной информации, формализованных текстов.

Этот состав описателей является основой для формирования подмножества производных описателей ЭИС - объема входной, промежуточной, используемой информации, показателей активности СЕИ. Модель ЭИС отражается в виде матрицы с четырьмя разделами, вспомогательными таблицами и описаниями. Первый раздел является матрицей смежности графа информационно-алгоритмической взаимосвязи показателей или СЕИ. Второй раздел показывает реквизитный состав каждого из показателей. Третий раздел включает характеристики каждого из используемых аргументов. Четвертый раздел включает характеристики каждого из используемых показателей. Для удобства использования модели ЭИС имеется дополнительная информация: каталог реквизитов, каталог показателей, каталог текстовых описаний адресов элементарных фрагментов графов, матрица взаимосвязи показателей с формами входных и выходных документов, каталог форм входных и выходных документов.

Модели ЭИС представляются в виде отдельных фрагментов графа информационной взаимосвязи показателей в форме автономных преобразователей, имеющих на входе и выходе определенные совокупности показателей. Преобразователь представляет собой алгоритм преобразования значений входного показателя в значения выходного показателя или СЕИ.

Модель ЭИС может быть представлена в двух видах: для каждого объекта и для обобщенного объекта (гипотетическая модель). Гипотетическая модель является информационной базой системы машинного проектирования систем обработки экономической информации и обеспечивает машинное создание модели конкретного объекта. Проектирование системы обработки экономической информации объекта осуществляется на основании описания предметной области объекта. Из гипотетической модели строится модель объекта, которая используется для машинного создания системы этого объекта и может быть использована для его модернизации.

При создании системы обработки экономической информации используются преобразователи: средств проверки корректности модели; блока выбора технических средств; средств структурирования базы данных; средств создания системы ввода и контроля исходных данных; средств генерирования программ обработки данных; средств создания отображения информации. Использование преобразователей позволяет получить описание технологического процесса задачи разработки проекта ЭИС: описание на языке описания данных СУБД информационной базы задачи; сгенерированные этом языке программирования программы подготовки входных файлов для загрузки базы данных, расчета показателей и печать документов; программы загрузки базы данным тексты программ.

2.5. Методы информационного моделирования производственных систем

Информационная модель экономики. Представляет собой целенаправленное формализованное отображение существующей системы экономической информации с дополнением определенных элементов, характеризующих систему управления и управляемый объект. Информационная модель обеспечивает формализованное представление исследуемых элементов и их взаимосвязи, что открывает возможность спецификации проектных решений по компонентам системы обработки экономической информации на основе применения процедур технологии структурного проектирования. Проектирование баз данных, являющихся основной составляющей системы, осуществляется с учетом требований корректного отражения предметной области, выполнения функциональных требований и высокой производительности системы.

Технологии проектирования баз данных. Определяется архитектурой современных банков данных и представляет собой процесс создания целого ряда взаимосвязанных моделей, в котором выделяются уровни концептуального, логического и физического проектирования. Концептуальное проектирование проводится для получения моделей семантического уровня, характеризующих конкретную предметную область. Описание концептуальных моделей отражает объекты системы и связи между ними, но не должна зависеть от методов представления данных и конкретной системе управления базами данных. Концептуальная модель представляет собой формализованное, заданное в явном виде отображение предметной области, определяющее множество ее состояний. Модель обеспечивает устойчивость и долговременную работу всей системы, позволяет осуществлять замену одного управляющего комплекса на другой. Концептуальная модель представляет собой логико-семантическую модель, которая описывает структуры, состав, общие закономерности, имеющие мест в предметной области и управляющие ее поведением.

Логическое проектирование баз данных. Представляет процесс представления информационных конструкций совокупности объектов в виде, который воспринимается управляющим блоком для нормирования логической структуры, что обеспечивает организацию данных о предметной области в форме, соответствующей конкретной системе управления, но без указания деталей по организации доступа к данным.

Физическое проектирование. Включает задачу выбора рациональной структуры хранения данных и методов доступа к ним, исходя из набора методов и средств, которые представляются разработчику системой управления базой данных. Модели каждого последующего уровня строятся на основе фиксированных характеристик моделей предыдущих уровней. Логико-семантический подход процедуры проектирования имеет преимущества: высокую степень независимых данных; возможность изменения схемы внутренней базы данных без изменения внешних баз данных; возможность изменения внешней схемы без изменения других внешних схем и внутренней базы данных; совмещение в рамках одной системы нескольких различных внешних представлений одних и тех же данных.

Использование универсальных средств информационного проектирования производственных систем предполагает: интегрированное выполнение процедур ввода и контроля данных, актуализации базы данных, преобразования и вывода внешних данных, поддержания виртуальных внешних представлений информации; централизованное использование современных описаний элементов модели и их взаимосвязей с внешними и внутренними базами данных.

Предметная область системы. Выступает в форме экономической системы объекта управления, представляющей собой структурированную совокупность информационных компо-

нентов, отражающих сферу деятельности экономического объекта. В качестве единиц информации предметной области используются: реквизиты, отображающие отдельное свойство объекта; составная единица информации представляющая собой совокупность единиц информации и имеющая иерархическую структуру; показатель - частный случай составной единицы информации, является минимальной по составу информационной совокупностью, сохраняющей информативность и возможность осуществления по их совокупности вычислительных операций; документ состоящий из совокупности составных единиц информации.

Информационными совокупностями систем экономического управления являются номенклатура, представляющая собой перечень объектов некоторого класса с их характеристиками, и классификаторы - структуру, фиксирующую разбиение исходного множества объектов на ряд подмножеств.

Построение информационных моделей. Основано на использовании: моделей реляционных, сетевых, иерархических, инфологических, моделей отношения сущностей, семантики данных, функциональных, основанных на семантических сетях, на теории расширенных множеств, на информационно-управляющих понятиях, информационно-алгебраические модели. Сопоставление моделей осуществляется на основе оценки структурных качеств, вида логического доступа, концептуальных возможностей, терминологии семантики. Наиболее эффективные – семантически модели и их разновидностью являются семантически сети, используемые в сфере управления базами данных. Сведения, изложенные на языке, близком к естественному, структурируются с выделением объектов и отношений между ними. Семантическая сеть является мультиграфом, вершины которого отождествляются с другими объектами, действиями, свойствами и другими элементами, а дуги - с отношениями. Семантическая сеть в своей основе имеет иерархическую структуру, верхние уровни которой отражают общие понятия.

Разновидностью семантических сетей являются регуляризованные сети, в которых информация хранится в виде совокупности структурированных данных, воспроизводящих типовые ситуации - фреймов.

Фрейм представляется сетью, состоящей из узлов и связей между ними. Разновидностью семантических моделей является язык исчисления предикатов, основанный на описании множества утверждений, каждое из которых является либо фактом о заданной информации, либо правилом решения с учетом факта. С помощью предикатов осуществляется описание отношений между объектами типа "если... то...".

Основные требования к аппарату моделирования; обеспечение учета особенностей экономической информации; предоставление средств определения внутренних ограничений целостности; использование в качестве базовых сложных по конструкциям объектов; возможность описания широкого класса понятий; обеспечение разнообразия видов представлений объектов; возможность многомерного отображения предметной области; обеспечение устойчивости проектных решений.

Основными требованиями к средствам информационного концептуального проектирования являются: наличие аппарата понятий для описания предметной области; предоставление пользователю языка отображения концептуальной модели в легко воспринимаемой форме; наличие эффективного интерпретатора для передачи языковой модели компьютеру; поддержание представления информации в нужном для пользователя виде; поддержание инвариантности модели по отношению к изменениям физического представления данных на ЭВМ; обеспечение адекватности основных понятий, модели понятий и конструкций предметной области.

В качестве концептуальных моделей используются: семейство подходов "сущность", отображающие объекты, атрибут - свойства объектов, связь - ассоциации объектов; бинарные отношения, включающие виды: идея - отношение между двумя нелексическими объектами; мостик - отношение между лексическими и нелексическими объектами; семантические сетевые модели, включающие понятия предметов и высказываний; показатели.

Концептуальная модель объекта управления является центральным компонентом систем, содержит формализованное описание всех единиц информации и правил их преобразования, характеристики иерархической структуры объекта управления и объемно-временные параметры процессов преобразования единиц информации.

Концептуальная модель используется при проектировании базы данных, структурном анализе процессов обработки данных, размещается в базе метаданных и используется различными компьютерами системы, абонентами и обслуживающим персоналом.

2.6. Технология разработки информационной системы

Организация автоматизированных информационных систем.

Эффективность организации определяется решением задач централизации обработки информации, архитектуры, стоимости, качества и эффективности информационных систем. Уровень централизации отражается в типах: централизованных систем, используемых в условиях необходимого полного контроля за системой; малым размером организации, использования данных ресурсов, наличия одинаковых потребностей у различных подразделений организации, наличия в организации централизованного подхода к управлению; децентрализуемых структур, используемых в условиях интегрированности системы с бизнесом; гибкости структуры организации; снижения телекоммуникационных затрат; возможности целеполагания использования ресурсов; усиления ответственности низшего звена сотрудников. Гибридные информационные системы используются при условии наличия мощного вычислительного центра, локальных вычислительных ресурсов, объединенных в сеть.

Создание информационных систем предусматривает выполнение работ по планированию, включающих оценку текущей ситуации, определение миссии системы, интенсивности использования информации, пользователей системы, оценки среды организации, места на рынке, сильных и слабых сторон, выработку стратегии. При этом информационная система рассматривается как техническая часть проектов общего усиления организации - проекта делового развития.

Будущее использования информации обусловлено эффективностью архитектуры информационных технологий, отображающих способ использования информационных ресурсов. Информационная архитектура включает в себя: управленческую архитектуру, связывающую менеджера, системы менеджмента, бизнес-план, механизмы планирования и контроля; техническую архитектуру, включающую инфраструктуру, расположение, рабочие станции, данные, операции. Видение будущего и архитектура являются входом к процессу планирования.

Начальный этап процесса планирования - разработка стратегического плана, являющегося сводом инициатив по продвижению организации к видению использования информации. Основной целью плана является понимание того, что потребности организации в информации определяют структуру информационной системы и информационных технологий. В качестве основных стратегий информационных систем используются стратегии: центральное планирование, первенство, свободный рынок, монополия, скудные ресурсы, концепция необходимого зла. Выбор стратегии основан на матричной схеме их использования по классам организаций, которые определяют их место в бизнесе.

Разработка стратегического плана информационной системы предусматривает шаги: постановку целей; проведение внутреннего и внешнего анализа; выделение стратегических инициатив, которые включают факторы успеха, анализ конкурентных сил, цепочки ценностей. Временные характеристики процесса планирования отображаются в долгосрочных, краткосрочных и оперативных планах информационной системы.

Жизненный цикл информационных систем включает период их создания и использования до момента выхода из эксплуатации и включает стадии: предпроектного обследования с разработкой технического задания на проектирование; проектирования - с разработкой математических методов и алгоритмов программ с выбором комплекса технических средств; разработки системы - установка программных средств и инструкций по эксплуатации программного обеспечения; ввода системы в эксплуатацию - проведение опытной эксплуатации и сдачи системы в эксплуатацию; эксплуатации системы - эксплуатация и сопровождение программных, технических средств и всего проекта. Информационные технологии реализуются в условиях спроектированной информационной системы.

Автоматизация проектирования информационных систем и технологий. Основана на использовании готовых решений обеспечения заданного качества работ на основе CASE-технологий.

гии, включающей совокупность методов анализа, проектирования, разработки и сопровождений информационной системы комплекса взаимосвязанных средств автоматизации. Технология позволяет отделить и автоматизировать процесс проектирования от последующих этапов разработки систем и позволяет улучшить качество и снизить время создания прототипа будущей системы, снижает трудоемкость разработки системы;

поддерживает развитие и сопровождение разработки информационной системы.

Информационные системы разрабатываются в соответствии с моделями бизнес-процессов организации, отражающих описание финансовых, производственных, логистических, маркетинговых характеристик затрат доходов, прибыли, инвестиций, производственных мощностей, каналов снабжения и сбыта, процессов, функций, информационных потоков, организационных структур. Средствами построения этих моделей являются: язык описания связи функций друг с другом по входам/выходам, контролю и исполнению модели вида "сущность - связь" для описания параметров объектов и взаимозависимости между ними для проектирования структур баз данных, потоковые модели для описания связи функциональной и информационных моделей с идентификацией функций, управляющих потоками данных.

Стандарты управления производством используются при создании и эксплуатации информационной системы организации. При этом функции управления интегрируются с помощью обмена информацией, а стандарты учитываются при создании информационных систем.

Стандарты рекомендаций включают общие правила, по которым производится планирование и контроль различных стадий производственного процесса.

Эффективность информационной системы. Повышается за счет применения системы непрерывного информационного сопровождения всего жизненного цикла производства продукции CASE- технологией с обменом данными всех участников производства и сбыта продукции. Стоимость информационной системы определяется затратами:

- прямыми - на аппаратно-программные средства, администрирование поддержку,
- разработку оплату коммуникационных услуг и косвенными - связанными с конечными пользователями.

Эффективность информационных систем определяется затратами и результатами от ее эксплуатации и соотношения цены и качества информационных услуг, включающих оценки надежности, простоты, конечности, возможности внесения изменений, точности результатов расчета, завершенности выполнения всех функций.

Основными требованиями, предъявляемыми к информационным системам, являются: функциональная полнота, локализация информационной системы, защищенность информации, реализация удаленного доступа и работа в распределенных сетях, наличие инструментальных средств адаптации и сопровождения системы, обеспечение обмена данными, возможность консолидации информации, наличие специальных средств анализа состояния системы в процессе эксплуатации.

Таким образом, проектирование информационных систем обусловлено учетом существующих программных средств, схемами организации информационных систем объекта.

Модель и методы информационного моделирования производственных систем обеспечивают формирование структуры средств автоматизации информационных процессов по всем функциям новых информационных технологий. Технология разработки информационной системы предусматривает этапы, отражающие весь жизненный цикл системы с возможностью ее совершенствования.

2.7 Особенности ЭС

Экспертные системы (ЭС)- это яркое и быстро прогрессирующее направление в области искусственного интеллекта(ИИ). Причиной повышенного интереса, который ЭС вызывают к себе на протяжении всего своего существования является возможность их применения к решению задач из самых различных областей человеческой деятельности. Пожалуй, не найдется такой проблемной области, в которой не было бы создано ни одной ЭС или по крайней мере, такие попытки не предпринимались бы.

ЭС- это набор программ или программное обеспечение, которое выполняет функции эксперта при решении какой-либо задачи в области его компетенции. ЭС, как и эксперт-человек, в процессе своей работы оперирует со знаниями. Знания о предметной области, необходимые для работы ЭС, определенным образом формализованы и представлены в памяти ЭВМ в виде базы знаний, которая может изменяться и дополняться в процессе развития системы.

ЭС выдают советы, проводят анализ, выполняют классификацию, дают консультации и ставят диагноз. Они ориентированы на решение задач, обычно требующих проведения экспертизы человеком-специалистом. В отличие от машинных программ, использующий процедурный анализ, ЭС решают задачи в узкой предметной области (конкретной области экспертизы)на основе дедуктивных рассуждений. Такие системы часто оказываются способными найти решение задач, которые неструктурированы и плохо определены. Они справляются с отсутствием структурированности путем привлечения эвристик, т. е. правил, взятых “с потолка”, что может быть полезным в тех системах, когда недостаток необходимых знаний или времени исключает возможность проведения полного анализа.

Главное достоинство ЭС- возможность накапливать знания, сохранять их длительное время, обновлять и тем самым обеспечивать относительную независимость конкретной организации от наличия в ней квалифицированных специалистов. Накопление знаний позволяет повышать квалификацию специалистов, работающих на предприятии, используя наилучшие, проверенные решения.

Практическое применение искусственного интеллекта на машиностроительных предприятиях и в экономике основано на ЭС, позволяющих повысить качество и сохранить время принятия решений, а также способствующих росту эффективности работы и повышению квалификации специалистов.

Основными отличиями ЭС от других программных продуктов являются использование не только данных, но и знаний, а также специального механизма вывода решений и новых знаний на основе имеющихся. Знания в ЭС представляются в такой форме, которая может быть легко обработана на ЭВМ. В ЭС известен алгоритм обработки знаний, а не алгоритм решения задачи. Поэтому применение алгоритма обработки знаний может привести к получению такого результата при решении конкретной задачи, который не был предусмотрен. Более того, алгоритм обработки знаний заранее неизвестен и строится по ходу решения задачи на основании эвристических правил. Решение задачи в ЭС сопровождается понятными пользователю объяснениями, качество получаемых решений обычно не хуже, а иногда и лучше достигаемого специалистами. В системах, основанных на знаниях, правила (или эвристики), по которым решаются проблемы в конкретной предметной области, хранятся в базе знаний. Проблемы ставятся перед системой в виде совокупности фактов, описывающих некоторую ситуацию, и система с помощью базы знаний пытается вывести заключение из этих фактов

Качество ЭС определяется размером и качеством базы знаний (правил или эвристик). Система функционирует в следующем циклическом режиме: выбор (запрос) данных или результатов анализов, наблюдения, интерпретация результатов, усвоение новой информации, выдвижении с помощью правил временных гипотез и затем выбор следующей порции данных или результатов анализов (рис.2). Такой процесс продолжается до тех пор, пока не поступит информация, достаточная для окончательного заключения.

В любой момент времени в системе существуют три типа знаний:

- Структурированные знания- статические знания о предметной области. После того как эти знания выявлены, они уже не изменяются.
- Структурированные динамические знания- изменяемые знания о предметной области. Они обновляются по мере выявления новой информации.
- Рабочие знания- знания, применяемые для решения конкретной задачи или проведения консультации.

Все перечисленные выше знания хранятся в базе знаний. Для ее построения требуется провести опрос специалистов, являющихся экспертами в конкретной предметной области, а затем

систематизировать, организовать и снабдить эти знания указателями, чтобы впоследствии их можно было легко извлечь из базы знаний

Отличительные особенности. Экспертные системы первого и второго поколения.

1. Экспертиза может проводиться только в одной конкретной области. Так, программа, предназначенная для определения конфигурации систем ЭВМ, не может ставить медицинские диагнозы.
2. База знаний и механизм вывода являются различными компонентами. Действительно, часто оказывается возможным сочетать механизм вывода с другими базами знаний для создания новых ЭС. Например, программа анализа инфекции в крови может быть применена в пульманологии путем замены базы знаний, используемой с тем же самым механизмом вывода.
3. Наиболее подходящая область применения- решение задач дедуктивным методом. Например, правила или эвристики выражаются в виде пар посылок и заключений типа “если-то”.
4. Эти системы могут объяснять ход решения задачи понятным пользователю способом. Обычно мы не принимаем ответ эксперта, если на вопрос “Почему ?” не можем получить логичный ответ. Точно так же мы должны иметь возможность спросить систему, основанную на знаниях, как было получено конкретное заключение.
5. Выходные результаты являются качественными (а не количественными).
6. Системы, основанные на знаниях, строятся по модульному принципу, что позволяет постепенно наращивать их базы знаний.

Компьютерные системы, которые могут лишь повторить логический вывод эксперта, принято относить к ЭС первого поколения. Однако специалисту, решающему интеллектуально сложную задачу, явно недостаточно возможностей системы, которая лишь имитирует деятельность человека. Ему нужно, чтобы ЭС выступала в роли полноценного помощника и советчика, способного проводить анализ нечисловых данных, выдвигать и отбрасывать гипотезы, оценивать достоверность фактов, самостоятельно пополнять свои знания, контролировать их непротиворечивость, делать заключения на основе прецедентов и, может быть, даже порождать решение новых, ранее не рассматривавшихся задач. Наличие таких возможностей является характерным для ЭС второго поколения, концепция которых начала разрабатываться 9-10 лет назад. Экспертные системы, относящиеся ко второму поколению, называют партнерскими, или усилителями интеллектуальных способностей человека. Их общими отличительными чертами является умение обучаться и развиваться, т.е. эволюционировать.

В экспертных системах первого поколения знания представлены следующим образом:

- 1) знаниями системы являются только знания эксперта, опыт накопления знаний не предусматривается.
- 2) методы представления знаний позволяли описывать лишь статические предметные области.
- 3) модели представления знаний ориентированы на простые области.

Представление знаний в экспертных системах второго поколения следующее:

- 1) используются не поверхностные знания, а более глубокие. Возможно дополнение предметной области.
- 2) ЭС может решать задачи динамической базы данных предметной области.

Области применения систем, основанных на знаниях, могут быть сгруппированы в несколько основных классов: медицинская диагностика, контроль и управление, диагностика неисправностей в механических и электрических устройствах, обучение.

а) Медицинская диагностика.

Диагностические системы используются для установления связи между нарушениями деятельности организма и их возможными причинами. Наиболее известна диагностическая система MYCIN, которая предназначена для диагностики и наблюдения за состоянием больного при менингите и бактериальных инфекциях. Ее первая версия была разработана в Стенфордском университете в середине 70-х годов. В настоящее время эта система ставит диагноз на уровне врача-

специалиста. Она имеет расширенную базу знаний, благодаря чему может применяться и в других областях медицины.

б) Прогнозирование.

Прогнозирующие системы предсказывают возможные результаты или события на основе данных о текущем состоянии объекта. Программная система “Завоевание Уолл-стрита” может проанализировать конъюнктуру рынка и с помощью статистических методов алгоритмов разработать для вас план капиталовложений на перспективу. Она не относится к числу систем, основанных на знаниях, поскольку использует процедуры и алгоритмы традиционного программирования. Хотя пока еще отсутствуют ЭС, которые способны за счет своей информации о конъюнктуре рынка помочь вам увеличить капитал, прогнозирующие системы уже сегодня могут предсказывать погоду, урожайность и поток пассажиров. Даже на персональном компьютере, установив простую систему, основанную на знаниях, вы можете получить местный прогноз погоды.

в) Планирование.

Планирующие системы предназначены для достижения конкретных целей при решении задач с большим числом переменных. Дамасская фирма Informat впервые в торговой практике предоставляет в распоряжении покупателей 13 рабочих станций, установленных в холле своего офиса, на которых проводятся бесплатные 15-минутные консультации с целью помочь покупателям выбрать компьютер, в наибольшей степени отвечающий их потребностям и бюджету. Кроме того, компания Boeing применяет ЭС для проектирования космических станций, а также для выявления причин отказов самолетных двигателей и ремонта вертолетов. Экспертная система XCON, созданная фирмой DEC, служит для определения или изменения конфигурации компьютерных систем типа VAX и в соответствии с требованиями покупателя. Фирма DEC разрабатывает более мощную систему XSEL, включающую базу знаний системы XCON, с целью оказания помощи покупателям при выборе вычислительных систем с нужной конфигурацией. В отличие от XCON система XSEL является интерактивной.

г) Интерпретация.

Интерпретирующие системы обладают способностью получать определенные заключения на основе результатов наблюдения. Система PROSPECTOR, одна из наиболее известных систем интерпретирующего типа, объединяет знания девяти экспертов. Используя сочетания девяти методов экспертизы, системе удалось обнаружить залежи руды стоимостью в миллион долларов, причем наличие этих залежей не предполагал ни один из девяти экспертов. Другая интерпретирующая система- HASP/SIAP. Она определяет местоположение и типы судов в тихом океане по данным акустических систем слежения.

д) Контроль и управление.

Системы, основанные на знаниях, могут применяться в качестве интеллектуальных систем контроля и принимать решения, анализируя данные, поступающие от нескольких источников. Такие системы уже работают на атомных электростанциях, управляют воздушным движением и осуществляют медицинский контроль. Они могут быть также полезны при регулировании финансовой деятельности предприятия и оказывать помощь при выработке решений в критических ситуациях.

е) Диагностика неисправностей в механических и электрических устройствах.

В этой сфере системы, основанные на знаниях, незаменимы как при ремонте механических и электрических машин (автомобилей, дизельных локомотивов и т.д.), так и при устранении неисправностей и ошибок в аппаратном и программном обеспечении компьютеров.

ж) Обучение.

Системы, основанные на знаниях, могут входить составной частью в компьютерные системы обучения. Система получает информацию о деятельности некоторого объекта (например, студента) и анализирует его поведение. База знаний изменяется в соответствии с поведением объекта. Примером этого обучения может служить компьютерная игра, сложность которой увеличивается по мере возрастания степени квалификации играющего. Одной из наиболее интересных обучающих ЭС является разработанная Д.Ленатом система EURISCO, которая использует простые эвристики. Эта система была опробована в игре Т.Тревевеллера, имитирующая боевые действия. Суть игры состоит в том, чтобы определить состав флотилии, способной нанести поражение в условиях

неизменяемого множества правил. Система EURISCO включила в состав флотилии небольшие, способные провести быструю атаку корабли и одно очень маленькое скоростное судно и постоянно выигрывала в течение трех лет, несмотря на то, что в стремлении воспрепятствовать этому правила игры меняли каждый год.

Большинство ЭС включают знания, по содержанию которых их можно отнести одновременно к нескольким типам. Например, обучающая система может также обладать знаниями, позволяющими выполнять диагностику и планирование. Она определяет способности обучаемого по основным направлениям курса, а затем с учетом полученных данных составляет учебный план. Управляющая система может применяться для целей контроля, диагностики, прогнозирования и планирования. Система, обеспечивающая сохранность жилища, может следить за окружающей обстановкой, распознавать происходящие события (например, открылось окно), выдавать прогноз (вор-взломщик намеревается проникнуть в дом) и составлять план действий (вызвать полицию)

Критерий использования ЭС для решения задач.

Существует ряд прикладных задач, которые решаются с помощью систем, основанных на знаниях, более успешно, чем любыми другими средствами. При определении целесообразности применения таких систем нужно руководствоваться следующими критериями.

1. Данные и знания надежны и не меняются со временем.
2. Пространство возможных решений относительно невелико.
3. В процессе решения задачи должны использоваться формальные рассуждения. Существуют системы, основанные на знаниях, пока еще не пригодные для решения задач методами проведения аналогий или абстрагирования (человеческий мозг справляется с этим лучше). В свою очередь традиционные компьютерные программы оказываются эффективнее систем, основанных на знаниях, в тех случаях, когда решение задачи связано с применением процедурного анализа. Системы, основанные на знаниях, более подходят для решения задач, где требуются формальные рассуждения.
4. Должен быть по крайней мере один эксперт, который способен явно сформулировать свои знания и объяснить свои методы применения этих знаний для решения задач.

В таблице один приведены сравнительные свойства прикладных задач, по наличию которых можно судить о целесообразности использования для их решения ЭС.

Таблица 1. Критерий применимости ЭС.

Применимы	Неприменимы
Не могут быть построены строгие алгоритмы или процедуры, но существуют эвристические методы решения.	Имеются эффективные алгоритмические методы.
Есть эксперты, которые способны решить задачу.	Отсутствуют эксперты или их число недостаточно.
По своему характеру задачи относятся к области диагностики, интерпретации или прогнозирования.	Задачи носят вычислительный характер.
Доступные данные «зашумлены».	Известны точные факты и строгие процедуры.
Задачи решаются методом формальных рассуждений.	Задачи решаются процедурными методами, с помощью аналогий или интуитивно.
Знания статичны (неизменны).	Знания динамичны (меняются со временем).

В целом ЭС не рекомендуется применять для решения следующих типов задач:

- математических, решаемых обычным путем формальных преобразований и процедурного анализа;
- задач распознавания, поскольку в общем случае они решаются численными методами;
- задач, знания о методах решения которых отсутствуют (невозможно построить базу знаний).

Ограничения в применение экспертных систем

Даже лучшие из существующих ЭС, которые эффективно функционируют как на больших, так и на мини-ЭВМ, имеют определенные ограничения по сравнению с человеком-экспертом.

1. Большинство ЭС не вполне пригодны для применения конечным пользователем. Если вы не имеете некоторого опыта работы с такими системами, то у вас могут возникнуть серьезные трудности. Многие системы оказываются доступными только тем экспертам, которые создавали из базы знаний.
2. Вопросно-ответный режим, обычно принятый в таких системах, замедляет получение решений. Например, без системы MYCIN врач может (а часто и должен) принять решение значительно быстрее, чем с ее помощью.
3. Навыки системы не возрастают после сеанса экспертизы.
4. Все еще остается проблемой приведение знаний, полученных от эксперта, к виду, обеспечивающему их эффективную машинную реализацию.
5. ЭС не способны обучаться, не обладают здравым смыслом. Домашние кошки способны обучаться даже без специальной дрессировки, ребенок в состоянии легко уяснить, что он станет мокрым, если опрокинет на себя стакан с водой, однако если начать выливать кофе на клавиатуру компьютера, у него не хватит “ума” отодвинуть ее.
6. ЭС неприменимы в больших предметных областях. Их использование ограничивается предметными областями, в которых эксперт может принять решение за время от нескольких минут до нескольких часов.
7. В тех областях, где отсутствуют эксперты (например, в астрологии), применение ЭС оказывается невозможным.
8. Имеет смысл привлекать ЭС только для решения когнитивных задач. Теннис, езда на велосипеде не могут являться предметной областью для ЭС, однако такие системы можно использовать при формировании футбольных команд.
9. Человек-эксперт при решении задач обычно обращается к своей интуиции или здравому смыслу, если отсутствуют формальные методы решения или аналоги таких задач.

Системы, основанные на знаниях, оказываются неэффективными при необходимости проведения скрупулезного анализа, когда число “решений” зависит от тысяч различных возможностей и многих переменных, которые изменяются во времени. В таких случаях лучше использовать базы данных с интерфейсом на естественном языке.

Преимущества ЭС перед человеком - экспертом.

Системы, основанные на знаниях, имеют определенные преимущества перед человеком-экспертом.

1. У них нет предубеждений.
2. Они не делают поспешных выводов.
3. Эти системы работают систематизировано, рассматривая все детали, часто выбирая наилучшую альтернативу из всех возможных.
4. База знаний может быть очень и очень большой. Будучи введены в машину один раз, знания сохраняются навсегда. Человек же имеет ограниченную базу знаний, и если данные долгое время не используются, то они забываются и навсегда теряются.
5. Системы, основанные на знаниях, устойчивы к “помехам”. Эксперт пользуется побочными знаниями и легко поддается влиянию внешних факторов, которые непосредственно не связаны с решаемой задачей. ЭС, не обремененные знаниями из других областей, по своей природе менее подвержены “шумам”. Со временем системы, основанные на знаниях, могут рассматриваться пользователями как разновидность тиражирования- новый способ записи и распространения знаний. Подобно другим видам компьютерных программ они не могут заменить человека в решении задач, а скорее напоминают орудия труда, которые дают ему возможность решать задачи быстрее и эффективнее.
6. Эти системы не заменяют специалиста, а являются инструментом в его руках.

2.8 Основные исторические тенденции развития ЭС

Наиболее известные ЭС, разработанные в 60-70-х годах, стали в своих областях уже классическими. По происхождению, предметным областям и по преимущественности применяемых идей, методов и инструментальных программных средств их можно разделить на несколько семейств.

1. META-DENDRAL. Система DENDRAL позволяет определить наиболее вероятную структуру химического соединения по экспериментальным данным (масс-спектрографии, данным ядерного магнитного резонанса и др.). M-D автоматизирует процесс приобретения знаний для DENDRAL. Она генерирует правила построения фрагментов химических структур.
2. MYCIN-EMYCIN-TEIREIAS-PUFF-NEOMYCIN. Это семейство медицинских ЭС и сервисных программных средств для их построения.
3. PROSPECTOR-KAS. PROSPECTOR- предназначена для поиска (предсказания) месторождений на основе геологических анализов. KAS- система приобретения знаний для PROSPECTOR.
4. CASNET-EXPERT. Система CASNET- медицинская ЭС для диагностики выдачи рекомендаций по лечению глазных заболеваний. На ее основе разработан язык инженерии знаний EXPERT, с помощью которой создан ряд других медицинских диагностических систем.
5. HEARSAY-HEARSAY-2-HEARSAY-3-AGE. Первые две системы этого ряда являются развитием интеллектуальной системы распознавания слитной человеческой речи, слова которой берутся из заданного словаря. Эти системы отличаются оригинальной структурой, основанной на использовании доски объявлений- глобальной базы данных, содержащей текущие результаты работы системы. В дальнейшем на основе этих систем были созданы инструментальные системы HEARSAY-3 и AGE (Attempt to Generalize- попытка обобщения) для построения ЭС.
6. Системы AM (Artificial Mathematician- искусственный математик) и EURISCO были разработаны в Станфордском университете доктором Д. Ленатом для исследовательских и учебных целей. Ленат считает, что эффективность любой ЭС определяется закладываемыми в нее знаниями. По его мнению, чтобы система была способна к обучению, в нее должно быть введено около миллиона сведений общего характера. Это примерно соответствует объему информации, каким располагает четырехлетний ребенок со средними способностями. Ленат также считает, что путь создания узкоспециализированных ЭС с уменьшенным объемом знаний ведет к тупику.

В систему AM первоначально было заложено около 100 правил вывода и более 200 эвристических алгоритмов обучения, позволяющих строить произвольные математические теории и представления. Сначала результаты работы системы были весьма многообещающими. Она могла сформулировать понятия натурального ряда и простых чисел. Кроме того, она синтезировала вариант гипотезы Гольдбаха о том, что каждое четное число, большее двух, можно представить в виде суммы двух простых чисел. До сих пор не удалось ни найти доказательства данной гипотезы, ни опровергнуть ее. Дальнейшее развитие системы замедлилось и было отмечено, что несмотря на проявленные на первых порах “математические способности”, система не может синтезировать новых эвристических правил, т.е. ее возможности определяются только теми эвристиками, что были в нее изначально заложены.

При разработке системы EURISCO была предпринята попытка преодолеть указанные недостатки системы AM. Как и в начале эксплуатации AM, первые результаты, полученные с помощью EURISCO, были эффективными. Сообщалось, что система EURISCO может успешно участвовать в очень сложных играх. С ее помощью в военно-стратегической игре, проводимой ВМФ США, была разработана стратегия, содержащая ряд оригинальных тактических ходов. Согласно одному из них, например предлагалось взрывать свои корабли, получившие повреждения. При этом корабли, оставшиеся неповрежденными, получают необходимое пространство для выполнения маневра.

Однако через некоторое время обнаружилось, что система не всегда корректно переопределяет первоначально заложенные в нее правила. Так, например, она стала нарушать строгое предписание обращаться к программистам с вопросами только в определенное время суток. Т.о., система EURISCO, так же как и ее предшественница, остановилась в своем развитии, достигнув предела, определенного в конечном счете ее разработчиком.

С 1990 года доктор Ленат во главе исследовательской группы занят кодированием и вводом нескольких сот тысяч элементов знаний, необходимых, по его мнению, для создания “интеллектуальной” системы. Этот проект назван Сус (“Цик”, от английского слова enciklopaedia).

3. АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ

3.1. Информационная система в учреждении - организации

Информационная система средствами информационных технологий приводит к изменению организационной структуры организации в рамках подразделений, реализующих функции производства и появления новых структурных подразделений, ответственных за автоматизацию и интеграцию. Использование информационной системы приводит к ликвидации промежуточных звеньев внутри организаций и между ними. Внедрение информационной системы осуществляется на основе двух концепций: с ориентацией на существующую структуру организации на основе модернизации методов работы и ориентацией на будущую структуру организации. Информационные системы обеспечивают принятие решений при централизации и децентрализации власти. При этом эффективность использования системы зависит от уровня знаний пользователя в области прикладных задач информационных технологий и потенциальных возможностей сокращения непроизводительных операций. В качестве мер по созданию привлекательности внедрения систем используются: внедрение средств автоматизации, привлечение будущих пользователей к выбору и созданию новых автоматизированных мест, внедрение систем по этапам: реализация базовой системы, расширение круга пользователей, увеличение числа прикладных задач, интеграция.

Деловая стратегия организации определяется стратегией информационных систем, которая формируется из стратегий информационных технологий и определяется информационной интенсивностью, характеризующей степень зависимости продукта от информации и информационных технологий, стратегия информационных систем определяет потребности бизнеса и его функций в информации. Эта стратегия определяет состав информационных систем в зависимости от спроса на операции информационной технологии, а также определяет ответственного за введение информационных систем.

Стратегия информационной технологии определяет пути достижения целей, основываясь на приоритетах стратегии информационных систем и технологий. Стратегии являются основой стратегического планирования, в котором отображаются соответствие продуктов процесса и стратегии информационной системы для бизнеса и стратегии информационных технологий, описывающих инфраструктуру и услуги доставки. Интегрирование стратегий составляет портфель будущих программ информационных систем и технологий, соответствующий деловым потребностям организации.

Интегрированная стратегия информационной системы корпорации представляет собой композицию стратегий функциональных подразделений с потребностями корпорации, основанную на методах развития управления бизнесом.

Оценка эффективности использования информационных систем определяется: эффективностью, характеризующей выполнение требуемых функций при минимальных затратах; экономическим эффектом - результатом внедрения системы; сроком окупаемости. Источником экономии затрат на систему являются: увеличение объемов и сокращение сроков переработки информации, уменьшение численности персонала, появление новых возможностей в управлении, повышение производительности труда.

3.2. Автоматизация процессов управления производственной системой

Системы автоматизации управления. Классифицируются на две основные группы: уникальные и адаптируемые системы. Уникальные системы создаются для конкретной организации, не имеющие аналогов и не подлежащие тиражированию. Разработка этой системы является НИ-

ОКР и характеризуется повышенным риском получения результата. В методику разработки включаются: модель технологического процесса, модель управления технологическим процессом, инструментальные средства разработки.

Адаптируемые системы разрабатываются по методике, основанной на принципах: привлечения пользователей к разработке системы, проектирования программного обеспечения, совмещения процесса обучения пользователей с базовой системой создания прототипа программного обеспечения.

Разработка автоматизированной системы может вестись как от нуля, так и на основе референтной модели, представляющей собой описание объема системы, функций, организационных структур, процессов, в которых отражаются типовые особенности, присущие определенному классу организаций. Каждая такая модель является типовым проектным решением, на основе которого можно строить конкретные проекты. Процесс проектирования систем включает этапы: концептуальная бизнес-модель; референтная бизнес-модель, включающая иерархию бизнес-функций; модель бизнес-процессов; модель организационной структуры: проектная модель; привязка проектной модели к ролям деятельности модели организационной структуры.

Прикладные автоматизированные системы управления. Классифицируются по общим признакам: типу производства, уровню исполнения, тину принимающего решения, назначению, области деятельности, типу используемых вычислительных средств. Типами систем, принимающих решения, являются: информационно-справочная система; информационно-советующая система; информационно-управляющая система. Классификация по предметному признаку подразделяет предприятие по уровню сложности систем управления по трем группам: системы простые с продуктами, реализующими небольшое число бизнес-процессов организации, которые ориентируются на локальное использование; системы среднего класса, которые отличаются большой глубиной и широтой охвата функций; системы высшей сложности, которые отличаются высоким уровнем детализации хозяйственной деятельности, обеспечивающие планирование и управление всеми ресурсами организации. При внедрении таких систем производится моделирование бизнес-процессов и настройка параметров системы на требования бизнеса. Зарубежные продукты автоматизированных систем управления предприятием классифицируются по следующим типам: MSII или ERP-системы, системы конфигурации продукции, системы планирования спроса, системы планирования, расширенные системы, системы управления сетью поставок, финансовые системы, системы управления бизнесом и бухгалтерского учета, системы планирования перевозок, системы управления складом, системы управления эксплуатацией, системы оперативного планирования, управления данными, системы планирования распределения, системы управления проектами, системы управления качеством, системы оптимизации процессов производства, системы исполнения цепи поставок, системы контроля.

Внедрение автоматизированных систем управления предприятия осуществляется при условии наличия подразделения, которое занимается перестройкой системы в соответствии с требованиями бизнеса на основе изменения существующих моделей бизнес-процессов, создания новых моделей, предварительного обучения пользователей системы.

Автоматизация процессов управления. Представляет собой автоматизированное рабочее место (АРМ), включающее комплекс средств, реализованный на базе профессиональных ЭВМ для решения задач в определенной предметной области.

Основными требованиями к АРМ являются: простота общения пользователя; оперативность ввода, обработки, размножения и поиска документов; возможность оперативного обмена информацией между производственным персоналом; исключение тупиковых ситуаций в решении задач; возможность ввода ошибочных данных с указанием пользователю на ошибку; возможность настройки АРМ под конкретного пользователя; эргономичность конструкции; безопасность для здоровья пользователя.

Основными видами обеспечения функционирования АРМ являются: техническое, информационное, математическое, программное, лингвистическое, защитное, методическое, правовое, эргономическое обеспечение.

Техническое обеспечение представляет собой ПЭВМ с необходимыми периферийными устройствами и средствами коммуникаций.

Информационное обеспечение включает в себя сведения об источниках и потребителях информации, периодичность обновления, объем, диапазон изменения, точность, форматы данных. Основными источниками информации для АРМ являются базы и банки данных. *Математическое обеспечение* объединяет совокупность математических методов, моделей и алгоритмов обработки информации.

Программное обеспечение включает в себя совокупность программ автоматизации решения задач в соответствии с функциональным назначением АРМ.

Лингвистическое обеспечение представляет собой специальный язык диалога пользователя с АРМ, обеспечивающий однозначное соответствие между действиями пользователя и реакцией АРМ. Язык АРМ является проблемно-ориентированным, при котором процесс обработки представлен последовательностью процедур манипулирования с данными, не зависящими от ПЭВМ. Язык указывает, что нужно сделать, а процедуры действий организуют внутренние средства языка без участия пользователя.

Защитное обеспечение представляет собой совокупность средств защиты информации АРМ от несанкционированного доступа и преднамеренного ее исполнения. К защитному обеспечению относятся социальные и формальные методы защиты информации.

Методическое обеспечение определяет поведение пользователя в среде АРМ и включает инструкции по работе в среде АРМ и средства обучения пользователей.

Правовое обеспечение представляет собой совокупность правовых норм, регламентирующих отношения между пользователями АРМ, а также внешними источниками и потребителями информации.

Эргономическое обеспечение предусматривает создание благоприятных условий для использования АРМ при высокой производительности труда и низкой утомляемости пользователей. Организация деятельности с использованием АРМ осуществляется на основе соблюдения принципов: минимальных затрат ресурсов пользователя; максимального взаимопонимания с АРМ; минимального объема затрат оперативной памяти у пользователя; минимального психологического расстройства пользователя по причинам, которые препятствуют решению задач из-за АРМ: учета профессиональных навыков пользователя; максимального контроля работы АРМ со стороны пользователя.

Методика решения формализуемых задач принятия решений основана на использовании методов решения задач оптимизации: линейное и динамическое программирование - для решения задачи распределения ресурсов; теории массового обслуживания - задач со случайным характером поступления и обслуживания заявок в системе; имитационного моделирования - задач, решаемых на основе использования имитационной модели; статистического моделирования - задач, в которых результат находится методами математической статистики из большого числа расчетов с различными факторами; теории управляемых марковских процессов – задач со случайным не контролируемым фактором; теории игр – состязательных задач в условиях неопределенности; теории расписаний - задач календарного упорядочения работ; сетевого планирования управления - задач с неопределенной оценкой времени выполнения видов работ; векторной оптимизации - многокритериальных задач; теории распознавания образов — задачи поиска. Решение задач управления с помощью электронных таблиц осуществляется методами перебора решений, методами оптимизации: линейное, целочисленное, нелинейное, стохастическое программирование.

Методика решения неформализуемых задач принятия решений осуществляется с помощью экспертных систем, реализуется для условий: отсутствия математической модели задачи и методов ее решения, большого объема пространства решений, наличия шума в исходных данных, наличия квалифицированных экспертов, возможности структуризации. Архитектура экспертной системы включает: интерфейсы пользователей, базу знаний о предметной области, организованную в форму с помощью которой осуществляется рассуждение и находится решение; систему управления базой знаний, включающей совокупность языковых и программных средств для создания и ведения базы знаний; систему поиска решений, включающую комплекс программ, разработанных на основе математических, логических, эвристических методов, предоставляющей пользователю рекомендации по принятию решений; систему объяснения выбранного решения.

Моделями представления знаний, поддерживаемыми экспертной системой, являются: модели формальной логики - дизъюнкции, конъюнкции, инверсии, импликации; процедурные модели - набор фактов, сгруппированных по правилам, объединяющим определенные факты, приводящие к требуемому выводу; фреймовые модели – минимальная структура информации о факте в базе знаний, группировка которых образует семантическую цепочку, необходимую для формирования

вывода; модели нечеткой логики - использующие кроме высказываний "истина" и "ложь" высказывания типа "много", "мало", "часто", "редко", "не менее", "не более" в "диапазоне", позволяющем получать приближенные рассуждения.

Методика решения задач управления с помощью экспертной системы включает шаги:

- выбор исходных данных и формулировка задачи;
- выбор модели представления знаний и метода оптимального решения задачи;
- оценка предложений экспертной системы и принятие решения;
- рекомендации по осуществлению решения.

Организация АСУ и АРМ предприятия основана на функциональном совмещении, на базе двухсторонней логико-информационной связи. При этом система взаимосвязанных АРМ рассматривается как вид АСУ с распределенной обработкой информации.

3.3. Управление процессом автоматизации

Процесс автоматизации включает этапы: планирования, контроля, регулирования. Стратегическое планирование основано на использовании стратегии, включающей цели автоматизации предприятия; способы автоматизации; долгосрочной технической политики, включающих стандарты предприятия на оборудование, аппаратно-программные средства, использование продукции; ограничении ресурсов; анализе результатов плана; процедуре управления изменениями. Стратегия автоматизации должна соответствовать стратегиям бизнеса предприятия с указанием путей достижения этого соответствия. При этом автоматизация рассматривается как один из способов достижения стратегических бизнес - целей на основе соответствия приоритетов и целей автоматизации и бизнеса. Мероприятия по сохранению эффективности инвестиций в автоматизацию ориентированы на обеспечение требуемой рентабельности эксплуатации информационной системы и возможности ее развития с учетом произведенных затрат.

Основными ограничениями при выборе стратегии автоматизации являются: финансовые, определяемые величиной инвестиций; временные - обусловленные сменой технологий основного производства, рыночной стратегией предприятия, государственным регулированием экономики; человеческий фактор – корпоративной культурой, особенностью рынка труда, трудовым законодательством; технические - связанные с возможностью предприятия.

В соответствии с этим используются формы технологии автоматизации: интеграция нескольких существующих систем и разработка уникальной системы, выбор которых определяется состоянием рынка информационных услуг, эффективностью инвестиций в информационные технологии, необходимостью реорганизации деятельности предприятия.

Эффективность инвестиций на автоматизацию определяется уровнем достижения целей, которые формулируются в терминах, характеризующих параметры автоматизированных процессов. Основным подходом к реорганизации предприятия является методика планирования бизнес - систем, определяющая подход по формированию плана создания информационных систем, удовлетворяющая его информационные потребности. Основным положением этого подхода является представление информации как основного ресурса, который должен планироваться в работе предприятия, а информационная система должна проектироваться независимой текущей состоянием и структуры предприятия. Анализ и реорганизация предприятия осуществляются на основе матриц: данные - процесс; руководители - процессы; информационные системы – руководители; информационные системы - процессы; информационные системы – файлы данных.

С учетом выявленных проблем основные изменения осуществляются с целью ориентации предприятия на спроектированную информационную систему. Такая система поддерживается стандартами серии ISO 9000, что обеспечивает переход от планируемых к хорошо управляемым процессам. Стандарт ISO 9000 определяет базовый набор мероприятий по контролю качества и

представляет собой схему функционирования бизнес - процессов предприятия, обеспечивая высокое качество его работы.

При обосновании реорганизации деятельности предприятия используются методы: динамического функционального анализа на основе сетей Петри и метод функционально-стоимостного анализа. Реализация методов осуществляется по этапам; построение статической функциональной модели; расширение статической модели поведенческими или стоимостными характеристиками ее объектов; сбор и ввод в модель необходимой информации; использование модели с получением оценок. Динамическая модель, основанная на сетях Петри, позволяет осуществить анализ: механизмов взаимодействия процессов; временных отношений между выполненными процессами: абсолютного времени; управлении исключительными ситуациями. Построение динамической модели позволяет осуществить: статический анализ деятельности - компоненты сети, иерархия сети, соответствие типов; динамический анализ деятельности; имитационное моделирование деятельности.

Стоимостная информация о бизнес-процессах основана на использовании методов и моделей определения стоимости на базе функций, процессов и ресурсов. Для анализа этой модели на основе моделей реорганизации бизнес - процессов используются стратегический анализ для определения путей достижения стратегических целей; стоимостной анализ для поиска возможностей снижения стоимости; определение целевой стоимости, помогающей планировать выпуск товаров: определение стоимости исходя из жизненного цикла товара.

Основными критериями стратегии автоматизации являются; эффективность стратегии; эффективность процесса автоматизации. Условием обеспечения эффективности стратегии является учет:

целей бизнеса; ограничений; технологий; проблем, а критериями время и затраты на внедрение, экономический эффект, влияние системы на условия труда.

3.4. Интегрированные автоматизированные системы управления

Концепции современных АСУ предприятия предусматривает создание гибких, адаптивных, интегрированных систем управления с элементами искусственного интеллекта, обеспечивающих преимущественно безбумажное и безлюдное управление предприятием. Создание и развитие информационных систем осуществляется по основным типам: автоматизированных систем научных исследований; систем автоматизированного проектирования изделий и автоматизированных систем технологической подготовки производства; автоматизированных систем производственного управления, ориентированных на автоматизацию функций управления объединением и предприятием: автоматизированных систем комбинированного организационного и технологического управления; автоматизированных систем управления технологическими процессами; автоматизированных систем контроля качества.

Интегрированная автоматизированная система управления комплексно обеспечивает автоматизацию процессов стратегического планирования, экономического и технического развития предприятия, маркетинговых и научных исследований, проектирования новых видов продукции, управления технической подготовкой производства, текущей производственно-хозяйственной, сбытовой и финансовой деятельностью, управления технологическими операциями. Сущность интеграции системы управления предприятием заключается: в согласовании целей и критериев их оценки всех компонентов системы; решении комплексов задач, обеспечивающих достижение целей; обобщении информации; получении синергетического эффекта.

Под интегрированными автоматизированными системами управления понимается человеко-машинная система, обеспечивающая решение задач управления экономической, административной деятельностью, исследования рынка, реализации товаров, проектирования изделий, технологической подготовки производства, организации и управления технологическими процессами. Проблема интеграции решается путем применения системного подхода к проектированию с разработкой целевых программ создания системы, в адаптации и идентификации ее компонентов, в объединении фаз жизненного цикла системы. Интеграция включает виды: организационная - обеспечивающая сочетание управленческой деятельности персонала всех уровней; функциональная - сочетание единства целей и функций всех компонентов; информационная – формирование

единой информационной базы; программная - совместное функционирование комплексных информационных систем, прикладных программ, структур данных; техническая - создание комплекса совместимых ЭВМ.

Выбор средств интеграции АСУ должен обеспечивать совместимость всех видов интеграции.

Интегрированная автоматизированная система управления состоит из автономных систем, функционирующих по взаимосвязанным критериям на базе согласованного организационного, информационного, программного и технического обеспечения в условиях распределенной обработки данных, и является многоуровневой иерархической АСУ. Система разделяется по признакам, обеспечивающим максимальную автономность ее элементов, учет координации действий для достижения целей совместимости. Используются виды иерархии: временная - период от момента поступления информации до выдачи управляющего воздействия, пространственная - характеристика площади: функциональная - функциональные зависимости элементов системы; информационная - оперативность и обновляемость информации.

Для уменьшения неопределенности в процессе управления выделяются уровни сложности принимаемых решений. При этом решение вышестоящей задачи определяет ограничения для принятия решений на нижнем уровне. Выделяются три уровня управления: организационно-экономическое управление, управление подготовкой производства, управление программами и продуктами. Система представляется множеством локальных АСУ в виде многоуровневой иерархической структуры. Такой подход к процессу управления позволяет производить автоматизацию информационных систем последовательно на различных уровнях с учетом их согласованности. Функциональную структуру интегрированной автоматизированной системы управления образуют комплексы функциональных структур, которые рассматриваются как самостоятельные автоматизированные информационные системы.

На верхнем уровне структурированного описания системы создается обобщенная модель, отображающая состав взаимодействующих автоматизированных систем управления. Разработка функциональной структуры системы базируется на методологии системного анализа, позволяющего производить закрепление автоматизируемых функций за основными компонентами, при котором их совместное функционирование обеспечивало бы достижение всего комплекса поставленных целей. При этом учитывается состав уровней иерархии и функций по уровням управления. Функциональную структуру головного компонента представляют в виде функциональных структур подсистем с указанием взаимосвязей с подсистемами и комплексами задач других компонентов. В комплексы задач объединяются задачи, обеспечивающие определение показателей по фазам или по уровням управления.

При этом комплексы задач системы ориентированы на достижение конечных целей предприятия.

Функциональная структура интегрированной автоматизированной системы управления включает три уровня: верхний АСУ предприятия, АСУ НИОКР, на котором осуществляется стратегическое планирование; средний - АСУ основным, вспомогательным производством, АСУ научными исследованиями, САПР, АСУ технологической подготовкой производства, АСУ подразделениями, на котором решаются задачи управления основным и вспомогательным производством; нижний - диспетчерское управление, система управления модулями, на котором обеспечивается автоматизация оперативного управления производством.

Основными условиями эффективного функционирования интегрированной автоматизированной системы управления являются: согласованность локальных и глобальных целей системы, своевременность обеспечения входной информации, получения информации о функционировании системы, материальная и моральная заинтересованность персонала, синхронность взаимодействия с другими системами, развитие и совершенствование системы, совместимость всех видов обеспечения, надежность технических и программных средств, высокая квалификация персонала.

Таким образом, автоматизация деятельности производственных систем обусловлена необходимостью повышения эффективности бизнес - процессов средствами информатизации, а также процессов управления принятием решений на всех уровнях управления.

Создание интегрированных автоматизированных систем управления позволяет обеспечить эффективность взаимодействия всех функций управления.

Реализация интегрированной автоматизированной системы управления предусматривает этапный реинжиниринг информационных процессов производственных систем.

В целом можно отметить, что информационные технологии - база для разработки информационных систем, которые являются главным информационным ресурсом, обеспечивающим эффективность бизнеса производственных систем. Задачей повышения информатизации производственных систем является интеграция технологий с созданием автоматизированных комплексов, обеспечивающих управление производственными системами. Гипертекстовая технология являясь развитием аналитической технологии и совместно с ней обеспечивает возможность использования интеллектуальных систем управления производственными системами.

В отечественной практике применение средств EXCEL обеспечивает возможность широкого использования алгоритмов решения прикладных задач диагностики, проектирования, планирования и управления процессами бизнеса производственных систем.

Проектирование информационных систем основано на учете возможностей новых информационных технологий и потребностей обслуживания бизнес - процессов производственных систем.

Создание интегрированных автоматизированных систем управления включает задачи проектирования информационных систем на основе поэтапного реинжиниринга информационных процессов производственных систем.

4. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

4.1. Компьютерный интеллект

Под понятием "машинный интеллект" подразумевают совокупность аппаратных и программных средств ЭВМ, с помощью которых обеспечивается такое общение человека с машиной (интерфейс) которое по своему уровню приближается к общению между собой специалистов, решающих совместную задачу

Машинный интеллект предполагает наличие средств, которые определяют восприимчивость ЭВМ к языкам программирования высокого уровня, близким к естественному языку выдачи заданий на решение задач, а также средств, позволяющих выполнить эти задания за счет знаний о предметной области, где решается данная задача.

Основой машинного интеллекта является так называемый структурный способ обработки информации. Его альтернатива — программный способ. В обоих способах используется и аппаратное оборудование, и программы выполнения заданий на нем. Но по отношению к конкретной работе машины эти способы принципиально различаются. Если выполнение данного задания не требует никаких программных указаний о промежуточных действиях, то такой способ будет структурным. В этом случае машина знает, как выполнять задание, поскольку в ее внутреннем математическом обеспечении заложена соответствующая информация, которая активизируется по имени полученного машиной задания. Другими словами, в состав базовых операций машины, не требующих программирования, входит операция по выполнению данного задания. Например, если в состав базовых операций входит получение скалярного произведения двух векторов, то чтобы найти его, пользователю достаточно лишь задать эти векторы и указать знак операции скалярного произведения. Если же такая операция (как самостоятельная) в машине отсутствует, то для получения требуемого результата необходимо ее реализовать в виде соответствующей программы из последовательности имеющихся базовых операций над компонентами векторов и промежуточными результатами вычислений. Это и будет программный способ выполнения задания.

Оба этих способа обработки информации можно реализовать на любой из ЭВМ, но степень развития ее машинного интеллекта зависит от соотношения между этими способами. Чем более сложные действия может выполнять машина без их детализации со стороны пользователя (в виде

последовательностей программных указаний), т. е. чем больше знает машина, как делать (что делать — задает пользователь), тем более высоким является ее интеллект. Следовательно, пользователю на ней легче работать, и вычислительный процесс становится более эффективным.

Восприимчивость ЭВМ к языкам программирования означает степень понимания этих языков. Машина понимает язык тогда, когда она в состоянии непосредственно превращать записи на нем в конкретные действия. Эти программы интерпретируются и выполняются в едином пошаговом режиме. Тогда восприимчивость к языкам означает, насколько во внутреннем языке ЭВМ отражены выражения внешнего языка заданий. В частном случае в качестве внутреннего языка машины может быть целиком принят какой-либо конкретный язык программирования. Но тогда ограничивается диапазон эффективного использования машины. Она будет хорошо решать задачи лишь того класса, для которого предназначен данный язык. Кроме того, внутренний язык ЭВМ должен иметь развитые средства для программирования различных служебных (системных) процедур, не программируемых и даже не предусматриваемых пользователем. Поэтому более развитому машинному интеллекту соответствует такой внутренний язык, который не повторяет какой-либо из языков программирования высокого уровня, а содержит в качестве базовых средств часто употребляемые конструкции ряда типовых задач высокого уровня, охватывающих различные классы задач, и, кроме того, конструкции, необходимые для эффективного представления системных процедур.

Основные понятия

Исходные программы в соответствии с современной технологией решения задач на машинах пишутся, как правило, на языках высокого уровня, а не на внутренних языках конкретных машин. Поэтому необходим перевод этих программ на внутренние языки машин, осуществляемый с помощью специальных программ — трансляторов. Но чем более развит внутренний язык в смысле содержания в нем конструкций языков высокого уровня и средств реализации трансляторов, тем проще процесс трансляции и тем ближе полученная в результате рабочая программа окажется к исходной. Особенно это проявляется в том случае, когда исходная программа написана на языке высокого уровня, выражения которого реализованы во внутреннем языке ЭВМ.

Вторая черта машинного интеллекта — способность выполнять набор операций с данными и знаниями, хранящимися в базах данных и базах знаний в памяти ЭВМ без специального программирования этих операций. Этими операциями являются процедуры поиска информации, необходимой для решения задачи, моделирование рассуждений с привлечением знаний, корректировка содержимого баз и т. п. Наличие таких встроенных операций позволяет говорить об ЭВМ не только как о вычислительных, но и как о рассуждающих машинах.

Уровень машинного интеллекта отражается и на том, как внутри ЭВМ организован процесс поиска решения задачи.

Организация вычислительного процесса основана на выполнении совокупности служебных процедур, входящих в состав операционной системы машины, без которой вообще невозможен вычислительный процесс. Как правило, эти процедуры не подлежат программированию со стороны пользователя. Это означает, что они представлены во внутреннем языке и по мере вызова эти стандартные программы извлекаются из памяти и выполняются. Если выполнение таких процедур будет происходить на специально предназначенном для них оборудовании, а не на универсальных обрабатывающих процессорах, то это будет соответствовать более высокой степени машинного интеллекта и обеспечит большую эффективность процесса обработки информации в ЭВМ.

Еще один путь повышения машинного интеллекта связан с возможностью непосредственного выполнения операций со сложно организованными данными (векторами, таблицами, списками и т. п.). Чем сложнее структура данных, тем более сложными будут операции, производимые над ними. Но они будут заменять собой большие участки программ, которые до этого должен был писать пользователь. Теперь же вместо того, чтобы выполнять эту работу, пользователю достаточно лишь указать имя соответствующей процедуры.

В том случае, когда структуры данных допускают параллельную однотипную обработку элементов, достигается резкое повышение производительности ЭВМ. Такая обработка меняет сам процесс, реализуемый в ЭВМ, и стимулирует появление новых типов ЭВМ, ориентированных на параллельные модели вычислений.

Машинный интеллект, развиваясь, постепенно приближает ЭВМ к настоящим системам искусственного интеллекта.

4.2. Интеллектуальные системы автоматизированного проектирования

Классические САПР используются в тех случаях, когда при проектировании изделий данного класса накоплен достаточный опыт. Интеллектуальные САПР необходимы проектировщикам тогда, когда отсутствуют достаточно проработанные методики проектирования или изделие принципиально новое и требует значительных затрат творческого труда. Как и всякая другая система искусственного интеллекта, ИСАПР имеет в своем составе базу знаний, в которой хранится вся необходимая для ее работы информация о предметной области, в которой решается задача проектирования. В этой базе знаний собран и тот опыт, который накоплен проектировщиками, и экспертная информация о возможных путях поискового конструирования — она опирается на методы моделирования рассуждений, типичные для специалистов, которые работают в данной области.

Общая схема ИСАПР может быть такой, как она показана на рис. Когда на вход системы поступает задание на проектирование, которое в ИСАПР может формулироваться на естественном профессиональном языке, оно с помощью естественно-языкового интерфейса и других диалоговых средств понимается системой, уточняется у пользователя и переводится в специальное внутреннее представление.



Рис. 4.1 Типовая схема САПР

После этого делается попытка свести процесс проектирования к стандартным процедурам, реализуемым в классических САПР. Если эта попытка оказывается безуспешной, то логический блок передает задачу на вход экспертной системы, ориентированной на решение задачи проектирования в данной предметной области. Взаимодействуя с базой знаний и САПР, экспертная система ищет решение задачи.

В рамках современных ИСАПР интегрируются различные процедуры, задачи, этапы и уровни проектирования, обеспечивается непрерывный сквозной цикл автоматизированного проектирования, начиная от этапа подготовки технического задания и выработки технического предложения и кончая созданием рабочего и технического проектов. Автоматизируются не только рутинные, но и эвристические и творческие задачи, в частности, процедуры поискового конструирования, структурного синтеза и оптимизации. ИСАПР помогает поддерживать и интенсифицировать творческую активность разработчиков, повышает качество и производительность труда проектировщиков различных категорий, помогая сохранять и тиражировать уникальный проектный (экспертный) опыт и строить интеллектуальный интерфейс между проектировщиком и системой. Человек начинает доверять результатам машинной обработки информации. В результате повышается качество проектируемых объектов, так как увеличивается число просматриваемых вариантов и глубина проработки каждого из них. Сокращаются и сроки проектирования, так как шире используются средства моделирования, ускоряются проектные расчеты и графические работы.

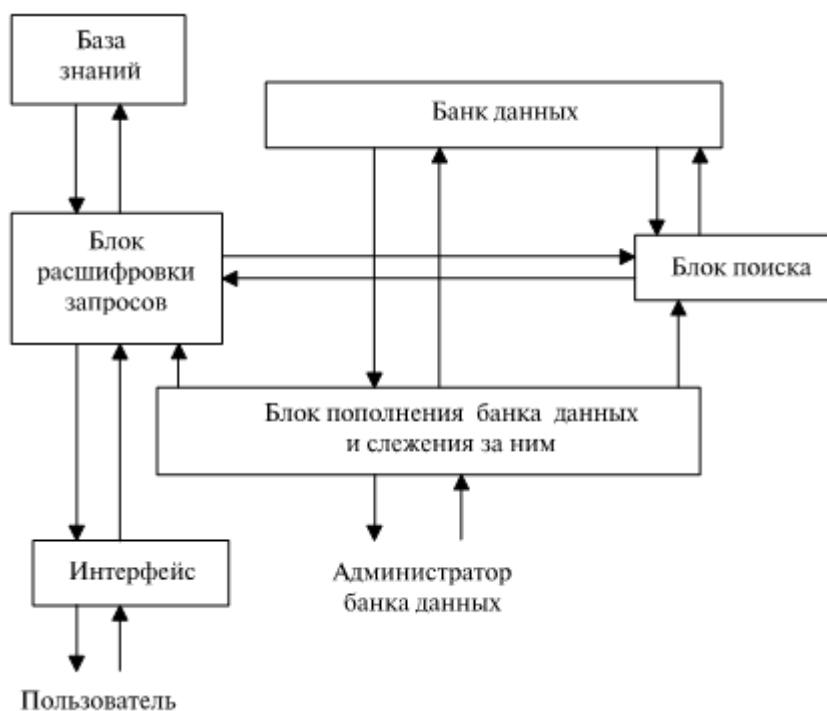


Рис.4.2 Автоматизированная информационная система

В процессе работы ИСАПР решаются все основные задачи технического проектирования.

- Составляется обоснованное техническое задание — это внешнее проектирование.
- Анализируется техническое задание — это внутреннее проектирование.
- Проводится концептуальный анализ: выбирается конструктивно-компоновочная схема, анализируется стоимость проекта.
- Проводятся структурный синтез и оптимизация.
- Ведется поисковое конструирование (изобретательство).
- Проект планируется.
- Конструкции перепроектируются и дорабатываются.

Повышается эффективность и качество инженерного анализа благодаря планированию вычислений и обучению пользователя владению пакетом прикладных программ. Проводится имитационное моделирование, выбираются численные методы расчета; результаты контролируются.

Проверяется соответствие отраслевым стандартам.

Готовятся рабочие чертежи и документация.

Каждая из этих задач требует сложного программного и информационного обеспечения. Поэтому ИСАПР — это дорогостоящие и сложные системы, но без них вряд ли возможно создавать такие сложнейшие технические изделия, как современные самолеты или подводные лодки, атомные электростанции или космические корабли.

4.3. Экспертные системы в технологии как класс интеллектуальных систем

Эвристика

Когда человек профессионально выполняет какую-либо работу, он использует ряд приемов, облегчающих получение качественного результата. Если ребенок впервые пытается забить гвоздь, то можно быть уверенным, что первый опыт закончится неудачей. Либо молоток ударит мимо гвоздя, либо гвоздь согнется. И лишь постепенно, по мере накопления опыта сформируется

навык выполнения этой, казалось бы, несложной операции. А профессионал-плотник забивает гвозди играючи, даже не глядя особенно на то, что делают его руки.

Говорят, что специалист овладел навыками своей профессии. Навык — это способность что-то хорошо делать, не контролируя этот процесс с помощью сознания. Но кроме навыков специалист овладевает и другими приемами работы. Например, тот же плотник знает, как соединить между собой бревна, чтобы сложить сруб, или как изготовить короб для двери. Эти знания он может сообщить другому человеку, научить его делать ту работу, которую он умеет делать сам. Именно такие приемы решения тех или иных задач, опирающиеся на человеческие знания, и называют эвристиками.

Шахматист, выбирающий очередной ход, использует определенные эвристики, которые он извлек из учебников шахматной игры, получил от своих учителей или накопил сам, играя в шахматы. Математик, ищущий путь решения сложной нестандартной задачи, также использует имеющиеся у него эвристики, отражающие его профессиональный опыт.

Между навыками и эвристиками нет строгой границы. Можно сказать, что навык — это еще не сформулированная на уровне словесного описания эвристика. Например, лишь в результате довольно кропотливого психологического эксперимента удалось описать правило для правильного забивания гвоздей. В этом правиле фиксируется и положение глаз (смотреть, оказывается, надо не на шляпку забиваемого гвоздя, а чуть дальше нее, и это "чуть дальше" связано с длиной ручки молотка), и положение руки, держащей молоток. Правило стало эвристикой. Но можно считать (и именно это происходит при профессиональном обучении), что навыки — это эвристики, которые стали автоматическими, вытесненными из сферы сознания. Иначе плотник, каждый раз забивая гвоздь, вспоминал бы эвристику этой операции.

Эвристика не есть точный метод, как, например, методы решения задач, предлагаемые математикой. Поэтому эвристики не всегда приводят к получению нужного результата. В них может содержаться какая-то доля неверной информации. Но именно эвристики содержат тот богатейший опыт человеческого умения, который специалисты в области искусственного интеллекта хотели бы передать роботам и другим интеллектуальным системам. Для того чтобы суметь это сделать, надо научиться извлекать навыки и эвристики из анализа процессов решения задач специалистами и формализовать их для представления в интеллектуальных системах. Потом эти знания используются для решения задач в экспертных системах.

Эвристический метод

С самого начала применения ЭВМ для решения задач стало ясно, что одними точными математическими методами не обойтись. Для многих задач, которые люди умеют решать (например, играть в шахматы или сочинять стихи), точных методов не существует. В этом случае остается лишь воспроизведение на ЭВМ тех правил и приемов, которыми пользуется человек при решении аналогичной задачи.

Эти специфические для человека правила и приемы называются эвристиками, а методы решения задач, опирающиеся на них, — эвристическими методами.

Эвристические методы используются и тогда, когда точные методы не могут быть использованы из-за необходимости проведения громадных по объему вычислений — их либо невозможно выполнить на современных ЭВМ, либо время, затраченное на них, будет слишком велико. Используя эвристические методы, надо помнить, что они не всегда приводят к результату и часто дают не точный, а приблизительный ответ на поставленный вопрос. Поэтому там, где это возможно, надо прибегать к точным методам решения.

Эвристические методы широко применяются в системах искусственного интеллекта, при управлении сложными системами, в игровых программах и т. п.

4.4. Экспертная система

Экспертная система — наиболее известный и распространенный вид интеллектуальных систем. Хотя этот термин употребляется весьма широко, но его точного определения пока нет. Можно лишь указать ряд особенностей, которые присущи только экспертным системам.

Первая особенность экспертных систем состоит в том, что они предназначены для пользователей, сфера деятельности которых далека от искусственного интеллекта, программирования, математики, логики. Для таких пользователей экспертная система выступает как некая система, помогающая им в повседневной работе. Общение с экспертными системами, работа с ними должны быть так же просты, как просты, например, управление телевизором, стиральной машиной или автомобилем.

Что же дают пользователю экспертные системы? Во многих видах человеческой деятельности используемые знания далеко не всегда могут быть четко формализованы. Точнее, наряду со знаниями как бы отделенными, отобранными у специалистов (они зафиксированы в учебниках, инструкциях, учебных фильмах и т. п.), существуют так называемые профессиональные навыки и умения, овладеть которыми можно, только работая вместе с тем, кто уже овладел ими. Профессионал высокого уровня (врач, геолог, экономист, инженер, технолог и т. д.) отличается от новичка, овладевшего знаниями в объеме учебных программ института или университета, именно этими навыками и умениями. И повышение их профессионального мастерства — огромная социальная задача. Чтобы ее решить, надо научиться "извлекать" из профессионалов-экспертов те знания, которые не зафиксированы в форме, пригодной для массового распространения, — в книгах, кинофильмах, наглядных пособиях. В этом и заключается вторая особенность экспертных систем. Само название этих систем указывает на то, что они должны хранить в себе знания профессионалов-экспертов в некоторой предметной области. И не просто хранить, но и передавать их тем, у кого таких знаний нет. Для этого в экспертной системе предусмотрены не только простые средства общения между системой и специалистами, но и средства доведения хранимых в системе знаний до специалиста вместе с необходимыми пояснениями и разъяснениями. В этом заключается третья особенность экспертных систем. Ни в каких других интеллектуальных системах, кроме систем, предназначенных для обучения, объяснительная функция (т. е. способность давать при необходимости пояснения и разъяснения) не встречается.

Рассмотрим типовую структуру экспертной системы, показанную на рис. В этой структуре четыре основных блока. Экспертная система является типичной человеко-машинной системой, поэтому в ее состав включен блок, названный "интеллектуальный интерфейс". Его задача — обеспечить диалог с пользователем на привычном ему языке. В состав интеллектуального интерфейса могут входить средства визуализации, с помощью которых на экране дисплея формируются необходимые образы, используемые в процессе общения пользователя с системой (чертежи, схемы, рисунки и т. п.).

Общение с пользователем происходит в режиме "вопрос-ответ", причем вопросы могут задавать как пользователь, так и система.



Рис. 4.3 Общая схема экспертной системы

Поддерживать диалог с пользователем экспертной системе помогает схема управления диалогом. Она хранится в логическом блоке, и именно он осуществляет все необходимые манипуляции с репликами пользователя, информацией из базы знаний и выдаваемыми ответными репликами.

Специфическим именно для экспертных систем является наличие блока объяснений. Дело в том, что после консультации с экспертной системой решение, полученное пользователем, может пока-

заться ему либо неприемлемым, либо не лучшим. Происходит это потому, что часть рассуждений экспертная система делает самостоятельно, используя свой сценарий и те знания, которыми она располагает.

Неудачные попытки в памяти логического блока не сохраняются, и в результате к концу поиска решения в нем запоминается лишь результативный путь — трек, ведущий от начальной ситуации к решению. Этот трек и используется блоком объяснения для ответа на запрос пользователя.

Но пользователь может задать и иной вопрос: "Почему рекомендуется решение P1, а не решение P2?". Чтобы ответить на этот вопрос, система должна построить путь от P2 к исходной ситуации, т. е. от готового решения прийти к исходным данным. Далее возможны два варианта: либо система убеждается, что P2 не может быть получено из исходных данных, либо она получает новый трек, который от исходных данных ведет не к P1, а к P2. Сравнивая трек и для P1, и для P2, система находит тот момент, когда она предпочла двигаться к P1, а не к P2, и свои соображения по выбору на этом шаге она сообщает пользователю.

Наконец, пользователь может слабо разбираться в той предметной области, для работы с которой предназначена экспертная система. Например, он может не знать значения некоторых терминов, которые в общении с ним использует система. В этом случае пользователь может задать блоку объяснений вопрос: "Что такое X?" Для ответа на такой вопрос система обращается к энциклопедической информации, хранящейся в базе знаний, — логический блок находит соответствующую статью, где разъясняется, что такое X, и выдает ее текст пользователю.

Три типа вопросов, которые мы обсудили (как, почему, что), — это сегодняшний уровень работы блоков объяснений экспертных систем. В ближайшем будущем эти блоки смогут отвечать и на иные вопросы (зачем, какой и т. п.). Объяснительная возможность экспертных систем в этом случае возрастет. Соответственно, возрастет и доверие пользователя к тем решениям, которые ему рекомендует система.

На практике экспертные системы используются прежде всего как системы-советчики в тех ситуациях, где специалист сомневается в выборе правильного решения. Экспертные знания, хранящиеся в памяти системы, более глубокие и полные, чем соответствующие знания пользователя. Однако возможны и другие случаи применения экспертных систем. Правда, часть специалистов в области искусственного интеллекта предлагают эти другие системы считать особыми классами интеллектуальных систем и не смешивать их с "классическими" экспертными системами. Но термин "экспертные системы" характеризуется стремлением к расширению, и в большинстве случаев, когда его употребляют, в него автоматически включают еще два вида систем.

При работе в оперативном режиме, когда времени для обдумывания и выбора решений у человека очень мало (например, при возникновении аварийной ситуации в энергосистеме или в летящем самолете), неправильное решение принимается не потому, что человек не смог найти лучшего, а в силу его психических особенностей. Стресс приводит к тому, что даже очевидные решения бывает найти не так-то просто. В этих случаях можно использовать системы-подсказчики. По сложившейся ситуации такая система начинает давать советы в темпе, достаточном для того, чтобы человек на них прореагировал. Система ничего не забывает, ничего не путает и все учитывает. Поэтому эффект от ее применения оказывается значительным. Например, известно, что когда в больницу поступает пациент с множеством повреждений, то зачастую хирург среднего уровня может принять не лучшие решения, а это может повлечь тяжелые последствия. Тут пригодилась бы система, которая в считанные мгновения может оценить ситуацию и выдать советы, гарантирующие максимальную безопасность для жизни пострадавшего.

В системах оперативного управления знания, хранящиеся в базе знаний, могут быть и меньшими, чем у специалиста, работающего в паре с системой. Но зато быстрота и точность реакции системы значительно выше, чем у человека.

Есть и еще один класс систем, не имеющих собственного названия и поэтому часто называемых экспертными. В отличие от классических экспертных систем они рассчитаны не на пользователя, являющегося новичком или средним специалистом в некоторой области деятельности, а на самих экспертов-профессионалов. Для таких специалистов нужна не консультирующая или советуемая система, а система, способная помочь им в научной работе. Системы такого рода назы-

вают системами автоматизации научных исследований. Примером могут быть системы, способные на основании частных знаний эксперта обнаружить в эмпирическом материале скрытые связи и закономерности.

Специалисты собирают априорные знания о влиянии структуры соединения на биологическую активность. Эти знания закладываются в базу знаний, и система на новом материале пытается обобщить их в виде закономерности. Найденные зависимости выдаются специалисту, который пытается их осознать и интерпретировать. Свои новые соображения он вводит в систему, и совместная работа продолжается.

При создании экспертных систем наиболее трудоемким этапом является заполнение базы знаний сведениями, нужными для функционирования будущей системы. Эту работу выполняет особый специалист — инженер по знаниям.

Исходя из вышеизложенного, сформулируем одно из наиболее устойчиво используемых в специальной литературе определений экспертной системы.

Экспертной системой называют вычислительную систему использования знаний эксперта и процедур логического вывода для решения проблем, которые требуют проведения экспертизы и позволяют дать объяснение полученным результатам.

ЭС обладает способностями к накоплению знаний, выдаче рекомендаций и объяснению полученных результатов, возможностями модификации правил, подсказки пропущенных экспертом условий, управления целью или данными. ЭС отличаются следующие характеристики:

- интеллектуальность;
- простота общения с компьютером;
- возможность наращивания модулей;
- интеграция неоднородных данных;
- способность разрешения многокритериальных задач при учете предпочтений лиц, принимающих решения (ЛПР);
- работа в реальном времени;
- документальность;
- конфиденциальность;
- унифицированная форма знаний;
- независимость механизма логического вывода;
- способность объяснения результатов.

В настоящее время можно выделить следующие основные сферы применения ЭС: диагностика, планирование, имитационное моделирование, предпроектное обследование предприятий, офисная деятельность, а также некоторые другие.

Практика показывает, что по сравнению со статическими ЭС гораздо больший эффект дают ЭС, используемые в динамических процессах (экспертные системы реального времени — ЭСРВ). Последние занимают около 70% рынка таких систем и находят все более широкое применение в управлении непрерывными процессами (химические производства, цементная промышленность, атомная энергетика и т. д.).

По сравнению с общей схемой (рис.) в ЭС часто отсутствует возможность общения с системой на близком к естественному языку либо с использованием визуальных средств, поскольку взаимодействие с такой системой осуществляется с использованием языка типа ПРОЛОГ или с применением ПРОЛОГ-идей.

В задачу этого направления входят исследование и разработка программ (устройств), использующих знания и процедуры вывода для решения задач, являющихся трудными для людей-экспертов. ЭС могут быть отнесены к системам ИИ общего назначения — системам, которые не только исполняют заданные процедуры, но на основе метапроцедур поиска генерируют и применяют процедуры решения новых конкретных задач.

Огромный интерес к ЭС со стороны пользователей вызван по крайней мере тремя причинами. Во-первых, они ориентированы на решение широкого круга задач в неформализованных областях, на приложения, которые до недавнего времени считались малодоступными для вычислительной техники.

Во-вторых, с помощью ЭС специалисты, не знающие программирования, могут самостоятельно разрабатывать интересные их приложения, что позволяет резко расширить сферу использования вычислительной техники.

В-третьих, ЭС при решении практических задач достигают результатов, не уступающих, а иногда и превосходящих возможности людей-экспертов, не оснащенных ЭС.

В настоящее время ЭС применяются в различных областях человеческой деятельности. Наибольшее распространение ЭС получили в проектировании интегральных микросхем, в поиске неисправностей, в военных приложениях и автоматизации программирования. Применение ЭС позволяет:

- при проектировании интегральных микросхем повысить (по данным фирмы NEC) производительность труда в 3-6 раз; при этом выполнение некоторых операций ускоряется в 10-15 раз;
- ускорить поиск неисправностей в устройствах в 5-10 раз;
- повысить производительность труда программистов (по данным фирмы Toshiba) в 5 раз;
- при профессиональной подготовке сократить (без потери качества) в 8-12 раз затраты на индивидуальную работу с обучаемым.

4.5. Классификация экспертных систем

Одним из наиболее значительных достижений искусственного интеллекта стала разработка мощных компьютерных систем, получивших название "экспертных", или основанных на "знаниях" систем. В современном обществе при решении задач управления сложными многопараметрическими и сильносвязанными системами, объектами, производственными и технологическими процессами приходится сталкиваться с решением неформализуемых либо трудноформализуемых задач. Такие задачи часто возникают в следующих областях: авиация, космос и оборона, нефтеперерабатывающая промышленность и транспортировка нефтепродуктов, химия, энергетика, металлургия, целлюлозно-бумажная промышленность, телекоммуникации и связь, пищевая промышленность, машиностроение, производство цемента, бетона и т. п. транспорт, медицина и фармацевтическое производство, административное управление, прогнозирование и мониторинг. Наиболее значительными достижениями в этой области стало создание систем, которые ставят диагноз заболевания, предсказывают месторождения полезных ископаемых, помогают в проектировании электронных устройств, машин и механизмов, решают задачи управления реакторами и другие задачи.

Итак, под экспертной системой (ЭС) понимают программу, которая использует знания специалистов (экспертов) о некоторой конкретной узкоспециализированной предметной области и в пределах этой области способна принимать решения на уровне эксперта-профессионала. Осознание полезности систем, которые могут копировать дорогостоящие или редко встречающиеся человеческие знания, привело к широкому внедрению и расцвету этой технологии в 1980-1990-е годы прошлого века. Основу успеха ЭС составили два важных свойства, отмечаемые рядом исследователей:

- в ЭС знания отделены от данных, и мощность экспертной системы обусловлена в первую очередь мощностью базы знаний и только во вторую очередь — используемыми методами решения задач;
- решаемые ЭС задачи являются неформализованными или слабоформализованными и используют эвристические, экспериментальные, субъективные знания экспертов в определенной предметной области.

Основными категориями решаемых ЭС задач являются: диагностика, управление (в том числе технологическими процессами), интерпретация, прогнозирование, проектирование, отладка и ремонт, планирование, наблюдение (мониторинг), обучение.

Обобщенная схема ЭС приведена на рис., ниже. Основу ЭС составляет подсистема логического вывода, которая использует информацию из базы знаний (БЗ), генерирует рекомендации по решению искомой задачи. Чаще всего для представления знаний в ЭС применяются системы продукций и семантические сети. Допустим, БЗ состоит из фактов и правил (если <посылка>, то <заключение>). Если ЭС определяет, что посылка верна, то правило признается подходящим для

данной консультации и запускается в действие. Запуск правила означает принятие заключения данного правила в качестве составной части процесса консультации.

Обязательными частями любой ЭС являются также модуль приобретения знаний, модуль отображения и объяснения решений. В большинстве случаев реальные ЭС в промышленной эксплуатации работают также на основе баз данных (БД).

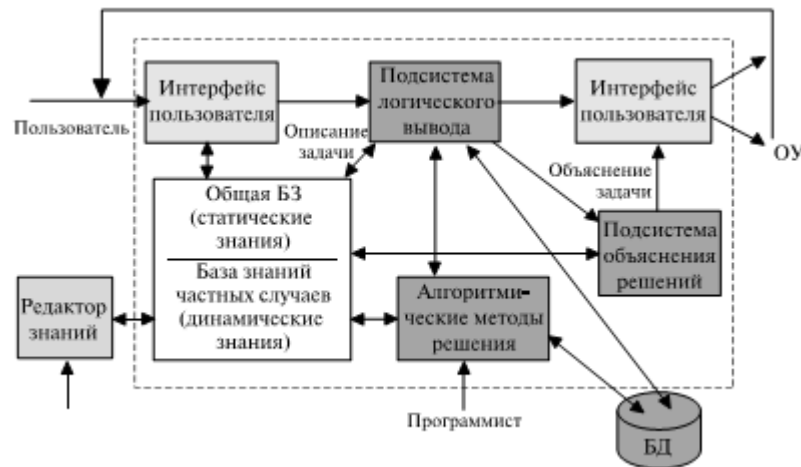


Рис. 4.4. Структура экспертной системы

Только одновременная работа со знаниями и большими объемами информации из БД позволяет ЭС получить неординарные результаты, например, поставить сложный диагноз (медицинский или технический), открыть месторождение полезных ископаемых, управлять ядерным реактором в реальном времени.

Важную роль при создании ЭС играют инструментальные средства. Среди инструментальных средств для создания ЭС наиболее популярны такие языки программирования, как LISP и PROLOG, а также экспертные системы-оболочки (ЭСО): KEE, CENTAUR, G2 и GDA, CLIPS, AT_ТЕХНОЛОГИЯ, предоставляющие в распоряжение разработчика — инженера по знаниям широкий набор для комбинирования систем представления знаний, языков программирования, объектов и процедур.

Рассмотрим различные способы классификации ЭС.

- По назначению ЭС делятся на:
- ЭС общего назначения;
- специализированные ЭС.

В свою очередь, специализированные ЭС делятся на:

- проблемно-ориентированные для задач диагностики, проектирования, прогнозирования;
- предметно-ориентированные для специфических задач, например, контроля ситуаций на атомных электростанциях.

По степени зависимости от внешней среды выделяют:

- статические ЭС, не зависящие от внешней среды;
- динамические, учитывающие динамику внешней среды и предназначенные для решения задач в реальном времени. Время реакции в таких системах может задаваться в миллисекундах, и эти системы реализуются, как правило, на языке C++.

По типу использования различают:

- изолированные ЭС;
- ЭС на входе/выходе других систем;
- гибридные ЭС или, иначе говоря, ЭС, интегрированные с базами данных и другими программными продуктами (приложениями).

По сложности решаемых задач различают:

- простые ЭС — до 1000 простых правил;
- средние ЭС — от 1000 до 10000 структурированных правил;
- сложные ЭС — более 10000 структурированных правил.

По стадии создания выделяют:

- исследовательский образец ЭС, разработанный за 1-2 месяца с минимальной БЗ;
- демонстрационный образец ЭС, разработанный за 2-4 месяца, например, на языке типа LISP, PROLOG, CLIPS;
- промышленный образец ЭС, разработанный за 4-8 месяцев, например на языке типа CLIPS с полной БЗ;
- коммерческий образец ЭС, разработанный за 1,5-2 года, например на языке типа C++, Java с полной БЗ.

4.6. Трудности при разработке экспертных систем

Разработка ЭС связана с определенными трудностями, которые необходимо хорошо знать, так же как и способы их преодоления. Рассмотрим подробнее эти проблемы.

Проблема извлечения знаний экспертов. Ни один специалист никогда просто так не раскрывает секреты своего профессионального мастерства, свои сокровенные знания в профессиональной области. Он должен быть заинтересован материально или морально, причем хорошо заинтересован. Никто не хочет рубить сук, на котором сидит. Часто такой специалист опасается, что, раскрыв все свои секреты, он будет не нужен компании. Вместо него будет работать экспертная система. Избежать этого поможет выбор высококвалифицированного эксперта, заинтересованного в сотрудничестве.

Проблема формализации знаний экспертов. Эксперты-специалисты в определенной области, как правило, не в состоянии формализовать свои знания. Часто они принимают правильные решения на интуитивном уровне и не могут аргументированно объяснить, почему принято то или иное решение. Иногда эксперты не могут прийти к взаимопониманию. В таких ситуациях поможет выбор эксперта, умеющего ясно формулировать свои мысли и легко объяснять другим свои идеи.

Проблема нехватки времени у эксперта. Выбранный для разработки эксперт не может найти достаточно времени для выполнения проекта. Он слишком занят. Он всем нужен. У него есть проблемы. Чтобы избежать этой ситуации, необходимо получить от эксперта, прежде чем начнется проект, согласие тратить на проект время в определенном фиксированном объеме.

Правила, формализованные экспертом, не дают необходимой точности. Этого можно избежать, если решать вместе с экспертом реальные задачи. Не надо придумывать "игрушечных" ситуаций или задач. В условиях задач нужно использовать реальные данные, такие как лабораторные данные, отчеты, дневники и другую информацию, взятую из практических задач. Постарайтесь говорить с экспертом на одном языке, применяя единую терминологию. Эксперт, как правило, легче понимает правила, записанные на языке, близком к естественному, а не на языке типа LISP или PROLOG.

Недостаток ресурсов. В качестве ресурсов выступают персонал (инженеры знаний, разработчики инструментальных средств, эксперты) и средства построения ЭС (средства разработки и средства поддержки). Недостаток благожелательных и грамотных администраторов порождает скептицизм и нетерпение у руководителей. Повышенное внимание в прессе и преувеличения вызвали нереалистические ожидания, которые приводят к разочарованию в отношении экспертных систем. ЭС могут давать не самые лучшие решения на границе их применимости, при работе с противоречивыми знаниями и в рассуждениях на основе здравого смысла. Могут потребоваться значительные усилия, чтобы добиться небольшого увеличения качества работы ЭС. Экспертные системы требуют много времени на разработку. Так, создание системы PUFF для интерпретации функциональных тестов легких потребовало 5 человеко-лет, на разработку системы PROCPECTOR для разведки рудных месторождений ушло 30 человеко-лет, система XCON для расчета конфигурации компьютерных систем на основе VAX 11/780 потребовала 8 человеко-лет.

ЭС последних времен разрабатываются более быстрыми темпами за счет развития технологий ЭС, но проблемы остались. Удвоение персонала не сокращает время разработки наполовину, потому что процесс создания ЭС — это процесс со множеством обратных связей. Все это необходимо учитывать при планировании создания ЭС.

Неадекватность инструментальных средств решаемой задаче. Часто определенные типы знаний (например, временные или пространственные) не могут быть легко представлены на одном языке ПЗ, так же как и разные схемы представления (например, фреймы и продукции) не могут быть достаточно эффективно реализованы на одном языке ПЗ. Некоторые задачи могут быть непригодными для решения по технологии ЭС (например, отдельные задачи анализа сцен). Необходим тщательный анализ решаемых задач, чтобы определить пригодность предлагаемых инструментальных средств и сделать правильный выбор.

4.7. Методология построения экспертных систем

Рассмотрим методику формализации экспертных знаний на примере создания экспертных диагностических систем (ЭДС). Целью создания ЭДС является определение состояния объекта диагностирования (ОД) и имеющихся в нем неисправностей.

Состояниями ОД могут быть: "исправно", "неисправно", "работоспособно". Неисправностями, например, радиоэлектронных ОД являются обрыв связи, замыкание проводников, неправильное функционирование элементов и т. д. Число неисправностей может быть достаточно велико (несколько тысяч). В ОД может быть одновременно несколько неисправностей. В этом случае говорят, что неисправности кратные.

Вводят следующие определения: разные неисправности ОД проявляются во внешней среде информационными параметрами. Совокупность значений информационных параметров определяет "информационный образ" (ИО) неисправности ОД. ИО может быть полным, то есть содержать всю необходимую информацию для постановки диагноза, или, соответственно, неполным. В случае неполного ИО постановка диагноза носит вероятностный характер.

Основой для построения эффективных ЭДС являются знания эксперта для постановки диагноза, записанные в виде информационных образов, и система представления знаний, встраиваемая в информационные системы обеспечения функционирования и контроля ОД, которые интегрируются с соответствующей технической аппаратурой. Для описания своих знаний эксперт с помощью инженера по знаниям должен выполнить следующее:

- Выделить множество всех неисправностей ОД, которые должна различать ЭДС.
- Выделить множество информативных (существенных) параметров, значения которых позволяют различить каждую неисправность ОД и поставить диагноз с некоторой вероятностью.

Для выбранных параметров следует выделить информативные значения или информативные диапазоны значений, которые могут быть как количественными, так и качественными. Например, точные количественные значения могут быть записаны так: задержка 25 нсек, задержка 30 нсек и т. д. Количественный диапазон значений может быть записан так: задержка 25-40 нсек, 40-50 нсек, 50 нсек и выше. Качественный диапазон значений может быть записан так: индикаторная лампа светится ярко, светится слабо, не светится.

В современных ЭДС применяются различные стратегии поиска решения и постановки диагноза, которые позволяют определить необходимые последовательности тестовых процедур. Однако приоритет в ЭС отдается прежде всего знаниям и опыту, а лишь затем логическому выводу.

Примеры экспертных систем

Для начала совершим краткий экскурс в историю создания ранних и наиболее известных ЭС. В большинстве этих ЭС в качестве СПЗ использовались системы продукции (правила) и прямая цепочка рассуждений. Медицинская ЭС MYCIN разработана в Стэнфордском университете в середине 1970-х годов для диагностики и лечения инфекционных заболеваний крови. MYCIN в настоящее время применяется для обучения врачей.

ЭС DENDRAL разработана в Стэнфордском университете в середине 1960-х годов для определения топологических структур органических молекул. Система выводит молекулярную структуру химических веществ по данным масс-спектрометрии и ядерного магнитного резонанса.

Это очень познавательная разработка, в которой удалось воплотить много «человеческого» смысла творчества и интерпретации результатов.

Другая разработка ЭС PROSPECTOR разработана в Стэнфордском университете в 1974-1983 годах для оценки геологами потенциальной рудоносности района. Система содержит более 1000 правил и реализована на INTERLISP. Программа сравнивает наблюдения геологов с моделями разного рода залежей руд. Программа вовлекает геолога в диалог для извлечения дополнительной информации. В 1984 году она точно предсказала существование молибденового месторождения, оцененного в многомиллионную сумму.

Рассмотрим экспертную систему диагностирования (ЭСД) цифровых и цифроаналоговых устройств, в которой использовались системы продукций и фреймы, а также прямая и обратная цепочки рассуждений одновременно. В качестве объекта диагностирования (ОД) в ЭСД могут применяться цифровые устройства (ЦУ), БИС, цифро-аналоговые устройства. На рис. показано, что такая ЭСД работает совместно с автоматизированной системой контроля и диагностирования (АКД), которая подает в динамике воздействия на ОД (десятки, сотни и тысячи воздействий в секунду), анализирует выходные реакции и дает заключение: годен или не годен. В случае если реакция проверяемого ОД не соответствует эталонным значениям, подключается основанная на знаниях подсистема диагностирования. ЭСД запрашивает значения сигналов в определенных контрольных точках и ведет оператора по схеме ОД, рекомендуя ему произвести измерения в определенных контрольных точках или подтвердить промежуточный диагноз, и в результате приводит его к месту неисправности.

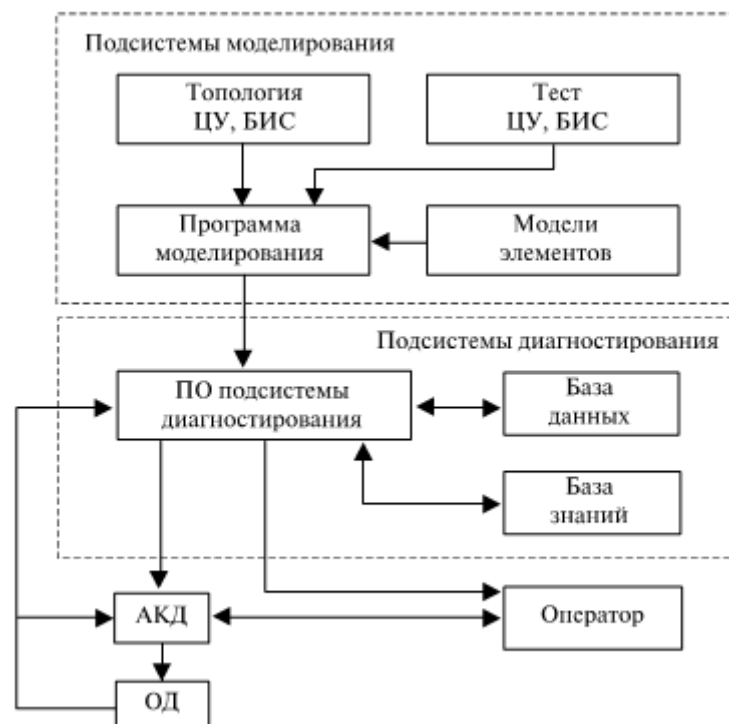


Рис. 4.5. Общая структура экспертной системы диагностирования

Исходными данными для работы ЭСД являются результаты машинного моделирования ОД на этапе проектирования. Эти результаты моделирования передаются в ЭСД на магнитных носителях в виде тысяч продукционных правил. Движение по контрольным точкам осуществляется на основе модели, записанной в виде сети фреймов для ОД.

Такая ЭСД не была бы интеллектуальной системой, если бы она не накапливала опыт. Она запоминает найденную неисправность для данного типа ОД. В следующий раз при диагностике

неисправности ОД этого типа она предлагает проверить сразу же эту неисправность, если реакция ОД говорит о том, что такая неисправность возможна.

Так поступают опытные мастера радиоэлектронной аппаратуры (РЭА), знающие "слабые" места в конкретных типах РЭА и проверяющие их в первую очередь. ЭСД накапливает вероятностные знания о конкретных неисправностях с целью их использования при логическом выводе. При движении по дереву поиска решений на очередном шаге используется критерий — максимум отношения вероятности (коэффициента уверенности) постановки диагноза к трудоемкости распознавания неисправности.

Коэффициенты уверенности автоматически корректируются во время работы ЭСД при каждом подтверждении или неподтверждении диагноза для конкретных ситуаций.

4.8. Отличие ЭС от традиционных программ

Еще один способ определить ЭС — это сравнить их с обычными программами. Главное различие состоит в том, что ЭС манипулируют знаниями, тогда как обычные программы манипулируют данными. Фирма Teknowledge, которая занимается производством коммерческих экспертных систем, описывает эти различия, как показано в таблице

Таблица	
Обработка данных	Инженерия знаний
Представление и использование данных	Представление и использование знаний
Алгоритмы	Эвристики
Повторный прогон	Процесс логического вывода
Эффективная обработка больших баз данных	Эффективная обработка баз знаний

Специалисты в области ИИ имеют несколько более узкое (и более сложное) представление о том, что такое ЭС. Под экспертной системой понимается программа для ЭВМ, которая обладает свойствами, изображенными на рис.

Компетентность ЭС

Экспертная система должна демонстрировать компетентность, т. е. достигать в конкретной предметной области того же уровня профессионализма, что и эксперты-люди. Но просто уметь находить хорошие решения еще недостаточно. Настоящие эксперты не только находят хорошие решения, но часто находят их очень быстро, тогда как новичкам для нахождения тех же решений, как правило, требуется намного больше времени. Следовательно, ЭС должна быть умелой — она должна применять знания для получения решений эффективно и быстро, используя приемы и ухищрения, какие применяют эксперты-люди, чтобы избежать громоздких или ненужных вычислений. Для того чтобы по-настоящему подражать поведению эксперта-человека, ЭС должна обладать робастностью. Это подразумевает не только глубокое, но и достаточно широкое понимание предмета. А этого можно достичь, используя общие знания и методы нахождения решений проблем, чтобы уметь рассуждать исходя из фундаментальных принципов в случае некорректных данных или неполных наборов правил. Это один из наименее разработанных методов в современных ЭС, но именно им успешно пользуются эксперты-люди.

Символьные рассуждения в ЭС

Эксперты, решая какие-то задачи (особенно такого типа, для решения которых применяются ЭС), обходятся без решения систем уравнений или других трудоемких математических вычислений. Вместо этого они с помощью символов представляют понятия предметной области и применяют различные стратегии и эвристики в процессе манипулирования этими понятиями. В ЭС знания тоже представляются в символьном виде, т. е. наборами символов, соответствующих понятиям предметной области. На языке ИИ символ — это строка знаков, соответствующая содержанию некоторого понятия реального мира.

Примеры символов:

- продукт;
- ответчик;
- 0.8.

Эти символы объединяют, чтобы выразить отношения между ними. Когда эти отношения представлены в программе ИИ, они называются символьными структурами.

Примеры символьных структур:

(ДЕФЕКТНЫЙ продукт) (ВЫПУЩЕННЫЙ ответчиком продукт) (РАВНО (ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ответчик) 0.8).

Эти структуры можно интерпретировать следующим образом: "продукт является дефектным", "продукт был выпущен в продажу ответчиком" и "ответственность ответчика равна 0.8".



Рис. 4.6 Особенности ЭС, отличающие ее от обычных программ

При решении задачи ЭС вместо выполнения стандартных математических вычислений манипулирует этими символами. Нельзя сказать, что ЭС вообще не производит математических расчетов — она их делает, но в основном она приспособлена для манипулирования символами. Вследствие подобного подхода представление знаний — выбор, форма и интерпретация используемых символов — становится очень важным. Кроме того, эксперты могут получить задачу, сформулированную неким произвольным образом, и преобразовать ее к тому виду, который в наибольшей степени соответствует быстрому получению решения или гарантирует его максимальную эффективность. Эта способность переформулирования задачи — как раз то свойство, которое должно быть присуще ЭС для того, чтобы приблизить их мастерство к уровню экспертов-людей. К сожалению, большинство существующих в настоящее время ЭС не обладают этим умением.

Глубина ЭС

Экспертная система должна иметь глубокие знания; это значит, что она способна работать эффективно в узкой предметной области, содержащей трудные, нетривиальные задачи. Поэтому правила в ЭС с необходимостью должны быть сложными либо в смысле сложности каждого пра-

вила, либо в смысле их обилия. Экспертные системы, как правило, работают с предметными областями реального мира, а не с тем, что специалисты в области ИИ называют игрушечными предметными областями. В предметной области реального мира тот, кто решает задачу, применяет фактическую информацию к практической проблеме и находит решения, которые являются ценными с точки зрения некоторого критерия, определяющего соотношение стоимости и эффективности. В игрушечной предметной области либо задача подвергается чрезвычайному упрощению, либо производится нереалистическая адаптация некоторой сложной проблемы реального мира. Тот, кто решает такую проблему, обрабатывает искусственную информацию, которая в целях облегчения решения упрощена и порождает решения, имеющие чисто теоретический интерес.

В тех случаях, когда по отношению к сложной задаче или данным о ней сделаны существенные упрощения, полученное решение может оказаться неприменимым в масштабах, которые характерны для реальной проблемы. Рекомендации, методы представления знаний, организация знаний, необходимые для применения методов решения задач к этим знаниям, часто связаны с объемом и сложностью пространства поиска, т. е. множества возможных промежуточных и окончательных решений задачи. Если проблема свёрхупрощена или нереалистична, то размерность пространства поиска будет, скорее всего, резко уменьшена, и не возникнет проблем с быстротой и эффективностью, столь характерных для реальных задач. Эта проблема размерности возникает столь естественно и неуловимо, что даже искушенные в ИИ специалисты могут не оценить ее истинные масштабы.

Самосознание ЭС

Экспертные системы имеют знания, позволяющие им рассуждать об их собственных действиях, и структуру, упрощающую такие рассуждения. Например, если ЭС основана на правилах, то ей легко просмотреть цепочки выводов, которые она порождает, чтобы прийти к решению задачи. Если заданы еще и специальные правила, из которых ясно, что можно сделать с этими цепочками выводов, то можно использовать эти знания для проверки точности, устойчивости и правдоподобия решений задачи и даже построить доводы, оправдывающие или объясняющие процесс рассуждения. Это знание системы о том, как она рассуждает, называется метазнанием, что означает всего лишь знания о знаниях.

У большинства ныне существующих ЭС есть так называемый механизм объяснения. Это знания, необходимые для объяснения того, каким образом система пришла к данным решениям. Большинство этих объяснений включают демонстрацию цепочек выводов и доводов, объясняющих, на каком основании было применено каждое правило в цепочке. Возможность проверять собственные процессы рассуждения и объяснять свои действия — это одно из самых новаторских и важных свойств ЭС. Но почему это свойство так важно?

"Самосознание" так важно для ЭС потому, что:

- *пользователи начинают больше доверять результатам, испытывать большую уверенность в системе;*
- *ускоряется развитие системы, так как систему легче отлаживать;*
- *предположения, положенные в основу работы системы, становятся явными, а не подразумеваемыми;*
- *легче предсказывать и выявлять влияние изменений на работу системы.*

Умение объяснить — это всего лишь один из аспектов самосознания. В будущем самосознание позволит ЭС делать даже больше. Они сами смогут создавать обоснования отдельных правил путем рассуждения, исходящего из основных принципов. Они будут приспосабливать свои объяснения к требованиям пользователя. Они смогут изменять собственную внутреннюю структуру путем коррекции правил, реорганизации базы знаний и реконфигурации системы.

Первый шаг в этом направлении — выделить метазнания и сделать их явными, точно так же как знания о предметной области выделены и сделаны явными. Ниже приведен пример метазнания — знания о том, как использовать предметные знания.

ЕСЛИ: к данной ситуации применимо несколько правил,

ТО: использовать сначала правила, предложенные экспертами, прежде чем прибегнуть к правилам, предложенным новичками.

Это метаправило говорит ЭС, каким образом она должна выбирать те правила, которые надо выполнить. Специалисты по ИИ еще только начинают экспериментировать с формами представления метазнаний и их организацией в ЭС.

Ошибки экспертных систем

Существует еще одно очень важное отличие ЭС от традиционных программ. Традиционные программы разрабатываются таким образом, чтобы каждый раз порождать правильный результат, но ЭС заведомо создаются так, чтобы вести себя как эксперты, которые, как правило, дают правильные ответы, но иногда способны ошибаться.

На первый взгляд кажется, что в этом отношении традиционные программы имеют явное преимущество. Однако это преимущество мнимое. Традиционные программы для решения сложных задач, напоминающих те, которые подходят для ЭС, тоже могут делать ошибки. Но их ошибки чрезвычайно трудно исправлять, поскольку стратегии, эвристики и принципы, лежащие в основе этих программ, не сформулированы явно в их тексте. Следовательно, эти ошибки нелегко определить и исправить. Подобно людям, ЭС могут ошибаться. Но в отличие от обычных программ, они имеют потенциальную способность учиться на своих ошибках. С помощью компетентных пользователей можно заставить экспертные системы совершенствовать свое умение решать задачи в ходе практической работы

5. ОСНОВЫ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

5.1. Технологическая подготовка

Технологическая подготовка производства — следующий этап (после проектирования) в цикле разработки нового изделия

Данный этап состоит в обеспечении технологической готовности предприятия к выпуску спроектированного изделия, при соблюдении требований к качеству, срокам и объемам выпуска, а также с учетом запланированных затрат. Технологическая подготовка производства (ТПП) включает:

- обеспечение технологичности изделия (включая технологичность конструкции изделия и технологичность выполнения работ при его изготовлении, эксплуатации и ремонте);
- разработку и внедрение технологических процессов (механообработки, сборки, штамповки, литья, термообработки и др.) для изготовления деталей и узлов изделия;
- проектирование и изготовление необходимого нестандартного оборудования и средств технологического оснащения (приспособлений, пресс-форм, штампов, специального режущего и мерительного инструмента);
- управление процессами ТПП.

Целью ТПП является создание проекта технологического процесса, его технического обеспечения на основе проекта изделия. Информация, полученная на этом этапе, должна отвечать на вопрос: как нужно изготавливать изделие, чтобы оптимизировать технико-экономические показатели деятельности предприятия, его выпускающего. Эта информация создает базис нормативно-технических данных, необходимых для организации управления предприятием. Поэтому от качества информации, полученной на данном этапе и отраженной в технологической документации, в значительной степени зависят эффективность производства и качество продукции

Проект технологического процесса разрабатывается как компромисс между требованиями конструкции изделия и возможностями производства. Поэтому уже на начальных стадиях разработки проекта необходимо вести отработку его на технологичность, возможность реализации в конкретных производственных условиях.

Технологическое оборудование и способы его использования на производстве являются наиболее динамичными компонентами, подверженными быстрым изменениям. Поэтому решения, принимаемые при проектировании технологического процесса, должны не только отражать специфику спроектированной конструкции прибора, но и прогнозировать производственно-технологические условия на производстве.

Автоматизация технологических процессов на базе программно-управляемого от ЭВМ технологического оборудования ставит перед проектировщиками технологических процессов новую задачу — разработку соответствующих управляющих программ для такого оборудования, воплощающих в себе результаты проектирования как самого изделия, так и технологической подготовки его производства.

Объем решаемых задач и специфика проектирования технологических процессов определяют большую трудоемкость и длительные сроки проведения проектных работ на предприятии. Для повышения эффективности проектных работ — снижения стоимости и сокращения времени проектирования — необходима автоматизация технологического проектирования на базе ЭВМ. Методологической основой создания систем автоматизации технологического проектирования (САПР ТП) на конкретных предприятиях является комплекс государственных стандартов, регламентирующих Единую систему технологической подготовки производства — ЕС ТПП.

В этих стандартах содержатся общие правила и положения по организации научно-технических разработок в области технологической подготовки производства, приемки и передачи их в производство, определены стадии разработки документации по организации и совершенствованию технологического проектирования, определены правила разработки технического задания (ТЗ) на разработку АТК.

В нашей стране АСТПП начали создаваться еще в 1960-х годах двадцатого века. В разработке теоретических основ построения АСТПП и достижении практических результатов большую роль сыграли отечественные ученые: С.П. Митрофанов, В.И. Аверченков, Г.К. Горанский, Н.М. Капустин, Д.Д. Куликов, В.В. Павлов, Б.С. Падун, В.Д. Цветков и многие другие. Однако та вычислительная база, на которой строились АСТПП до начала 1990-х годов, резко отличалась от привычных для нас сегодня персональных компьютеров и рабочих станций. Это были большие (по габаритам) электронно-вычислительные машины, занимавшие целые залы, с очень малым по сегодняшним меркам быстродействием и небольшими объемами оперативной и внешней памяти, практически не дающие возможности работы в интерактивном графическом режиме и т. д.

С появлением широко доступных персональных компьютеров и рабочих станций стали возможными: обеспечение каждого пользователя индивидуальным автоматизированным рабочим местом; организация вычислительных сетей; работа в интерактивном графическом режиме; электронный обмен данными; организация единых централизованных и распределенных баз данных; решение задач, требующих больших вычислительных ресурсов. Все эти возможности существенно повлияли на методы создания АСТПП, но, несмотря на это, многие основополагающие принципы построения АСТПП не потеряли своего значения. К ним относятся следующие принципы:

- Принцип системного единства. Элементы АСТПП должны разрабатываться как части единого целого, где функционирование элементов подчинено общей цели. Кроме того, должна обеспечиваться интеграция АСТПП с автоматизированной системой управления производством (АСУП).
- Принцип декомпозиции. Разделение АСТПП на составляющие (подсистемы) должно быть выполнено по наиболее слабым организационным и информационным связям. Правильная декомпозиция уменьшает сложность системы и облегчает условия ее эксплуатации.
- Принцип модульности. Все компоненты АСТПП должны представлять собой логически независимые модули, которые могут использоваться как в автономном, так и в комплексном режиме.
- Принцип совместимости. Все компоненты АСТПП должны обеспечивать возможность их совместного функционирования. Это требует их организационной, информационной и программной совместимости.
- Принцип открытости. На этапе создания АСТПП невозможно предусмотреть все нюансы и перспективы дальнейшего развития производства. Поэтому АСТПП должна быть открыта для модернизации и включения в нее новых решений.
- Принцип стандартизации. В АСТПП должно быть использовано максимальное число унифицированных, типовых и стандартных решений. Это уменьшает затраты на создание АСТПП, повышает надежность ее функционирования.

- Принцип эргономичности. Так как АСТПП является человеко-машинной системой, следует предусматривать удобство работы ее пользователей (правильное разделение функций, удобство и простоту интерфейсов, учет психологических факторов и др.).
- Принцип ориентации на новые достижения. При создании АСТПП должны использоваться последние научно-технические достижения в области методов построения АСТПП, в области методов и средств технологической подготовки производства, а также в области организации производства.

Общая постановка задачи

Современное производство использует самый широкий спектр технологий при изготовлении деталей изделий. Это и традиционные технологии (обработка материалов резанием, штамповка, ковка, прокатка и др.), и ряд новых (лазерная и плазменная резка, высокоскоростное фрезерование, литье пластмасс в горячеканальные формы и др.).

Применение той или иной технологии в каждом конкретном случае должно быть представлено в виде технологического процесса (ТП). Стандартом ГОСТ 3.1201-85 устанавливается классификация видов ТП по методу выполнения:

- обработка резанием (механообработка);
- обработка давлением;
- литье металлов и сплавов;
- сварка;
- сборка и др.

Технологический процесс (ТП) определяет последовательность выполняемых действий при обработке или сборке, вид выбранной заготовки или материала, используемое оборудование и инструмент, технологические режимы (для обработки резанием это величина подачи, частота вращения шпинделя и величины снимаемых припусков; для литья из пластмасс — температурный режим, давление впрыска, усилие запирающего устройства, время выдержки и т. д.). ТП сборки описывают последовательность действий при сборке как механических, так и электронных узлов изделия.

При неавтоматизированной подготовке производства технологические процессы разрабатываются непосредственно в виде комплектов технологической документации. При использовании автоматизированных систем ТПП создаваемые описания технологических процессов размещаются в компьютерной базе данных, а соответствующая документация становится лишь отображением внутреннего представления ТП во внешнюю сферу. Хранящиеся в базе данных ТП являются основным источником информации для решения задач автоматизированного управления технологической подготовкой производства. При этом разработка ТП выполняется с помощью специальных систем автоматизированного проектирования ТП (САПР ТП).

Важную роль при проектировании индивидуальных ТП играют групповые ТП. Они являются элементом рационально организованного группового производства.

Принципы организации группового производства были разработаны профессором С.П. Митрофановым и впоследствии развиты представителями его школы. Эти принципы приняты на вооружение и успешно используются ведущими предприятиями всех стран мира.

В групповом производстве изготавливаемые детали (изделия) объединяются в группы по признакам конструктивной и технологической общности. Это дает возможность унифицировать процессы их изготовления, сократить общее время подготовки производства и повысить ее эффективность. Для объединения изделий в группы применяются специальные классификаторы, а после отнесения изделия в ту или иную группу ему присваивается соответствующий классификационный код. В отечественной промышленности принята унифицированная система классификации и кодирования изделий по конструкторским признакам, которая устанавливается стандартами ЕСКД. Для целей ТПП используется технологический классификатор деталей (ТКД), который является логическим продолжением классификатора ЕСКД.

Групповой ТП — это ТП изготовления группы изделий с общими технологическими признаками. Групповой ТП характеризуется общностью используемого оборудования, средств технологического оснащения и наладки. Таким образом, применение групповых ТП способствует унификации процессов подготовки производства и самого производства.

5.1.1. Классификация технологических процессов

Первым этапом проектирования ТП является разработка предварительного проекта, вторым — разработка рабочей технологической документации на стадии опытного образца (партии), установочной серии, установившегося серийного или массового производства.

Предварительный проект предназначен для отработки и проверки технологичности конструкции изделия на стадиях эскизного и технического проектов разработки конструкторской документации, для подготовки и разработки рабочей документации.

Под рабочей технологической документацией подразумевается совокупность технологических документов (карт, инструкций, ведомостей), которые содержат все данные, необходимые для изготовления и контроля изделия.

Технологические процессы разделяются на следующие виды:

- Проектный технологический процесс, выполняемый по предварительному проекту технологической документации.
- Рабочий технологический процесс, выполняемый по рабочей технологической и конструкторской документации.
- Единичный технологический процесс, относящийся к изделиям одного наименования, типоразмера и исполнения, независимо от типа производства.
- Типовой технологический процесс, характеризующийся единством содержания и последовательности большинства технологических операций и переходов для группы изделий с общими конструктивными признаками.
- Стандартный технологический процесс — технологический процесс, установленный стандартом.
- Временный технологический процесс, применяемый на предприятии в течение ограниченного периода времени из-за отсутствия надлежащего оборудования или в связи с аварией до замены на более современный.
- Перспективный технологический процесс, соответствующий современным достижениям науки и техники, методы и средства осуществления которого полностью или частично предстоит освоить на предприятии. Маршрутный технологический процесс, выполняемый ПО документации, в которой содержание операций излагается без указания переходов и режимов обработки.
- Операционный технологический процесс, выполняемый по документации, в которой содержание операций излагается с указанием переходов и режимов обработки.
- Маршрутно-операционный технологический процесс, выполняемый по документации, в которой содержание операций излагается без указания переходов и режимов обработки.
- Групповой технологический процесс, разрабатываемый не на одну деталь, а на группу деталей, сходных по технологическим признакам.

Содержание работ проектирования технологических процессов

Разработка технологических процессов производится на изделия, конструкция которых отработана на технологичность и включает комплекс взаимосвязанных работ. К ним относятся:

- выбор заготовок;
- выбор технологических баз;
- подбор типового технологического процесса;
- определение последовательности и содержания технологических операций;
- определение, выбор и заказ новых средств технологического оснащения (в том числе средств контроля и испытания);
- назначение и расчет режимов обработки;
- нормирование процесса;
- выбор средств механизации и автоматизации элементов технологических процессов и внутрицеховых средств транспортирования и другие.

При разработке технологических процессов используются классификаторы деталей и технологических операций, системы обозначения, типовые технологические процессы, стандарты, каталоги, справочники и "Единая система технологической документации (ЕСТД)".

При разработке типовых технологических процессов необходимо учитывать конкретные производственные условия типового представителя группы изделий, обладающих общими конструктивно-технологическими признаками.

К типовому представителю группы изделия обычно относится такое изделие, обработка которого требует наибольшего количества основных и вспомогательных операций, характерных для изделий, входящих в эту группу.

Необходимость разработки типовых технологических процессов определяется экономической целесообразностью, связанной с частотой применения изделия группы. Типизация осуществляется в двух направлениях:

- типизация комплексных технологических процессов изготовления однотипных изделий;
- типизация и стандартизация отдельных операций обработки различных изделий. Типовые технологические процессы могут быть оперативными и перспективными.

Типовые технологические процессы и стандарты на технологические операции являются информационной основой при разработке рабочего технологического процесса.

Виды технологических документов

Разработанные технологические процессы оформляются в виде технологических документов следующих видов, предусмотренных Государственным стандартом ЕСТД (ГОСТ 3.1001-74 - 3.1106-74 и т. д.).

Маршрутная карта (МК) — технологический документ, содержащий описание технологического процесса изготовления или ремонта изделия (включая контроль и перемещения) по всем операциям различных видов и технологической последовательности с указанием данных об оборудовании, оснастке, материальных и трудовых нормативах в соответствии с установленными формами.

Маршрутная карта является обязательным документом. Эту карту допускается разрабатывать на отдельные виды работ (токарные, штамповочные, сборочные и др.).

Карта эскизов (КЭ) — технологический документ, который содержит эскизы, схемы и таблицы, необходимые для выполнения технологического процесса, операции или перехода изготовления или ремонта изделия.

Технологическая инструкция (ТИ) — технологический документ, содержащий описание приемов работы или технологических процессов изготовления или ремонта изделия, правил эксплуатации средств технологического оснащения, описания физических и химических явлений, возникающих при ОТДЕЛЬНЫХ операциях.

Комплектовочная карта (КК) — технологический документ, который содержит данные о деталях, сборочных единицах и материалах, входящих в комплект собираемого изделия.

Ведомость расцеховки (ВР) — технологический документ, содержащий данные о маршруте прохождения изготовленного (ремонтного) изделия по службам предприятия.

Ведомость оснастки (ВО) — технологический документ, который содержит перечень технологической оснастки, необходимой для выполнения данного технологического процесса или операции.

Ведомость материалов (ВМ) — технологический документ, содержащий данные о заготовках, нормах расхода материала, маршруте прохождения изготавливаемого изделия и его составных частей.

Ведомость деталей (сборочных единиц) к типовому технологическому процессу (ВТП) — технологический документ, содержащий перечень деталей (сборочных единиц). Эти детали изготавливаются по типовому технологическому процессу (операции) с указанием соответствующих данных о трудозатратах и, при необходимости, о материалах, технологической оснастке и режимах обработки.

Карта технологического процесса (КТП) — технологический документ, который содержит описание технологического процесса изготовления или ремонта изделия (включая контроль и перемещения) по всем операциям, выполняемым в одном цехе в технологической последовательно-

сти, с указанием данных о средствах технологического оснащения, материальных и трудовых нормативах.

Для отдельных видов работ (например, механической обработки), связанных технологическим маршрутом изготовления изделий с другими видами работ (термообработка, обезжиривание и т. п.), допускается разрабатывать КТП с указанием всех видов работ, выполняемых в разных цехах. При этом, если КТП охватывает весь маршрут изготовления данного изделия, то она заменяет МК, и последняя не разрабатывается.

Карта типового технологического процесса (КТТП) — технологический документ, содержащий описание типового технологического процесса изготовления и ремонта группы деталей (сборочных единиц) в технологической последовательности с указанием операций и переходов и соответствующих данных о средствах технологического оснащения и материальных нормативах. Операционная карта (ОК) — технологический документ, содержащий описание технологической операции с указанием переходов, режимов обработки и данных о средствах технологического оснащения.

Операционная карта типовая (ОКТ) — технологический документ, содержащий описание типовой технологической операции с указанием переходов, данных о технологическом оборудовании и, при необходимости, о технологической оснастке и режимах обработки.

Ведомость операций (ВОП) — технологический документ, который содержит перечень и описание всех операций технологического контроля, выполняемых в одном цехе, с указанием данных об оборудовании, оснастке и требований к контролируемым параметрам.

5.1.2. Основные документы АСТПП

Основными документами являются:

- МК — маршрутная карта;
- КТП — карта технологического процесса;
- ВТП — ведомость деталей (сборочных единиц) к типовому технологическому процессу.
- Основной документ в отдельности или в совокупности с другими документами, записанными в нем, полностью и однозначно определяет технологический процесс изготовления изделия по всем или отдельным видам работ.
- ЕСТД установлены формы документов общего и специального назначения. Общие документы предназначены для оформления в них различных видов работ. К ним относятся: МК, КЭ, ТИ, КК, ВР, ВО, ВМ и ВТП.

Специальные документы предназначены для оформления в них технологических процессов, специализированных по отдельным видам работ. К ним относятся: КТП, КТТП, ОК, ОКТ, ВОП. Имеются также прочие документы. К ним относятся, например, карта учета обозначений, карта применяемости оснастки, технологический паспорт и другие, отличающиеся тем, что они не имеют графы "обозначение технологического документа" по ГОСТ 3.1201-74.

Стандартом ЕСТД установлены требования к выполнению графических и текстовых технологических документов:

Документы должны соответствовать стандартам ЕСТД. Документы должны заполняться одним из следующих способов: типографическим, машинным, рукописным. К графическим документам относятся карты эскизов.

Карта эскизов разрабатывается на операции и переходы. В опытном и единичном производстве допускается применять вместо карты эскизов чертежи изделия.

На карте эскизов указываются данные, необходимые для выполнения технологического процесса — размеры, предельные отклонения, обозначения шероховатости поверхности, технические требования и т.п.

Таблицы, схемы и другие данные следует размещать на свободном поле карты эскиза справа от изображения или под ним.

Эскизы могут быть выполнены без соблюдения масштаба. Количество изображений, разрезов, сечений на эскизе устанавливается исполнителем по соображениям обеспечения наглядности и ясности изображения обрабатываемого или собираемого изделия.

Заполнение текстовых документов производится согласно графам той или иной карты. При заполнении некоторых граф предусмотрено кодирование заполняемых данных. В частности, установлены коды технологическим процессам (операциям) в зависимости от способа их выполнения. Например, общим операциям, которых насчитывается 35 видов (разметка, зачистка, сушка и т. п.), присвоен код 01 и они кодируются 0101, 0102, 0103. Операции литья металлов, которых насчитывается 49 видов, имеют код 11, то есть кодируются 1101, 1102, Обработка резанием металлов насчитывает 61 вид операций, которым присвоен код 41, поэтому токарные операции кодируются 4110, ..., сверлильные 4120, ..., шлифовальные 4130, Фрезерным операциям в количестве 20 видов присвоен отдельный код 42 и т. д.

Установлены формулировки записи наименования операции и перехода в технологических картах. Допускается два вида записи наименования операции: полное и сокращенное.

Полное наименование операции применяется при заполнении операционных карт и состоит из наименования метода обработки, выраженного именем существительным, наименования обрабатываемой поверхности, наименования материала или детали.

Сокращенное наименование операции употребляется при заполнении маршрутной карты. Сокращенное наименование выражается именем прилагательным, производным от вида оборудования, или именем существительным. Например: "Токарная", "Сборочная", "Электромонтажная", "Фотохимическая" и т. д., или "Обезжиривание", "Сборка", "Пайка", "Травление", "Металлизация" и т. д.

В содержание операции (перехода) должно быть включено наименование метода обработки, выраженное глаголом в повелительной форме (точить ..., сверлить ..., паять ... и т. п.). Далее дается наименование обрабатываемой поверхности: цилиндрическую поверхность, ... отверстия диаметром 1,2 мм, ... резисторы МЛТ и т. д. В содержании перехода также указывается количество одновременно обрабатываемых поверхностей: "Намотать 420 витков первой обмотки проводом Р1ЭЛ 0,1 на шести катушках одновременно", "Сверлить монтажные отверстия диаметром 0,9 мм в четырех заготовках одновременно" и т. д.

5.2. Функции и проблемы технологической подготовки производства.

Обеспечение технологичности конструкции изделия. Эта задача должна решаться специалистами служб ТПП в тесном контакте с конструкторами изделия. В результате нужно добиться максимально возможного упрощения процессов изготовления деталей изделия и процессов его сборки. При окончательном определении конструкции нужно представлять, какая оснастка понадобится для изготовления той или иной детали, и стараться упростить оснастку за счет допустимых изменений в конструкции. Например, пластмассовый корпус прибора нужно спроектировать так, чтобы пресс-форма для его изготовления была возможно более простой (с меньшим числом линий разъема, без боковых шиберов и т. п.).

Упрощения конструкции не должны приводить к ухудшению внешнего вида (дизайна), качества или эксплуатационных характеристик изделия. Поэтому обеспечение технологичности во многих случаях является сложной творческой задачей, требующей оптимального учета многих технических и экономических факторов.

Технологичности конструкции изделия способствуют также унификация и стандартизация. Они дают возможность заимствования или приобретения готовых деталей и узлов изделия. Например, установка в приборе стандартного блока питания избавляет предприятие от затрат на его проектирование и изготовление.

Технологичность конструкции является основным критерием, определяющим пригодность аппаратуры к промышленному выпуску.

Под технологичностью конструкции понимают совокупность ее свойств, проявляемых в возможности оптимальных затрат труда, средств, материалов и времени при технической подготовке производства, изготовлении, эксплуатации и ремонте по сравнению с соответствующими показателями конструкций изделий того же назначения при обеспечении заданных показателей качества.

Начиная с момента разработки эскизного проекта и до момента изготовления опытного образца и серии изделий необходимо максимизировать данный фактор. Характер отработки конструкции изделия на технологичность зависит не только от стадии проектирования, но и от вида производства и объема выпуска; типа, назначения изделия; прогрессивности оборудования и оснастки; организации производства (ГОСТ 14.201-73, 14.203-73, 14.204-73, 2.121-73, 18831-73). Целесообразной является отработка технологичности конструкции в процессе ее проектирования. Конструкцию можно создать из большого числа простых деталей, изготовленных литьем под давлением или точным литьем.

Оценку технологичности производят на основе использования частных и комплексного показателей. Состав относительных частных показателей и значения коэффициентов значимости определяется классом, к которому относится разрабатываемое изделие.

Номенклатура показателей технологичности сборочных единиц и блоков РЭА установлена отраслевым стандартом. В соответствии с ним все блоки РЭА условно разбиты на 4 класса:

- радиотехнические;
- электронные;
- электромеханические;
- коммутационные.

Для каждого класса установлены свои показатели технологичности в количестве не более 7.

Расчет показателей технологичности конструкции проводится по определенной методике для радиотехнического класса РЭА.

Если изделие относится к классу радиоэлектронных блоков, то для него используются следующие показатели технологичности конструкции:

коэффициент механизации и автоматизации подготовки ЭРЭ к монтажу

$$K_{м.п.ЭРЭ} = \frac{N_{м.п.ЭРЭ}}{N_{ЭРЭ}}, \quad (8.1)$$

где $N_{м.п.ЭРЭ}$ — количество ЭРЭ в штуках, подготовка которых осуществляется механизированным или автоматизированным способом;

$N_{ЭРЭ}$ — общее количество ЭРЭ в штуках.

коэффициент автоматизации и механизации монтажа изделия

$$K_{а.м.} = \frac{N_{а.м.}}{N_{м.}}, \quad (8.2)$$

где $N_{а.м.}$ — количество монтажных соединений, которые осуществляются механизированным или автоматизированным способом;

$N_{м.}$ — общее количество монтажных соединений.

коэффициент сложности сборки.

$$K_{с.сб.} = \frac{E_{м.сл.}}{E_{м.}}, \quad (8.3)$$

где $E_{м.сл.}$ — количество типоразмеров сборочных единиц, входящих в изделие и требующих регулировки или подгонки в процессе сборки;

$E_{м.}$ — общее количество типоразмеров сборочных единиц.

коэффициент механизации и автоматизации операций контроля и настройки электрических параметров

$$K_{м.к.н.} = \frac{N_{м.к.н.}}{N_{к.н.}}, \quad (8.4)$$

где $N_{м.к.н.}$ — количество операций контроля и настройки, которые осуществляются механизированным или автоматизированным способом;

$N_{к.н.}$ — общее количество операций контроля и настройки.

коэффициент прогрессивности формообразования деталей

$$K_{\phi} = \frac{D_{\text{пр}}}{D}, \quad (8.5)$$

где $D_{\text{пр}}$ — количество деталей в штуках, которые получены прогрессивными методами формообразования:

штамповкой;

прессованием;

порошковой металлургией;

литьем по выплавляемым моделям;

пайкой;

сваркой;

склеиванием;

из профилированного материала.

D — общее количество деталей в изделии в штуках.

коэффициент повторяемости ЭРЭ

$$K_{\text{пов.ЭРЭ}} = 1 - \frac{N_{\text{т.ЭРЭ}}}{N_{\text{ЭРЭ}}}, \quad (8.6)$$

где $N_{\text{т.ЭРЭ}}$ — количество типоразмеров ЭРЭ в изделии, определяемое габаритным размером ЭРЭ;

$N_{\text{ЭРЭ}}$ — общее количество типоразмеров ЭРЭ в изделии.

К оригинальным деталям следует относить составные части (детали, узлы, электрорадиоэлементы), разрабатываемые и изготавливаемые впервые как самим предприятием-разработчиком, так и в порядке кооперирования с другими предприятиями. К электрорадиоэлементам относятся транзисторы, диоды, конденсаторы, резисторы, разъемы, дроссели, катушки индуктивности, трансформаторы, микросборки и микросхемы различной степени интеграции, микромодули и т. д. Под типоразмером электрорадиоэлемента понимается габаритный размер (без учета номинальных размеров).

коэффициент точности обработки деталей

$$K_{\text{тч}} = 1 - \frac{1}{A_{\text{ср}}} = 1 - \frac{\sum n_i}{\sum A_{n_i}}, \quad (8.7)$$

где $A_{\text{ср}} = \frac{\sum A_{n_i}}{\sum n_i} = \frac{(n_1 + 2n_2 + 3n_3 + \dots)}{(n_1 + n_2 + n_3 + \dots)}$ — средний квалитет обработки; A — квалитет обработки; n — количество размеров, соответствующих 10-му квалитету обработки; допустимо определять как количество деталей, для которых данный квалитет является высшим, в штуках.

Кроме того, для РЭС необходимо рассчитывать следующие показатели:

Коэффициент использования микросхем

$$K_{\text{ИСМС}} = H_{\text{МС}} / (H_{\text{МС}} + H_{\text{ЭРЭ}}), \quad (8.8)$$

где $H_{\text{МС}}$ — общее количество микросхем и микросборок в изделии;

$H_{\text{ЭРЭ}}$ — общее количество электрорадиоэлементов (ЭРЭ).

Коэффициент автоматизации и механизации монтажа изделия

$$K_{\text{АМ}} = H_{\text{АМ}} / H_{\text{М}}, \quad (8.9)$$

где $H_{\text{АМ}}$ — количество монтажных соединений, которые могут быть осуществлены механизированным или автоматизированным способом;

$H_{\text{М}}$ — общее количество монтажных соединений.

Коэффициент автоматизации и механизации подготовки ЭРЭ к монтажу

$$K_{\text{АМЭРЭ}} = H_{\text{МПЭРЭ}} / H_{\text{ЭРЭ}}, \quad (8.10)$$

где $H_{\text{МПЭРЭ}}$ — количество ЭРЭ, подготовка которых к монтажу может быть осуществлена механизированным или автоматизированным способом.

Коэффициент повторяемости микросхем

$$K_{\text{МС}} = H_{\text{ТМС}} / H_{\text{МС}}, \quad (8.11)$$

где $H_{\text{ТМС}}$ — количество типоразмеров корпусов микросхем микросборок в изделии.

Коэффициент повторяемости ЭРЭ

$$K_{\text{ПовЭРЭ}} = 1 - H_{\text{ТЭРЭ}} / H_{\text{ЭРЭ}}, \quad (8.12)$$

где $H_{\text{ТЭРЭ}}$ — общее количество типоразмеров ЭРЭ в изделии.

Комплексный показатель технологичности определяется на основе частных показателей.

Расчет комплексного показателя технологичности конструкции проводится по формуле

$$K = \frac{\sum_{i=1}^S K_i \cdot \varphi_i}{\sum_{i=1}^S \varphi_i}, \quad (8.13)$$

где S — общее количество относительных частных показателей;

K_i — значение показателя;

φ_i — функция, нормирующая весовую значимость показателя.

Уровень технологичности конструкции

$$K_y = K/K_n, \quad (8.14)$$

где K_n — нормативный показатель технологичности для электронных блоков. Полученное значение K должно быть больше нормативного показателя K_n , т.е. отношение (8.14) должно быть больше единицы.

Цель проектирования технологических процессов — дать подробное описание операций изготовления изделия с необходимыми технико-экономическими расчетами и обоснованиями принятого варианта. Эта основная проблема проектировщика дополняется последующей задачей внедрения спроектированного технологического процесса на предприятии. В результате составления технологической документации инженерно-технический персонал и рабочие-исполнители получают необходимые данные и инструкции для осуществления спроектированного технологического процесса в конкретных производственных условиях.

Проектирование технологических процессов начинается с анализа технического задания (ТЗ) на проектирование, включающего следующие элементы: рабочий чертеж изделия с техническими условиями или сборочный чертеж узла с условиями приемки, программу выпуска и другие требования.

Процесс проектирования начинается с синтеза структуры по ТЗ. Исходный вариант структуры генерируется, а затем оценивается с позиций условий работоспособности (например, обеспечение заданных параметров, качества изделия). Для каждого варианта структуры предусматривается оптимизация параметров, так как оценка должна выполняться при оптимальных или близких к оптимальным значениям параметров. Если для некоторого варианта структуры технологического процесса, операции или перехода достигнуто обеспечение заданных параметров качества изделия, то процесс синтеза считается законченным. Результаты проектирования оформляются в виде необходимой технологической документации с формированием ТЗ на следующий уровень проектирования. Для каждого варианта структуры составляется модель технологического процесса или его элементов. При автоматизированном проектировании эта модель является математической, она должна быть адекватна объекту в отношении его основных свойств. Анализом модели проверяется выполнение условий работоспособности (например, получение максимальной производительности при обеспечении параметров качества изделия) и принятие решения. По результатам проверки производится параметрическая оптимизация.

Если условия работоспособности не выполняются, то управляемые параметры снова изменяют, и математическая модель анализируется при новых их значениях. В случае повторного невыполнения условий работоспособности переходят к генерации нового варианта структуры или к пересмотру ТЗ.

В целом функциональная структура принципиальной схемы процесса характеризуется последовательностью преобразований изготавливаемого изделия из начального состояния на заготовительном этапе в состояния $C_1, C_2, \dots, C_n$ на промежуточных и заготовительных этапах. Это преобразование осуществляется по уровням. Процесс проектирования на каждом уровне представляет собой многовариантную процедуру. На основе одного проектного варианта $R_i^{(K-1)}(K11)$ уровня формируется множество $\{R_{iq}K\}$ более детальных вариантов K -го уровня.

В результате проектирования на всех уровнях образуется дерево допустимых вариантов технологического процесса, отвечающих заданным техническим ограничениям (рис.).

Вершинам дерева соответствуют операции синтеза проектных решений, а дугам — полученные варианты этих решений. Дуги дерева последнего уровня характеризуют проектные варианты заданной степени детализации. Для решения задач многоуровневой оптимизации на 1-м уровне проектирования получают, следовательно, не единственный оптимальный вариант, а группу вариантов, близких к оптимальному.

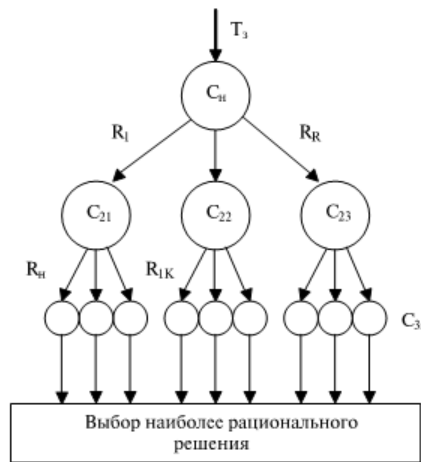


Рис. 5.3 Модель многоуровневого процесса проектирования с выбором наиболее рационального решения на последнем уровне: T_3 — техническое задание; C_{ij} — операции синтеза проектных решений; R_{jk} — проектные варианты

Среди этих параметров выбирают решение на $(i + 1)$ -м уровне проектирования. Анализ выполненных работ по САПР ТП показывает, что при генерации структуры технологического процесса используются различные методы: проектирование на основе типизации и групповой технологии; преобразование процессов-аналогов; многоуровневый итерационный метод; аксиоматический метод и др. (рис. ниже).

Проектирование конкретных технологических процессов путем параметрической настройки типового процесса включает в себя две группы проектных операций: поиск в технологическом банке данных требуемого типового процесса и расчет параметров каждой операции (определение припусков и операционных размеров, норм времени, материальных и трудовых нормативов). Этот метод применяется для изделий типовых форм, отличающихся только размерами.

Алгоритмы преобразования процесса-аналога не содержат в готовом виде логические условия выбора операций и переходов (рис.). Эти условия определяются в результате анализа изделия и ТП-аналога. После того как в технологическом банке данных найдены изделия и ТП-аналоги $(И, ТН)_{qH}$, проектирование заключается в том, чтобы на основе информационной модели СК конкретного изделия определить рациональную структуру и параметры процесса его изготовления:

$$W : \{C_k(И, ТН)_{ан}\} > ТП_k \quad (8.15)$$

где W — операции преобразования процесса-аналога.

Преобразование осуществляется методами исключения и дополнения структурных элементов в процессы-аналоги на основе выявления различий между конкретными изделиями и изделиями-аналогами. Метод исключения структурных элементов основан на том, что из графа $S_a(C, A)$, описывающего структуру процесса-аналога, исключаются некоторые пути или дуги $\{C_{q-1}A_qC_q\}$, которые соответствуют операциям или переходам обработки отсутствующих у конкретного изделия поверхностей или поверхностей более высокой точности.

Одним из наиболее общих способов преодоления начальной неопределенности задачи технологического проектирования является разработанный многоуровневый итерационный метод. Сущность его раскрывается совокупностью принципов и утверждений, определяющих характер и структуру процессов проектирования.



Рис. 5.4 Классификация методов автоматизированного проектирования технологических процессов

Проектирование дискретных ТП и сложных объектов расчленяется на несколько взаимосвязанных уровней, характеризующихся последовательно возрастающей от уровня к уровню степенью детализации проектных решений. В общем виде они содержат:

Утверждение 1. Проектирование ТП изготовления изделий можно разделить на 4 уровня:

- принципиальная схема процесса, (ПС);
- маршрут обработки деталей (МО);
- операционная технология (ОТ);
- управляющие программы (УВД для вычислительной техники).

Первому уровню свойственны наибольшая степень абстракции и определение только принципиальных особенностей структуры и функции ТП. От уровня к уровню степень детализации проектных решений возрастает. На последнем уровне она доводится до инструкций и команд управления оборудованием.

Утверждение 2. Многоуровневый процесс проектирования развивается сверху вниз, т. е. от синтеза общих принципиальных моделей на первом уровне — к проектным решениям требуемой степени детализации на следующих уровнях. При этом решения, полученные на предыдущем

$(K - 1)$ -м уровне, используются в качестве дополнительных исходных данных для проектирования на K -м уровне. Так, сведения о принципиальной схеме ТП, полученные на первом уровне, служат для синтеза маршрута обработки на втором уровне. Разработка операционных технологий на третьем уровне производится на основе сведений о технологическом маршруте, а для синтеза управляющих программ применяются сведения об операционной технологии.

Утверждение 3. На всех уровнях, кроме последнего, ввиду недостаточной детализации проектных решений, критерии отбора вариантов носят обобщенный, эвристический характер. Они постепенно уточняются при переходе от уровня к уровню, достигая необходимой точности на последнем уровне проектирования

$$E_i^1 \leq E_j^2 \leq E_l^3 \leq E_r^4 \quad (8.16)$$

Так, на первом уровне невозможно формировать критерий, позволяющий выбрать один оптимальный вариант принципиальной схемы ТП. Причина в том, что представление о проектируемом процессе носит сугубо принципиальный характер и на следующих уровнях, как правило, уточняется.

Утверждение 4. На начальном и промежуточных уровнях проектирования, в связи с эвристическим характером критериев, из множества синтезированных вариантов $\{R_i^{k-1}\}$ отбирается не одно, а несколько (два-три) наиболее рациональных решений. Окончательный вариант ТП, соответствующий экстремальным значениям точного критерия, определяется только на последнем уровне.

Утверждение 5. Проектирование на каждом уровне расчленяется на совокупность проектных операций, итерационно взаимосвязанных между собой и осуществляющих поиск решений-аналогов П, Н-преобразование процессов-аналогов, синтез **С** различных вариантов технологии, имитационное моделирование **М** процесса обработки, анализ **А** и оценку результатов моделирования **Е**, оптимизацию **О** и отбор **В** наиболее рациональных вариантов.

6. КОМПЬЮТЕРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭС

6.1. Технологические маршруты изготовления ЭС

На проектные решения в технологическом проектировании оказывает влияние ряд факторов. В зависимости от них для конкретного изделия разрабатывается один из трех типов технологического процесса: индивидуальный, типовой или групповой. Например, в мелкосерийном и серийном производствах наиболее прогрессивным является метод групповых процессов. При этом методе проектируется один ТП для группы изделий, объединенных по конструктивно-технологическим признакам и обрабатываемых на одном оборудовании с помощью общей оснастки и инструмента. Поэтому внедрению САПР ТП должна предшествовать работа на предприятии по унификации технологических решений, классификации изделий (приборов, оборудования и оснастки). Эта работа проводится по результатам предпроектных обследований.

Уровень типизации технологических процессов с унификацией конструкций приборов во многом определяет трудоемкость технологической подготовки производства на предприятии. Типовые процессы разрабатывают на основе анализа, систематизации и обобщения технологических решений, учитывают научные достижения технологии изготовления РЭА и передовой производственный опыт, предусматривают применение высокопроизводительного оборудования, средств автоматизации и механизации методов технологии.

Типовой процесс должен быть рациональным в конкретных производственных условиях, должен характеризоваться единством содержания и последовательности большинства технологических операций для группы изделий, обладающих общими конструктивными признаками. Использование типового ТП в качестве рабочего процесса оправдывается при его детализации и наличии в нем всей необходимой информации. Однако эта задача без ЭВМ решается с трудом.

При разработке технологического маршрута должны быть определены последовательность и содержание операций. синтезирующая передовой опыт завода, отрасли и научные достижения, позволяет перейти к формализованному представлению маршрута, разработке алгоритма и программ для ЭВМ. Типизация технологии, Работа по типизации технологических процессов является базой для построения алгоритмов.

В условиях предприятий с мелко- и среднесерийным характером производства, когда имеют место специфические изделия, разработку маршрута ведут более сложным методом — моде-

лированием процесса проектирования технологии путем поиска закономерностей при построении операций. Однако и здесь по мере накопления опыта проектирования можно использовать идеи типизации. Поэтому нужен такой метод, который бы легко адаптировал алгоритмы к изменяющимся производственным условиям. Следовательно, здесь в качестве основы нужны не типовые ТП, а типовые решения в сочетании с индивидуальными. Такое сочетание позволяет учесть особенности предприятий и отрасли, перспективу дальнейшего развития технологии, т. е. предусмотреть разработку не только рабочих, но и перспективных ТП.

6.2. Обобщенный маршрут обработки

Для определенного класса (групп, подгрупп или вида) изделий устанавливается так называемый обобщенный маршрут обработки. Он включает перечень операций обработки, характерный для этого класса, подкласса или группы изделий. Этот перечень является упорядоченным и представляет собой множество операций существующих индивидуальных маршрутов. Эти маршруты имеют типовую последовательность и содержание.

Пусть имеется множество индивидуальных маршрутов $M_1, M_2, \dots, M_i, \dots, M_n$ (где $1, 2, \dots, i, \dots, n$ — номера индивидуальных маршрутов) для какого-либо класса или группы изделий.

При объединении этих маршрутов (рис.) в обобщенный $M_y^* \supset M_i$, т. е. обобщенный маршрут M_y^* включает в себя индивидуальные M_i . При этом число объединенных маршрутов должно стремиться к максимальному, т. е. обобщенный маршрут

$M_y^* = \bigcup_{i=1}^n M_i$, где $n \in \max$. Объединение маршрутов

характеризует область пересечения множеств при вхождении в обобщенный маршрут.

Необходимым условием включения индивидуального маршрута в обобщенный является наличие области пересечения операций, например M_i и M_j , как не пустого множества $M_i \cap M_j \neq \emptyset$

Важной характеристикой (критерием эффективности) формирования обобщенного маршрута является мощность пересечения множеств операций индивидуальных маршрутов $|M_{\text{пер}}|$, т. е. количество одинаковых операций, входящих в это пересечение, без учета отношения порядка элементов (операций) множества

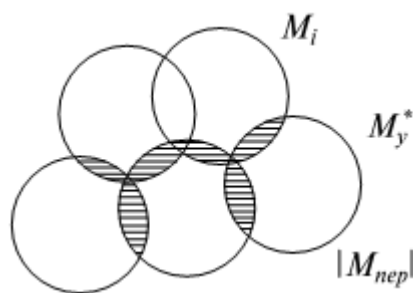


Рис.6.1 Схема объединения технологических маршрутов M подкласса (группы) изделий в обобщенный маршрут M_y^*

$$|M_{\text{пер}}| = \bigcap_{i=1}^n M_i (i = 1, 2, \dots, n) - \max \quad (6.1)$$

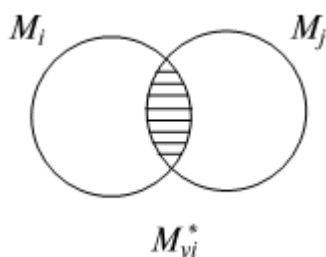


Рис.6.2 Схема пересечения технологических маршрутов M_i и M_j с образованием области пересечения операций с мощностью ($M_{пер}$)

Мощность пересечения в обобщенном маршруте должна стремиться к *max*. Это будет основным условием объединения нескольких индивидуальных маршрутов в обобщенный. Тогда мощность обобщенного маршрута

$$| \overset{n}{\underset{i=1}{M}}^* | = \sum_{i=1}^n M_i (i = 1, 2, \dots, n) \rightarrow \min \quad (6.2)$$

должна стремиться к *min*. Следовательно, обобщенный маршрут представляет множество пересекающихся индивидуальных маршрутов. В пересечение при объединении двух или нескольких маршрутов входят эквивалентные (одинаковые) операции, которые должны иметь один и тот же

код и одинаковые условия назначения. $|M_{пер}|$ и $|M_y^*|$ могут служить критериями для анализа и совершенствования работ по типизации ТП, т. е. количество эквивалентных операций для различных изделий одной группы (подкласса) позволяет оценить возможность объединения изделий в группу, а также уровень проведенных работ по типизации на предприятии.

При построении технологического маршрута изготовления прибора необходимо выбрать из составленных справочников типовых формулировок операций нужные операции для обеспечения требований качества изделия, а затем определить их место в технологическом маршруте. Для каждой операции выявляются условия, которые будут определяющими при ее включении в технологический маршрут.

В условиях практического использования автоматизированного проектирования технологических маршрутов необходимо выявить применяемость сочетаний конструктивно-технологических условий для определенного класса (группы) изделий. С повышением уровня типизации ТП и унификации изделий количество сочетаний будет уменьшаться, а это, в свою очередь, будет упрощать проектирование с помощью ЭВМ.

В результате выявления условия назначения операции решается задача о включении ее в технологический маршрут; при этом необходимо определить очередность следования операций. Разработки в области автоматизации проектирования решают эту задачу путем формирования индивидуальных маршрутов с фиксированным порядком следования операций.

Производственная деятельность накладывает дополнительные ограничения на процесс проектирования, например такие, как отсутствие или большая загрузка некоторых видов оборудования, недостаток отдельных инструментов и приспособлений. Если эти ограничения постоянны, то учитывающая их технология характерна для условий предприятия. Такой ТП в конкретных заводских условиях реален и оптимален, т. е. существует условный экстремум при достижении той или иной цели, получаемый за счет действия ограничений.

Поэтому задачу автоматизированного проектирования маршрутов необходимо решать на основе, учитывающей возможность адаптации алгоритмов к конкретным условиям. Обобщенный маршрут включает все операции обработки, характерные для каждого класса (подкласса) изделий, располагает операции в определенном порядке и дает возможность строить для них индивидуальные технологические маршруты в зависимости от конструктивных и технологических признаков конкретных изделий.

Если под оператором понимать код операции, то математическую модель формирования обобщенного маршрута можно представить в формальном виде. Пусть существует конечное множество условий $A = \{A\}$, влияющих на выбор операции и характер построения маршрутов, например требования по точности взаимного расположения поверхностей, минимальная шерохова-

тость поверхности и т. д., где $i = 1, 2, \dots, n$ — количество состояний каждого конкретного условия (например, различная шероховатость поверхности); $j = 1, 2, \dots, n_2$ — количество условий.

6.3. Исходные данные для проектирования технологических операций

Операционная технология включает уточнение характеристик технологической системы, полученных на предыдущем этапе, определение структуры операций и характеристики каждого перехода. Проектирование операций является многовариантной задачей. Для построения операции необходимо знать маршрут обработки заготовки, схему ее установки, какие поверхности и с какой точностью обработаны на предшествующих операциях. Спроектированный с помощью ЭВМ маршрут включает содержание операций, модель оборудования, наименование приспособления и инструмента.

На построение операций оказывает влияние ряд факторов: конструкция изделия (размер, масса, конфигурация); технические требования на его изготовление (допуски на размеры и взаимное расположение обрабатываемых поверхностей); вид заготовки; программа выпуска; модель оборудования; конструкция приспособления.

Технологические операции дают сложную структуру, элементами которой являются технологические переходы. Эти компоненты ТП связаны между собой различными отношениями, основными среди которых являются временные, пространственные, логические и математические. При оптимизации переходов определяют их количество и последовательность выполнения, режимы, припуски на обработку и промежуточные размеры, нормы времени, промежуточные (технологические) допуски, число наладок, настроечные и технологические размеры. В задачу формирования оптимальной операции входит упорядочение и разбивка общей совокупности переходов (множества) на подмножества с учетом наличия термической обработки, минимизации количества установок заготовки и холостых перемещений инструмента. На стадии формирования операций проводят расчет норм времени, уточнение выбора оборудования, приспособлений и инструмента. Рассмотрим задачу проектирования с помощью ЭВМ.

Исходными данными являются цифровая модель обрабатываемой поверхности изделия и объем его изготовления. Технологическими ограничениями, определяющими допустимые варианты ТП изготовления на предприятии, являются:

Множество допустимых методов обработки

$$M = \{m_1, m_2, \dots, m_n\} \leq M,$$

где M — множество известных методов обработки.

Состав технологического оборудования

$$CT = \{CT_1, CT_2, \dots, CT_k\} \leq SO,$$

где SO — каталог выпускаемого оборудования.

Набор установочно-прижимных приспособлений

$$ПР = \{ПР_1, ПР_2, \dots, ПР_m\}.$$

Набор инструментов

$$ИН = \{ИН_1, ИН_2, \dots, ИН_l\}.$$

Набор типоразмеров заготовок

$$З = \{З_1, З_2, \dots, З_p\}.$$

Информационная база процесса проектирования включает справочно-нормативные данные и технико-экономические показатели.

Для того чтобы определить оптимальный вариант многопереходной обработки, необходимо установить общие закономерности выбора различных вариантов, а также правила и последовательность действий при отыскании наилучшего из них. Множество возможных вариантов образует область допустимых решений, в которой необходимо найти наилучшее из всех конкретных условий обработки. Так как рассматриваемой задаче предшествует выбор заготовки и типа оборудования, то в допустимых решениях есть все возможные сочетания параметров обработки в их различной последовательности с учетом точности заготовки, изделия, характеристики оборудования и инструмента.

При многопереходной обработке каждый предыдущий переход существенно влияет на последующий. Это сказывается главным образом на точности обработки. Поэтому различные варианты выполнения последующего перехода могут рассматриваться только после того, как выбраны определенные параметры предшествующего. Необходимая исходная информация включает данные об изделии, заготовке, оборудовании и инструменте. Например, определение последовательности выполнения переходов обработки поверхностей изделия на многопозиционных станках (вертикальных, горизонтальных многошпиндельных токарных полуавтоматах и автоматах и др.) связано с распределением переходов по позициям.

Пусть количество переходов равно P , а число позиций на станке равно t . Для выполнения i -го перехода ($i = 1, 2, \dots, P$) на любой позиции требуется время t_i , а для выполнения перехода j -й позиции требуется время t_j , где $j = 1, 2, \dots, m$.

Кроме того, прежде чем будет выполнен i -й переход, должны быть выполнены переходы $I(i')$ (множество, составленное из индексов тех переходов, которые должны быть выполнены раньше i -го перехода). Если

$$x_{ij} \begin{cases} 1 & \text{— } i\text{-й переход выполняется на } j\text{-й позиции,} \\ 0 & \text{— в противном случае,} \\ \end{cases} \text{ то равенство} \quad (6.3)$$

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = 1$$

говорит о том, что хотя бы на одной позиции будет выполнен i -й переход.

Число переходов, выполняемых на j -й позиции, не превышает k , если

$$\sum_{k=1}^n x_{ij} \leq k \quad (6.4)$$

Условие очередности выполнения переходов может быть записано как

$$x_{ij} \leq \sum_{v=1}^{j-1} x_{i,v} \quad (6.5)$$

где $i \in l(i)$, т. е. переход с индексом i не может быть выполнен на j -й позиции, пока для всех $i \in J(i')$ не будет равен 1 (при $v < j$).

Распределение всех переходов по позициям станка с совмещением нескольких переходов на одной позиции производят также с учетом технологических правил и опыта эксплуатации такого оборудования. Таким образом, существует несколько групп ограничений.

Первая из них связана с требованиями определенной очередности выполнения переходов

$$x_{ij} \leq \sum_{v=1}^{j-1} x_{i',v}; \quad i' \in J(i) \quad (6.6)$$

Другая группа ограничений оказывает влияние на возможность совмещения нескольких переходов на одной операции

$$\sum_{i=1}^P X_{ij} \leq k \quad (6.7)$$

$j = 1, 2, \dots, m; 0 \leq k \leq P$ (здесь k — целое число).

Может быть предусмотрена группа ограничений по суммарному времени обработки на каждой позиции с учетом рабочих и холостых ходов инструмента

$$\sum t_i X_{ij} \leq 1/R \quad (6.8)$$

где R — регламентированное время обработки на каждой позиции. Все ограничения могут быть записаны в общем виде:

$$\sum a_{ij} X_{ij} = 1 \text{ (1-я группа ограничений)} \quad (6.9)$$

;

$$\sum_i \sum_j b_{ijq} X_{ij} \leq d_q \text{ (12.5) (2-я группа ограничений)} \quad (6.10)$$

.

$$\sum_i \sum_j b_{ijq} X_{ij} \leq d_q; i = 1, 2, \dots, n; j \in Q(1)$$

Здесь $Q(i)$ — множество индексов позиций, на которых может выполняться i -й переход.

Оптимальное количество переходов на каждую поверхность и оптимальную последовательность их выполнения определяют на предшествующих уровнях построения операции. При формировании оптимальной операции необходимо объединить выполнение переходов того или иного количества поверхностей на одном станке. Для этого надо общую совокупность переходов упорядочить и разбить на множества с учетом ограничений, которые аналогичны ограничениям при распределении переходов по позициям многопозиционного станка.

6.4 Состав работ построения технологического процесса сборки

Заключительным этапом в производстве РЭС является сборка. Сборочные работы составляют иногда 40-60% от общей трудоемкости изготовления радиоаппаратуры. Согласно определению, сборка — это совокупность операций, при которых детали соединяются в сборочные единицы, блоки, комплексы, системы и изделия. ТП сборки РЭС складывается из различных по характеру операций (механический монтаж, выполнение электрического соединения и общая сборка готового изделия). Такой процесс требует применения разнообразного оборудования, специальной технологической оснастки, инструмента. Этот процесс является трудоемким. Поэтому при разработке ТП сборки с особой остротой встает задача снижения трудоемкости сборочных работ. Этим объясняется актуальность проблемы автоматизации сборки, особенно в многономенклатурном производстве.

Автоматизация сборочных работ должна проводиться на базе групповой технологии либо на основе типовых ТП. Типовой технологический процесс — это процесс, характеризуемый единством содержания и последовательности большинства технологических операций и переходов для группы изделий с общими конструктивными признаками.

Типизация технологических процессов уменьшает объем технологической документации без ущерба для содержащейся в ней информации, уменьшает объем работ по подготовке производства, создает возможность разработки групповых приспособлений и средств автоматизации. При построении маршрута операций сборки решают вопрос об организации ТП. Для заводов массового и серийного производства РЭА характерно применение одно- и многономенклатурных непрерывных поточных линий. Поточная сборка более производительна, она сокращает производственный цикл и межоперационные заделы деталей, дает большие возможности применения механизации и автоматизации.

Поточная линия обычно оборудуется конвейером, который определяет ритм работы и по своему назначению может быть транспортным и сборочным. Наивысшая производительность при конвейерной сборке достигается синхронизацией операций. Требованиям синхронизации в условиях изменяющейся производственной программы прежде всего отвечают операции, состоящие из

большого числа технологических переходов, например сборка печатных плат из навесных ЭРЭ. Задача технолога состоит в выборе из всей совокупности технологических переходов таких операций, которые по времени исполнения одинаковы.

Основными показателями оптимального выбора варианта сборки и типа технологического оборудования согласно ЕСТПП являются трудоемкость изделия T и технологическая себестоимость изделия C при заданной программе выпуска.

При построении схем сборочного состава используются такие понятия, как деталь, сборочная единица, группа и подгруппа.

В приведены схемы сборки изделий РЭС. В частности, для сложной РЭС приведена укрупненная технологическая схема, характеризующая сборку изделия (рис.).

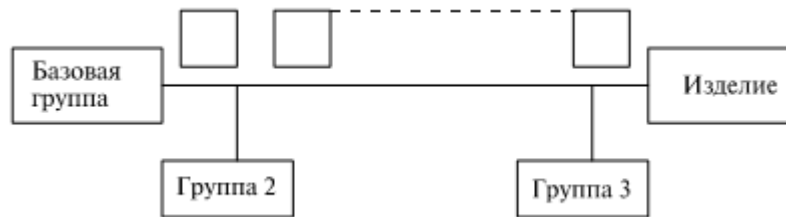


Рис.6.3 . Технологическая схема общей сборки изделия

При такой сборке выделяется базовый элемент — деталь, подгруппа, группа. При этом выбирают ту деталь, поверхность которой будет использована при установке в готовое изделие или при креплении узла к ранее собранным узлам. Обычно базовой деталью служат плата, панель, шасси.

При разработке ТП сборки технологические схемы составляются в нескольких вариантах, отличающихся по структуре и по последовательности комплектования сборочных элементов. Выбор варианта проводят, как уже отмечалось, с учетом производительности, себестоимости, удобств и других конкретных условий выполнения сборочных операций. Технологические схемы сборки дают наглядное представление о сборочных свойствах изделия (в том числе и технологичности) и возможностях организации процесса сборки РЭС. Поэтому технолог, отвечающий за сборочные процессы, старается представить их себе на ранних стадиях создания конструкций РЭС.

Из изложенного выше следует, что в ТП сборки имеют место функциональные связи двух основных видов:

- между соединениями и элементами производственной системы $F1$;
- характеризующие порядок выполнения соединений $F2$.

Функция $F1$ устанавливает соответствия между действиями по выполнению соединений и элементами производственной системы

$$F1 : T \rightarrow \Pi \quad (6.11)$$

где T — множество технологических действий; Π — множество элементов производственной системы (оборудование, оснастка, инструмент).

Функция $F2$ отображает неупорядоченное множество T в упорядоченное T_y

$$F2 : T \rightarrow T_y \quad (6.12)$$

Описать эти функции через систему формул, раскрывающих формальные зависимости элементов ТП, — значит, создать основу для построения формальных процедур и, следовательно, автоматизированного проектирования технологии. Эти процедуры и должны быть использованы как

методика проектирования ТП сборки и как основа (алгоритмы) для разработки программ проектирования ТП на ЭВМ.

Функция $F1$ подробно описана в, где она задана в виде матриц, устанавливающих соответствие между свойствами элементов и элементами производственной системы.

Описать функцию $F2$ — значит раскрыть те функциональные связи, которые существуют между параметрами конструкции и порядком образования изделия. Образование изделия представляет собой совокупность порядков различных объектов:

T_a — установки деталей при сборке; T_s — соединений; T_{sb} — сборочных единиц; T_r — сборочных операций по видам; T_p — переходов по выполнению каждого вида сборочной операции. На рис. показана схема функциональных связей при формировании последовательности образования изделия.

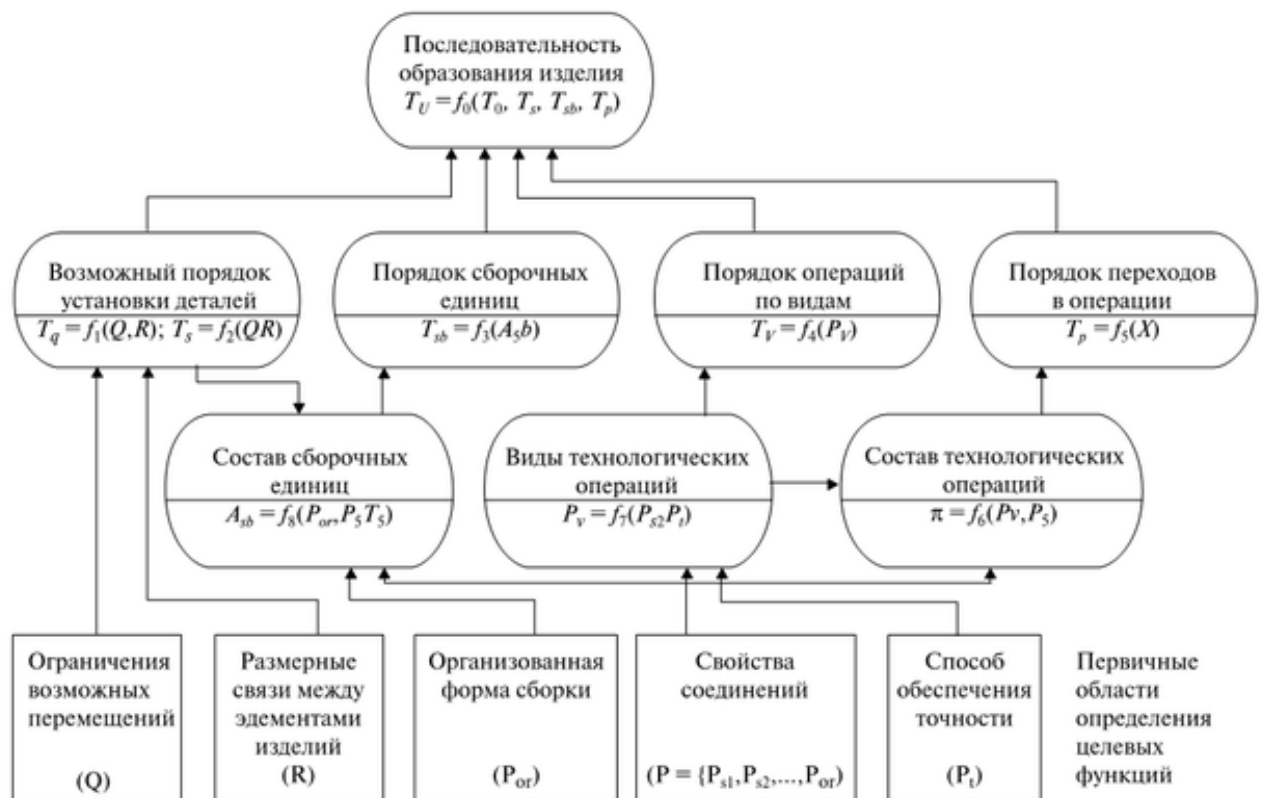


Рис. 6.4. Схема связей целевых функций при формировании последовательности сборки изделий

Порядки T_a и T_s определяют возможный порядок деталей в процессе сборки изделия и находятся в зависимости от взаимодействий элементов в конструкции. Эти взаимодействия характеризуются через размерные связи R , определяющие относительное положение элементов, и взаимные ограничения перемещений элементов в конструкции изделия Q .

Таким образом, существует функциональная связь, в которой в зависимости от взаимодействия элементов в конструкции устанавливается возможный порядок, т. е.

$$T_a = f_1(Q, R); T_s = f_2(Q, R) \quad (6.14)$$

где f_1 — функция преобразования данных о взаимодействии элементов конструкции в данные о возможном порядке их установки;

f_2 — функция преобразования данных о взаимодействии элементов конструкции в данные о порядке выполнения соединений.

$$\Pi = f_6(P_v, P_s) \quad (6.15)$$

где f_6 — функция преобразования данных о свойствах соединения.

Порядок выполнения сборочных единиц T_{sb} находится в зависимости от состава сборочных единиц A_{sb} , так как ограничением этой последовательности является входимость одних сборочных единиц в другие, т. е. имеет место зависимость

$$T_{sb} = f_3(A_{sb}) \quad (6.16)$$

где f_3 — функция преобразования данных о составе сборочных единиц в данные о порядке их выполнения.

Порядки T_r и T_p определяют последовательность технологических действий по обеспечению технических требований, точности установленных параметров и технологии выполнения отдельных видов работ.

Порядок выполнения таких действий строится в соответствии с имеющимся опытом по обеспечению параметров конструкции и отдельных соединений, технологий выполнения некоторых физико-химических процессов (пайка, сварка, склеивание). Такой порядок, как правило, регламентирован.

Вид технологической операции P_v зависит от свойств соединений P_s и способа обеспечения точности P , т. е. различных инструкций, руководящих материалов, которые являются обобщением накопленного опыта и знаний. Фактически в этих материалах содержатся законы f_4 , f_5 построения порядков T_v и T_p на множестве тех видов операций P_v и переходов Π , которые необходимо выполнять для обеспечения сборки изделия с требуемым качеством, т. е. имеют место зависимости

$$T_v = f_4(P_v); T_p = f_5(\Pi) \quad (6.17)$$

В свою очередь, состав технологических операций Π , виды операций P_v и состав сборочных единиц также являются зависимыми параметрами. Состав технологических операций Π зависит от вида операции P_v и свойств соединения P_s , т. е.

$$P_v = f_7(P_s, P_t) \quad (6.18)$$

где f_7 — функция преобразования данных о свойствах соединения и способа обеспечения точности в данные о виде технологической операции.

Состав сборочных единиц A_{sb} зависит от возможного порядка соединений T при сборке изделия, свойств соединений P_s и от организационной формы сборки P_{or} , т. е.

$$A_{sb} = f_8(P_{or}, P_s, T_s) \quad (6.19)$$

где f_8 — функция преобразования данных о свойствах соединений, организационной форме сборки, возможном порядке соединений в данные о составе сборочных единиц.

Для решения любой целевой функции из схемы рис. необходимо описать функцию f_i , установить параметры из области ее определения и вычислить значение этой функции. Таким образом, для решения задачи формирования последовательности сборки изделия следует описать функцию f_o и параметры из области ее определения, а также и функции f_1-f_8 . Кроме того, необходимо задать значения первичных параметров, которые определяют на основе конструкторской документации на изделие и специфики производства.

На рис. показаны параметрические связи целевых функций формирования последовательности образования изделия, из чего следует очередность решения этих функций.



Рис. 6.5. Увеличенная схема алгоритмического процесса проектирования технологии сборки

Вторая часть — процесс формирования операций, включающий определение состава присоединяемых элементов, видов работ, средств и других параметров, которые образуют описание сборочных операций.

Алгоритмический процесс проектирования технологии сборки подразделяют на две основные части, которые можно использовать как автономно, так и совместно. При этом будет решена или часть задач проектирования, представляющая самостоятельный практический интерес, или задача проектирования технологии сборки в целом.

Первая часть — процесс формирования схемы сборки, содержащей информацию о порядке присоединения элементов изделия, комплектности сборочных единиц и соединений.

Схема алгоритмического процесса проектирования технологии сборки

Исходными данными для решения задач служат:

- входная переменная информация, которая содержит сведения о составе и свойствах элементов, образующих изделие, их взаимодействиях, точностных и технических требованиях;
- условно-постоянная информация, содержащая сведения нормативно-справочного характера об инструменте, оборудовании, типовых структурах операций.

Формирование схемы сборки, где выделяют технологические сборочные единицы и определяют возможный порядок сборки, является наиболее сложной частью алгоритмического процесса.

Здесь в соответствии с рассмотренными выше математическими моделями процесса проектирования решают задачи технологического членения, формирования порядка установки деталей и вы-

полнения соединений. Для решения этих задач автоматически анализируется структура изделия, взаимосвязи между всеми образующими его элементами (детальями, узлами) и строится модель, описывающая взаимные ограничения элементов конструкции, схему базирования и доступа. Эта модель является информационной основой для решения задач рассматриваемого этапа. Результат решения задач этого этапа оформляется в виде технологической схемы сборки.

Процесс формирования операций основывается на условно-постоянной информации, образующей базу данных, и сводится к поэтапному поиску элементов описания операции, определению состава средств и действий, необходимых для обеспечения требуемых параметров отдельных соединений и изделия в целом.

База данных представляет собой совокупность информационных таблиц, обеспечивающих возможность выбора всех атрибутов операций по предварительно выбранным или заданным в качестве исходных данных значениям поисковых признаков.

Организация решения задачи автоматизированного проектирования ТП отражает существующее положение при неавтоматизированном проектировании, где предварительно производится членение изделия на технологически независимые части, после чего проектируется ТП для каждой части отдельно. Причина в том, что ТП сборки изделия представляет собой совокупность ТП на сборку составляющих изделие сборочных единиц (рис.).

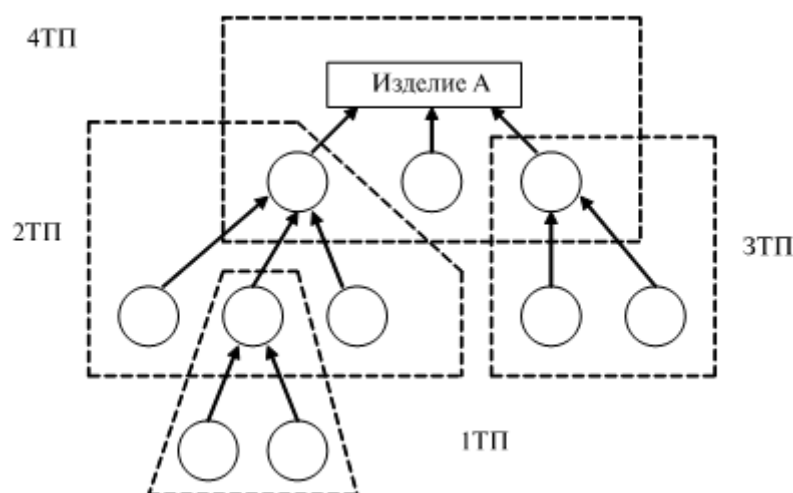


Рис. 6.6 Взаимосвязь технологических процессов 1ТП-4ТП сборки полуузлов при построении ТП всего изделия

Такая особенность технологии сборки при автоматизации процесса проектирования дает возможность ограничиться разработкой алгоритма проектирования отдельной сборочной единицы. В зависимости от числа сборочных единиц, входящих в изделие, следует повторять алгоритмический процесс соответствующее число раз. Это обеспечивает универсальность алгоритмического процесса относительно сложности структуры изделия.

Использование систем автоматизированного проектирования в производственных условиях значительно повышает производительность труда и дает возможность получить качественные решения за более короткий срок по сравнению с традиционными методами; технология обработки простых деталей проектируется в 2-3 раза быстрее, а сложных — в 4-10 раз.

Системы автоматизированного проектирования являются необходимыми для построения автоматизированных производств (цехов, заводов), что подтвердило создание автоматических линий, работающих в комплексе с разработанными системами. А система автоматизации процессов проектирования, основанная на достижениях математики, вычислительной техники, получившая реальное практическое подтверждение, обеспечивает дальнейшее развитие технологии научных основ проектирования.

В настоящее время для решения задач схемотехнического проектирования электронных средств применяется большое число пакетов программ. Широкое распространение на платформе персонального компьютера находит система Design Lab, разработанная корпорацией Micro Sim. Основу системы составляют следующие программные модули:

- графический редактор принципиальных схем — Schematics, он же является управляющей оболочкой системы;
- моделирование аналого-цифровых устройств Pspice A/D;
- синтез цифровых устройств на базе интегральных схем (ИС) с программируемой логикой PLD/CPLD PL Syn;
- редактор входных сигналов (аналоговых и цифровых) Stm Ed;
- графическое отображение, обработка и документирование результатов моделирования Probe;
- идентификация параметров математических моделей диодов, биполярных, полевых и мощных МОП — транзисторов, биполярных статически индуцированных транзисторов, операционных усилителей, компараторов напряжения, регуляторов и стабилизаторов напряжения и магнитных сердечников по паспортным данным PARTS;
- графический редактор многослойных печатных плат и программа автотрассировки SPECCTRA фирмы Cadence PCB и Auto router;
- интерфейс с программой XACT Step 6.0, предназначенной для проектирования электрически перепрограммируемых логических интегральных схем (ПЛИС) фирмы Xilinx (поддерживаются FPGA серий XC2000, XC3000, XC4000, XC5200 и X-BLOX, поставляется только в составе Design Lab) Micro Sim FPGA.

Системы Design Lab Design Center имеют графический редактор печатных плат, воспринимающий информацию о соединениях в формате P-CAD. Компоненты принципиальных схем в автоматическом или ручном режиме размещаются на сторонах печатной платы, затем возможна трассировка многослойных соединений, создание командных файлов для изготовления фотошаблонов и для сверлильных станков с ЧПУ. Предусмотрена передача данных в систему AutoCAD для выпуска конструкторской документации.

Широкое распространение в схемотехническом проектировании получили следующие системы:

Система ЮАР (фирма Intusoft), которая отличается возможностью работы с измерительными устройствами.

Система Super-Compact и Micro ware Harmonica (фирма Compact Software), в которой предусмотрено моделирование СВЧ-устройств.

Системы Serenade, Super-Spice, Microware Success, Microware Explorer (фирма Ansoft), обеспечивающие моделирование и оптимизацию СВЧ и оптоэлектронных устройств, в том числе во временной области, систем радиофонии, электромагнитных полей и др. Имеются версии систем, ориентированные на Windows 95 (NT).

Системы Micro CAP, Micro LOG (фирмы Spectrum Software), предназначенные для анализа и моделирования аналоговых и аналого-цифровых устройств (расчет переходных процессов, частотных характеристик, спектральный анализ и др.), а также цифровых устройств на логической основе.

Система Or CAD фирмы Or CAD System Corp, позволяющая решать задачи схемотехнического и конструкторского проектирования. Следует заметить, что в 1998 г. корпорации Or CAD и Micro Sim объединились — это облегчает интеграцию программных продуктов Or CAD и Design Lab.

Система обеспечивает ввод и вывод на печать принципиальных схем, трассировку печатных плат, создание спецификаций, разводение проводников, шин, моделирование цифровых устройств, проектирование ПЛИС и др. Библиотека систем содержит более 2700 изображений компонентов РЭС. Система состоит из программных модулей:

- Or CAD Capture — графический редактор схем;
- Or CAD Capture CIS (Component Information System) — графический редактор схем со средствами ведения баз данных компонентов, при этом через Internet возможен доступ к каталогу компонентов (более 200 000 наименований);

- Or CAD Pspice Optimizer — параметрическая оптимизация и др.
- Версия Or CAD 9.2 функционирует на ПК (процессор Pentium, ОС Windows) с объемом ОЗУ не менее 32 Мб и 250 Мб дискового пространства.

Основным конкурентом системы Or CAD является пакет P-CAD (фирма Personal CAD System), который часто рассматривается как стандарт при выпуске конструкторской и технологической документации. Поэтому списки соединений принципиальных схем, созданных в Or CAD ранних версий, передавались в P-CAD для вывода схем на принтер или плоттер. Пакет имеет открытую архитектуру, он позволяет проектировать печатные платы, имеющие до 500 элементов и 2000 связей.

Широкое применение находит также пакет AutoCAD (фирма AutoDesk), который представляет собой систему автоматизированной разработки чертежей, рисунков, схем в интерактивном режиме. Важным достоинством пакета является возможность работы с трехмерной графикой, позволяющей строить реальные объекты (детали, дома, станки, одежду и др.), наблюдать их в различных ракурсах.

Рынок программных продуктов содержит большое число пакетов для решения разных задач моделирования. При разработке РЭС широкое применение находят следующие пакеты:

Система Microware Office (фирма AWR) обеспечивает решение задач моделирования при проектировании высокочастотных интегральных и монолитных СВЧ-микросхем, антенн, СВЧ согласующих цепей и фильтров, усилителей, смесителей и др. Модули пакета написаны на языке C++ и позволяют интегрировать в себя новые методы моделирования.

Система Genesys (фирма EAGLEWARE) обеспечивает высокоскоростное моделирование радиочастотных цепей и других элементов, по описанию моделирующего устройства позволяет синтезировать его топологию и представлять трехмерную анимационную картину распределения токов по проводникам. Пользовательский интерфейс системы полностью совпадает со стандартным интерфейсом ПО фирмы Microsoft.

К настоящему времени различными фирмами создано большое число программ автоматизированного проектирования в электронике (САПР-Э, или ECAD — Electronic Computer Aided Desing) ECAD, различающихся типами выполняемых проектных процедур и ориентацией на те или иные разновидности радиоэлектронных изделий. Динамичное развитие радиоэлектроники предъявляет все более жесткие требования к САПР по эффективности и разносторонности выполняемых функций.

6.5 Производственный процесс и его организация

Структура и принципы организации производственного процесса

Процесс взаимодействия производственных факторов на предприятии, направленный на превращение исходного сырья (материалов) в готовую продукцию, пригодную к потреблению или к дальнейшей обработке, образует производственный процесс или производство.

Основными элементами производственного процесса являются труд (деятельность людей), предметы и средства труда. Во многих производствах используются природные процессы (биологические, химические). Наиболее крупными частями производственного процесса являются основное, вспомогательное и побочное производства.

К основным относятся те процессы, прямым результатом которых является изготовление продукции, составляющей товарную продукцию данного предприятия, а к вспомогательным — те, в ходе которых создаются полупродукты для основного производства, а также выполняются работы, обеспечивающие нормальное течение основных процессов. Побочное производство охватывает процессы переработки отходов основного производства или их утилизации.

По течению во времени производственные процессы подразделяют на дискретные (прерывные) и непрерывные, вызванные непрерывностью технологического процесса или потребностями общества.

По степени автоматизации выделяют процессы: ручные, механизированные (выполняются рабочими с помощью машин), автоматизированные (выполняются машинами под наблюдением

рабочего) и автоматические (выполняются машинами без участия рабочего по заранее разработанной программе).

Процесс основного, вспомогательного и побочного производства состоит из ряда производственных стадий.

Стадия - это технологически законченная часть производства, характеризующая изменение предмета труда, переходящего из одного качественного состояния в другое.

Производственная стадия делится, в свою очередь, на ряд производственных операций, представляющих собой первичное звено, элементарную, простейшую составную часть процесса труда. Производственная операция выполняется на отдельном рабочем месте, одним или группой рабочих, над одним и тем же предметом труда, с помощью одних и тех же средств труда.

По назначению производственные операции делят на:

- технологические (основные), в результате которых вносятся качественные изменения в предметы труда, его состояние, внешний вид, форму и свойства;
- транспортные, изменяющие положение предмета труда в пространстве и создающие условия для поточного производства;
- обслуживающие, обеспечивающие нормальные условия для работы машин (их чистка, смазка, уборка рабочего места);
- контрольные, способствующие правильному выполнению технологических операций, соблюдению заданных режимов (контроль и регулирование процесса).

Для нормальной организации производственного процесса необходимо соблюдать следующие принципы:

- 1) принцип специализации - это закрепление за каждым цехом, производственным участком, рабочим местом, технологически однородной группы работ или строго определенной номенклатуры изделий;
- 2) принцип непрерывности процесса означает обеспечение движения предмета труда с одного рабочего места на другое без задержек и остановок;
- 3) принцип пропорциональности подразумевает согласованность в продолжительности и производительности всех взаимосвязанных подразделений производства;
- 4) принцип параллельности предусматривает одновременное выполнение отдельных операций и процессов;
- 5) принцип прямоточности означает, что предметы труда в процессе обработки должны иметь кратчайшие маршруты по всем стадиям и операциям производственного процесса;
- 6) принцип ритмичности состоит в регулярности и устойчивости хода всего процесса, что обеспечивает производство одинакового или равномерно увеличивающегося количества продукции за равные промежутки времени;
- 7) принцип гибкости требует быстрой адаптации производственного процесса к изменению организационно-технических условий, связанных с переходом на изготовление новой продукции и др.

Организационные типы производства

Постоянство видов выпускаемой продукции, а также постоянство структуры производственного процесса определяют типы производства: единичное, серийное и массовое.

Единичное производство характеризуется наиболее резко выраженным непостоянством структуры рабочего процесса, так как при этом типе производства каждое последующее изделие создает новый технологический процесс, отличающийся от прежнего по составу операций, по их продолжительности и последовательности, в которой они выполняются. К данному типу производства можно отнести изготовление нестандартного оборудования.

Отличительными особенностями единичного типа производства являются:

- многономенклатурность выпускаемой продукции;
- преобладание технологической специализации рабочих мест, участков, цехов;
- отсутствие постоянного закрепления за рабочими местами определенных изделий;
- использование универсального оборудования и размещение его по однотипным группам;
- наличие высококвалифицированных рабочих-универсалов;

- большой объем ручных операций;
- большая длительность производственного цикла и др.

Серийное производство характеризуется постоянством структуры рабочего процесса в период выпуска одной партии (серии) одинаковых изделий. Структура процесса изменяется по составу операций, их продолжительности и последовательности выполнения в связи с переходом на изготовление серии нового вида продукции. Например, консервное производство.

В зависимости от продолжительности периода выпуска одной серии и размера партии различают мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное производства.

Для серийного типа производства характерна относительно большая номенклатура изделий, однако значительно меньшая, чем при единичном типе производства.

Основные особенности организации серийного производства:

- специализация рабочих мест по выполнению нескольких закрепленных операций;
- использование универсального и специального оборудования;
- незначительный объем ручных операций;
- наличие рабочих средней квалификации;
- незначительная длительность производственного цикла и др.

Массовое производство характеризуется наиболее резко выраженным постоянством структуры рабочего процесса, повторением одних и тех же операций на каждом рабочем месте в связи с изготовлением одного и того же вида изделия. К данному типу производства можно отнести машиностроение. Для массового производства характерны:

- ограниченная номенклатура изделий;
- предметная специализация рабочих мест;
- использование специального и специализированного оборудования;
- возможность механизации и автоматизации производственных процессов;
- наличие рабочих невысокой квалификации;
- минимальная длительность производственного цикла.

Важной количественной характеристикой типа производства является уровень специализации рабочих мест, исчисляемый с помощью коэффициента закрепления операций, который определяется как среднее количество операций, приходящихся на одно рабочее место за месяц:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum_{i=1}^n m}{K_M}$$

где n - количество предметов, обрабатываемых данной группой рабочих мест;

m - количество операций, приходящихся на i -тый предмет;

K_M - количество рабочих мест.

Нормативный коэффициент закрепления рабочих мест для массового производства составляет от 1 до 3, для крупносерийного - 4-10, среднесерийного - 11-20, мелкосерийного - более 20, единичного - более 40.

Отдельно выделяют исследовательское производство, в котором изготавливаются образцы или партии изделий для проведения исследовательских работ.

Производственный цикл

Время от начала производственного процесса до выхода готовой продукции определяется как производственный цикл.

Производственный цикл состоит из времени производства и времени перерывов.

Время производства включает продолжительность технологических операций (или природных, естественных процессов) и продолжительность вспомогательных операций (технологического обслуживания производства).

Продолжительность технологических операций - это время, в течение которого происходят механические, химические, физические и другие воздействия на предметы труда, в результате чего осуществляется изменение форм, размеров, физико-химических свойств предметов труда. Про-

должительность вспомогательных операций - это время, затрачиваемое на межцеховые и внутрицеховые перемещения предметов труда, контроль, упаковывание, маркирование и т.п.

Перерывы в работе подразделяют на регламентированные и нерегламентированные.

Регламентированные перерывы входят в состав каждого цикла, если они вызваны ожиданием накопления партии изделий для передачи ее на следующую технологическую операцию или временной остановкой в работе из-за разной продолжительности смежных технологических операций.

Нерегламентированные перерывы связаны с простоем оборудования и рабочих по непредусмотренным режимом работы организационно-техническим причинам (задержка сырья, материалов, поломка оборудования) и поэтому в производственный цикл включаются в виде поправочного коэффициента или вообще не учитываются.

Основной составляющей производственного цикла является продолжительность технологических операций, которая составляет технологический цикл ($T_{\text{ц}}$):

$$T_{\text{ц}} = n \frac{t}{K_{\text{м}}}$$

где n - количество предметов в партии;

t - продолжительность обработки одного предмета;

$K_{\text{м}}$ - количество рабочих мест, на которых выполняется эта операция.

Предметы труда в процессе производства могут перемещаться последовательно, параллельно и параллельно-последовательно. Длительность цикла наименьшая при параллельном движении предметов труда, наибольшая - при последовательном.

Длительность и состав производственного цикла рассчитывают аналитическим, графическим или графоаналитическим способами. Для этого необходимо знать составные части, на которые расчленяется процесс производства продукции, последовательность, способ выполнения и нормативы его продолжительности, вид движения предмета труда.

6.6 Методы организации производства

Существует два метода организации производства: поточное и непоточное производство. Непоточное производство используется преимущественно в единичном и серийном производстве. Его признаки: рабочие места размещаются однотипными технологическими группами без связи с последовательностью выполнения операций, на них обрабатываются разные по конструкции и технологии изготовления предметы труда, которые перемещаются в процессе обработки сложными маршрутами, создавая большие перерывы между операциями.

В условиях единичного производства непоточный метод осуществляется в форме единично-технологического (обрабатываемые предметы труда не повторяются).

В серийном производстве непоточный метод принимает две формы:

- 1) партионно-технологический метод (предметы труда проходят обработку партиями, которые периодически повторяются);
- 2) предметно-групповой метод (вся совокупность предметов труда разделяется на технологически подобные группы).

Количество оборудования (N) в непоточном производстве исчисляется для каждой технологически однотипной группы станков:

$$N = \frac{n \cdot t}{T \cdot K_{\text{в.н.}}}$$

где n - количество предметов труда, обрабатываемых на данном оборудовании;

t - норма времени на обработку предметов труда;

T - плановый фонд времени работы единицы оборудования за год;

$K_{\text{в.н.}}$ - коэффициент выполнения норм времени.

Поточное производство обеспечивает строго согласованное выполнение всех операций технологического процесса во времени и пространстве, оно характеризуется следующими основными признаками:

- специализацией каждого рабочего места на выполнении определенной операции;
- согласованным и ритмичным выполнением всех операций на основе единого расчетного темпа работы;
- размещением рабочих мест в строгом соответствии с последовательностью технологического процесса;
- передачей обрабатываемого материала или изделий с операции на операцию с минимальными перерывами с помощью транспортера (конвейера).

Основным структурным звеном поточного производства является поточная линия - ряд взаимосвязанных рабочих мест, расположенных в порядке последовательности выполнения технологического процесса и объединенный общей для всех нормой производительности (ее определяет ведущая машина потока).

Поточный метод характерен для массового и крупносерийного производства.

Производственные потоки можно классифицировать по ряду признаков:

- по числу линий - на однолинейные и многолинейные;
- по степени охвата производства - на участковые и сквозные;
- по способу поддержания ритма - со свободным и регламентированным ритмами;
- по степени специализации - многопредметные и однопредметные;
- по степени непрерывности процесса - прерывные и непрерывные.

Для поточной линии рассчитываются основные ее параметры:

1) такт (ритм) поточной линии (r) - промежуток времени между выпуском двух, следующих одно за другим готовых изделий или партий готовых изделий:

$$r = \frac{T}{P}$$

где T - плановый фонд времени работы линии за расчетный период, мин.;

P - объем производства продукции за тот же период в натуральном измерении.

При ритмичном производстве за определенный промежуток времени вырабатывается одно и то же равное количество продукта.

2) количество рабочих мест (N) исчисляется по каждой операции:

$$N = \frac{t_{\text{ц}}}{r}$$

где $t_{\text{ц}}$ - длительность рабочего цикла.

Производственный поток проектируется на основе объемов производства, фонда рабочего времени, такта (ритма) поточной линии, числа рабочих мест на конвейере и длины рабочей части конвейера.

А теперь, получив некоторое представление об особенностях организации производственного процесса рассмотрим реальный пример, в котором демонстрируется искусство ПОНИМАНИЯ как надо организовывать производство. Надо признать, что полная и объективная оценка эффективности организации производственного цикла должна проводиться на основе расчетов, в том числе и тех формул которые рассмотрены выше.

Положим, что в самом общем представлении нам известны понятия - термины:

iPod («айпод») — торговая марка серии портативных медиа проигрывателей компании Apple, в качестве носителя данных использующих флеш-память или, в ряде моделей, жёсткий диск (самый известный — iPod classic).

iPhone — линейка четырёхдиапазонных мультимедийных смартфонов, разработанная корпорацией Apple. Смартфоны совмещают в себе функциональность плеера iPod, коммуникатора и интернет-планшета. Работают под управлением операционной системы Apple iOS, представляющей собой упрощённую и оптимизированную для функционирования на мобильном устройстве версию Mac OS X.

На основании этих простых понятий рассмотрим проблему организации производственного процесса вне территории разработчика, а именно США. Зная конечный ответ для этой задачи который указывает на территорию Китая, зададимся вопросом, в какой мере можно предугадать успех создания именно там производства дивайсов, так широко востребованных во всем мире?

Посмотрим на заднюю панель своего айфона, айпада или макбука. Вы увидите слова «Designed by Apple in California. Assembled in China.» Многие американцы, включая самого президента, задавались вопросом, почему Apple вынесла практически все свои производственные мощности за границу. В прошлом году на званом обеде с участием президента и управляющих важнейшими технологическими компаниями США, Обама прямо спросил Джобса, чего будет стоить вернуть рабочие места в Штаты. По словам Джобса, не существует никаких возможностей для этого.

Почему не существует? Почему айфоны, айпады и все прочие магические гаджеты компании Apple не могут быть произведены в США? И вообще, почему американские компании по производству бытовой электроники и компьютеров не могут собирать больше своих товаров в родной стране, создавая новые рабочие места и помогая экономике в борьбе с кризисом?

Газета New York Times задалась этим вопросом и, проведя очень серьезное исследование, включавшее разговоры с бывшими и нынешними управленцами из Apple, получила простой и пугающий ответ: айфоны не делают в Америке потому, что в Америке их сделать невозможно. Необходимая для такого производства инфраструктура отсутствует. И рабочих в таком количестве нет.

На китайском заводе, где производится конечная сборка большинства айфонов, работает 230 тысяч человек. Я спросил у Siri, сколько в США городов с населением больше этого числа. Таких городов всего 83. Причем население не равно количеству работоспособных людей. В среднем, работоспособное население составляет 65 процентов от общего числа жителей. Получается, что только в 50 городах страны есть достаточное количество работоспособного населения. При этом даже в Нью-Йорке, самом крупном американском городе, 230 тысяч человек составляют 3% от общего числа жителей. Вы можете себе представить, что трое из ста жителей Нью-Йорка ежедневно сидят у конвейера и собирают айфоны?

За последние пару лет мы слышали достаточно о проблемах с условиями работы на заводах Foxconn. Эта китайская компания отвечает за сборку бытовой электроники для большинства крупных компаний, включая Apple. Примерно четверть из этих 230 тысяч живут в заводских общежитиях или бараках на территории завода. То есть почти 60 тысяч человек живут и работают на заводе. Многие люди из «Foxconn City» работают 6 дней в неделю, 12 часов в день и зарабатывают меньше 17 долларов в день. Возможно, такие условия кажутся бесчеловечными с точки зрения американских стандартов, но рабочие места на заводе пользуются большой популярностью. Настолько большой, что Дженнифер Ригони (Jennifer Rigoni), бывший менеджер по снабжению компании Apple, сказала в интервью газете New York Times, что Foxconn «может нанять 3 000 человек в день».

Это всего лишь пара примеров того, как масштабируемость, скорость и эффективность китайских производств превосходит все, на что способны производства в Штатах на данный момент. Но в отчете газеты есть и другие убийственные моменты. Разумеется, 200 тысяч рабочих, сидящих у конвейера и вставляющих деталь А в разъем В, можно считать неквалифицированной рабочей силой. Но на заводе есть еще и 8 700 инженеров, которые контролируют процесс. Этих людей нельзя считать неквалифицированными. При этом, согласно журналистам из Times, для того, чтобы найти и нанять столько квалифицированных инженеров в Штатах, потребуется девять месяцев. Китайцы наняли столько инженеров за 15 дней.

Помимо примечательного исключения в виде процессора А5 (производится в Техасе — прим. переводчика), большинство комплектующих для айфонов также производится за рубежом. Многие комплектующие производятся недалеко от места сборки конечной продукции. Если доставлять эти комплектующие для сборки на заводах в Штатах, то появятся дополнительные расходы. И, что еще хуже для Apple, дополнительные задержки.

Традиционно защитники вынесения производств за границу приводят аргументы так или иначе связанные с ценой. «Сделать это в Америке выйдет дороже» — говорят они. «Вам придется платить более высокие зарплаты, давать бонусы, оплачивать страховку, выплачивать более высокие

налоги». Так как компании работают ради прибыли, то увеличившаяся себестоимость обязательно отразится на цене для покупателей.

Преувеличивая, многие даже говорили о том, что айфон, собранный в Штатах, будет стоить тысячи долларов. Выясняется, что это не так. Согласно исследованию New York Times, дополнительные расходы на выплату зарплат американцам добавят к цене айфона 65 долларов. И все остальные дополнительные расходы в сумме, скорее всего, не приведут к тому, что 16-ти гигабайтный iPhone 4S будет стоить больше тысячи долларов без контракта. Но даже не цена является главной причиной того, почему Apple вынесла производство в Китай. Основная причина в том, что компании нужны заводы, на которых можно быстро произвести как можно больше айфонов. При этом требуется гибкость и быстрая адаптация к требованиям Apple. По словам одного из нынешних менеджеров Apple: «США перестали производить людей с необходимыми нам навыками».

Газета Times приводит говорящий пример из ранней истории айфонов. Все случилось еще до появления айфонов на рынке. Сейчас тяжело в это поверить, но изначально экраны айфонов планировалась делать из пластика. Такого же, как у айподов, продававшихся в то время. В середине 2007 года, чуть больше чем за месяц до первого появления айфонов в магазинах, Джобс вдруг понял всю глупость такого решения. Джобс носил прототип айфона в кармане джинсов, и экран этого прототипа к тому времени покрылся десятками царапин. «Я не буду продавать товар, который так царапается. Я хочу стеклянный экран, и я хочу, чтобы все было сделано идеально за 6 недель».

Любой, кто знает как работал Джобс, поймет, что Стив не блефовал. Если товар не будет соответствовать его стандартам, то продавать его не будут. Без вариантов. Шесть месяцев ожидания появления первого айфона на прилавках подогрели интерес до безумного уровня, так что в Apple знали, что им придется штамповать айфоны как можно быстрее. И изменения в требованиях к одному из важнейших компонентов, внесенные в последний момент, означали объявление такого аврала, который просто невозможен на американских производствах. Apple стала бы посмешищем на все время задержки. Но, то, на что в Штатах потребовалось бы несколько месяцев, в Китае заняло 6 недель. Apple договорилась с Corning о поставках устойчивого к царапинам стекла, а китайские заводы смогли мгновенно интегрировать это стекло в существующий дизайн айфона. Apple является американской компанией, пожинаяющей беспрецедентный финансовый успех. Поэтому многие американцы сокрушаются по поводу того, что стране мало что достается от этого успеха. Apple дает работу 43 тысячам человек в США. Это меньше чем пятая часть от наемных рабочих, собирающих айфоны на одном китайском заводе. Кто-то может сказать, что Apple добилась успеха в чем-то за счет американских рабочих (потому что сэкономила на них — прим. переводчика). Но если верить отчету New York Times, то получается, что такой рабочей силы, какая нужна Apple, в Штатах никогда и не было.

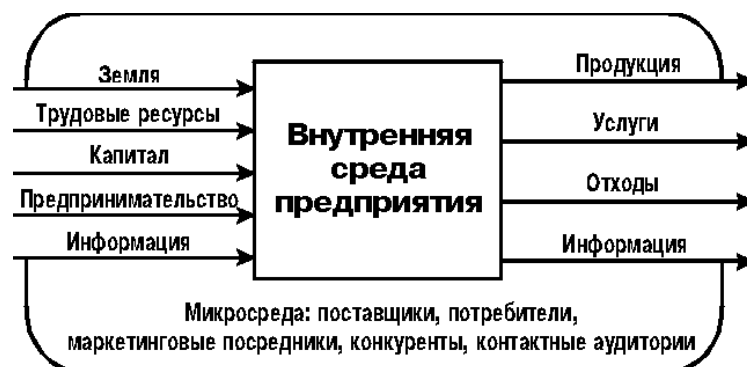
Развитие этой темы естественным образом формирует представление о важности внешней среды предприятия. Можно сказать, что именно эта внешняя среда формирует особенный уклад развития событий и создает предпосылки внешних наблюдателей выделить именно эту среду, обладающую некоторыми характерными признаками. Рассмотрим эти признаки внешней среды.

Для предприятия в условиях рыночной экономики важны среды:

-Внешняя среда предприятия

-Общая характеристика внешней среды предприятия

Предприятие - это которая может при условии активизации с окружающей



Макросреда: природная, демографическая, научно-техническая, экономическая, экологическая, политическая и международная

ристика внешней среды

открытая система, существовать лишь тивного взаимодействия (внешней) средой.

Рисунок 6.7 Понятие сред проектирования

Внешняя среда - это совокупность активных хозяйствующих субъектов, экономических, общественных и природных условий, национальных и межгосударственных институциональных структур и других внешних условий и факторов, действующих в окружении предприятия и влияющих на различные сферы его деятельности.

Внешнюю среду подразделяют на:

- микросреду - среду прямого влияния на предприятие, которую создают поставщики материально-технических ресурсов, потребители продукции (услуг) предприятия, торговые и маркетинговые посредники, конкуренты, государственные органы, финансово-кредитные учреждения, страховые компании и др. контактные аудитории.
- макросреду, влияющую на предприятие и его микросреду. Она включает природную, демографическую, научно-техническую, экономическую, экологическую, политическую и международную среду.

Предприятие должно ограничивать негативные воздействия внешних факторов, наиболее существенно влияющих на результаты его деятельности или, наоборот более полно использовать благоприятные возможности.

Микро- и макросреда хозяйствования, определяющие факторы.

Микросреда представлена силами, имеющими непосредственное отношение к предприятию и его предпринимательским возможностям, т.е. поставщиками, клиентами, маркетинговыми посредниками, конкурентами и контактными аудиториями.

Поставщики - это разные субъекты хозяйствования, обеспечивающие предприятие материально-техническими и энергетическими ресурсами, необходимыми для производства конкретных товаров или услуг.

Основными клиентами предприятий являются потребители продукции (услуг) на разных клиентурных рынках:

- потребительском (население, приобретающее товары и услуги для личного потребления);
- производителей (организации, приобретающие продукцию производственно-технического назначения);
- промежуточных продавцов, приобретающих товары и услуги для последующей их перепродажи с прибылью для себя;
- государственных учреждений (оптовые покупатели продукции для государственных нужд);
- международном (зарубежные покупатели на ранее перечисленных типах клиентурных рынков).

Маркетинговые посредники - это фирмы, помогающие предприятию в продвижении, сбыте и распространении его товаров среди клиентов. К ним относятся торговые посредники, фирмы - специалисты по организации товародвижения, агентства по оказанию маркетинговых услуг и кредитно-финансовые учреждения.

Конкуренты - соперники предприятия в борьбе за более выгодные условия производства и сбыта товаров, за получение наивысшей прибыли.

Предприятиям для производства конкурентоспособной продукции необходимо постоянно изучать своих конкурентов, разрабатывать и соблюдать определенную рыночную стратегию и тактику.

Контактные аудитории - это организации, проявляющие реальный или потенциальный интерес к предприятию или оказывающие влияние на его способность достигать поставленных целей. Это финансовые круги (банки, инвестиционные компании, фондовая биржа, акционеры), средства информации, различные государственные учреждения представительской и исполнительной власти, население и граждане группы действий (общественные организации).

В макросреде предприятия действует значительно большее количество факторов, чем в микросреде. Им свойственна многовариантность, неопределенность и непредсказуемость последствий.

Природные факторы. Для природной среды характерны: дефицит некоторых видов сырья, вздорожание энергии и усиление вмешательства государства в процесс рационального использования и воспроизводства природных ресурсов.

Научно-технические факторы. Научно-технический прогресс играет определяющую роль в развитии и интенсификации промышленного производства. Он охватывает все звенья процесса, включающего фундаментальные, теоретические исследования, прикладные изыскания, конструкторско-технологические разработки, создание образцов новой техники, ее освоение и промышленное производство, а также внедрение новой техники в народное хозяйство. Происходит обновление материально-технической базы промышленных предприятий, растет производительность труда повышается эффективность производства.

Экономические факторы. К основным факторам этой среды принадлежат: рост и спад промышленного производства, уровень и темпы инфляции.

Экологические факторы. Для этой среды характерны: рост загрязнения окружающей среды и усиление вмешательства в процесс рационального использования и воспроизводства природных ресурсов, ужесточение государственного контроля за доброкачественностью и безопасностью товаров.

Политические факторы. На производственной и социальной деятельности предприятия определенно сказываются события, происходящие в политической среде. Для нее характерны: законодательное регулирование предпринимательской деятельности, повышение требований со стороны государственных учреждений, следящих за соблюдением законов.

Международные факторы, к которым можно отнести интернационализацию мировой экономики, изменение стоимости доллара на мировом рынке, рост экономической мощи отдельных государств, становление международной финансовой системы, открытие новых крупных рынков и др., оказывают влияние на предприятия, осуществляющие внешнеэкономическую деятельность.

Приложения

Основные термины и определения

Система — множество взаимосвязанных элементов, каждый из которых связан прямо или косвенно с каждым другим элементом, при этом два любых подмножества не могут быть независимыми, не нарушая целостность, единство системы.

Информация (в широком смысле) — сведения об объекте, которые получены в результате взаимодействия с ним. Информация передается с помощью сигналов, отображающих характеристики объекта.

Информационная среда — системно организованная совокупность средств передачи данных, информационных ресурсов, протоколов взаимодействия, аппаратно-программного и организационно-методического обеспечения, ориентированная на удовлетворение потребностей пользователей в информационных услугах и ресурсах.

Измерительная информационная система — совокупность функционально объединенных измерительных, вычислительных и других вспомогательных технических средств для получения измерительной информации, ее преобразования, обработки в целях представления потребителю (в том числе ввода в АСУ) в требуемом виде либо автоматического осуществления логических функций измерения, контроля, диагностирования, идентификации (распознавания образцов).

Вход — часть ИИС или входящего в него устройства, блока, звена, на которую непосредственно подается воздействие извне (по отношению к данному устройству, блоку, звену).

Выход — часть ИИС или входящего в него устройства, блока, звена, которая в соответствии с алгоритмом функционирования непосредственно воздействует вовне.

Сигнал — обусловленное (заранее договоренное) состояние или изменение состояния представляющего параметра, отображающее информацию, которая содержится в воздействии. Примечания и е. Обычно сигнал выражается некоторой математической функцией, однозначно отображающей изменения во времени представляющего параметра.

Непрерывный сигнал — сигнал, описываемый непрерывной функцией времени.

Дискретный сигнал — сигнал, описываемый дискретной функцией времени.

Комплекс технических средств — совокупность вычислительных и управляющих устройств, средств преобразования, отображения и регистрации сигналов, устройств передачи и обработки сигналов и данных, исполнительных устройств, достаточная для выполнения всех функций измерительной информационной системы.

Техническое обеспечение — комплекс технических средств, предназначенных для обеспечения работы измерительной информационной системы.

Информационное обеспечение — совокупность системы классификации и кодирования технологической и технико-экономической информации, сигналов, характеризующих состояние объекта, массивов данных и документов, необходимых для выполнения всех функций измерительной информационной системы.

Математическое обеспечение — совокупность методов, математических моделей и алгоритмов, необходимых для выполнения функций ИИС, представляемых в заданной форме.

Программное обеспечение — совокупность программ, обеспечивающая реализацию функций системы измерений и контроля процессом или измерительным экспериментом, заданное функционирование комплекса технических средств ИИС и предполагаемое развитие системы.

Общее программное обеспечение — часть программного обеспечения ИИС технологического процесса, представляющая собой совокупность программ и поставляемая в комплекте со средствами вычислительной техники. Примечание. К общему программному обеспечению относятся программы для автоматизации разработки программ, компоновки программного обеспечения, организации функционирования вычислительного комплекса и другие служебные и стандартные программы.

Специальное программное обеспечение — часть программного обеспечения, представляющая собой совокупность программ, разрабатываемая при создании системы и включающая в себя программы реализации ее функций. Примечание. Специальное программное обеспечение ИИС разрабатывается на базе и с использованием программ общего программного обеспечения.

Организационное обеспечение — совокупность описаний функциональной, технической и организационной структур, инструкций и регламентов для оперативного персонала, обеспечивающая заданное функционирование.

Совместимость ИИС — возможность взаимосвязанного функционирования ИИС разных уровней и различного функционального назначения.

Надежность ИИС — способность ИИС выполнять функции, сохраняя эксплуатационные показатели в установленных пределах в течение заданного интервала времени при заданных условиях эксплуатации. Примечание. Надежность ИИС характеризуется показателями безотказности, ремонтопригодности и долговечности.

Устройство связи с объектом — совокупность устройств получения и преобразования сигналов измерения и контроля, коммутации каналов передачи сигналов и исполнительных устройств.

Измерительная система — ИИС, предназначенная для функций измерения и хранения информации. Измерительная система устанавливает соответствие между измеряемой величиной и мерой. Под мерой понимают средство измерений, предназначенное для воспроизведения физической величины заданного размера. Например, мерой является резистор, воспроизводящий сопротивление определенного размера с известной погрешностью.

Измерение — нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств.

Измерение физической величины (краткие формы: измерение величины, измерение) — совокупность операций по применению технического средства, хранящего единицу физической величины, обеспечивающих нахождение соотношения (в явном или не явном виде) измеряемой величины с ее единицей измерения и получение значения этой величины.

Физическая величина (кратко — величина) — одно из свойств физического объекта (физической системы, явления или процесса), общее в качественном отношении для многих физических объектов, а в количественном отношении индивидуальное для каждого из них.

Мера — размер единицы, воспроизводимой первичным эталоном и хранимый рабочими средствами измерений.

Система автоматического контроля — система, устанавливающая соответствие между состоянием объекта контроля и заданными нормами.

Система технической диагностики — системы автоконтроля, в которых не только устанавливается факт работоспособности, но и определяется место нахождения отказа и осуществляется локализация неисправностей. Это достигается специальными методами и способами поиска неисправностей, реализующимися алгоритмами диагностики.

Алгоритм диагностики — совокупность предписаний, ведущих к правильному выполнению технического процесса в каком либо устройстве или совокупности устройств (системе).

Система распознавания образов — система для автоматического распознавания печатных, рукописных или сфотографированных знаков, текстов, рисунков и схем, распознавания звуков и речи, в том числе команд, передаваемых голосом, выявления некоторых ситуаций в сложных технических комплексах, таких как критическое или аварийное состояние и т. д.

Система телеизмерения — совокупность технических средств на приемных и передающих сторонах и каналах связи для автоматического измерения одного или ряда параметров на расстоянии.

Канал связи — совокупность линий связи и технических устройств на передающей и приемной частях системы.

Виртуальный информационно измерительный прибор или система — компьютер, оснащенный набором аппаратных и программных средств, выполняющий функции информационно измерительного прибора или системы и максимально приближенный к решению задачи.

Интеллектуальные измерительные системы — системы, выполняющие в реальном масштабе времени функции измерения и контроля одновременно множества экспериментальных величин.

Математическое ожидание — среднее арифметическое наблюдаемых значений случайной величины.

Дисперсия — величина, характеризующая степень рассеивания случайных точек вокруг точки, соответствующей математическому ожиданию.

Среднее квадратическое отклонение (стандарт) — корень квадратный из дисперсии.

Корреляционная функция случайной функции $x(t)$ — неслучайная функция $K_x(t_1, t_2)$ двух независимых аргументов t_1 и t_2 , значение которой при каждой паре фиксированных значений аргументов равно корреляционному моменту сечений, соответствующих этим же фиксированным значениям аргументов.

Спектральная плотность $S_x(\omega)$ — функция, описывающая распределение дисперсии стационарной случайной функции по непрерывно изменяющейся частоте.

Заключение

Рассматривая экспертные системы как естественный шаг в направлении развития наших представлений о возможности конструирования автоматизированных систем, способных самостоятельно выбирать из базы знаний оптимальные варианты решения поставленной задачи, необходимо признать многоплановость этого направления развития событий. И все же, как показывает современная практика, непроходящий на протяжении длительного периода к этой теме, показывает необходимость коррекции общей парадигмы о искусственном интеллекте, экспертных способностях компьютеров и вообще технических систем обладающих программными средами конструирования решений.

Выделение этих аспектов позволяет говорить о новых устремлениях человека в задачах автоматизации различных производственных процессов и производственных циклов в целом. Чем большее влияние на производственный цикл оказывает компьютерная технология, в общем смысле понимания, тем сложнее человеку проконтролировать элементарные машинные процедуры построения логического вывода – построения суждения. С этой точки зрения знания особенностей построения современных экспертных систем должно вырабатывать новый стиль мышления у человека, который основывается на воспроизведении только реперных точек создания итогового конструктивного решения. Сверка точности созданного проектного решения и запланированного может проводиться только с участием компьютера и в этом случае, реперные точки, как индикаторы «разумности» принимаемых элементарных решений, могут служить убедительным показателем как надежности так и эффективности рекомендуемого компьютером решения.