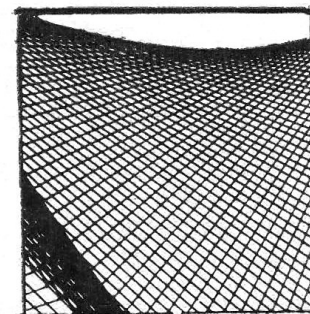


Г. А. ВАГАНЯН

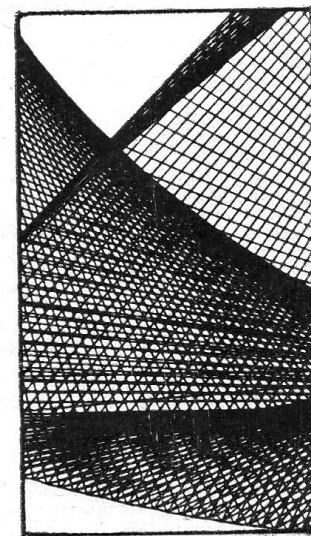
# МАШИННАЯ ГРАФИКА В УПРАВЛЕНИИ



Г. А. ВАГАНЯН



# МАШИННАЯ ГРАФИКА В УПРАВЛЕНИИ



ИЗДАТЕЛЬСТВО «АИАСТАН»  
ЕРЕВАН — 1985

*Рекомендовано к изданию секцией «Системотехника строительства» Научного Совета по комплексной проблеме «Кибернетика» АН СССР.*

Рецензент — ГУСАКОВ А. А., доктор технических наук,  
профессор.

Редактор — ЛЬВОВ В. А., кандидат технических наук.

**Ваганян Г. А.**

В 124 Машинная графика в управлении. /Ред. Львов В. А. — Ер.: Айтастан, 1985. — 176 с.

В книге изложены основы интерактивной графической обработки информации в управлении, обсуждаются опыт и перспективы использования средств машинной графики в различных областях науки и техники. Приводятся рекомендации, методы, модели и алгоритмы, полезные при создании автоматизированных систем для решения различных управленческих задач.

Расчитана на специалистов, работающих в области автоматизации управления, планирования и проектирования, а также на управленческих и плановых работников, руководителей и организаторов производства.

1502010000  
В 701(01)—85 92—85

ББК 32.81

## ПРЕДИСЛОВИЕ

**М**ашинная графика — сравнительно новая область применения вычислительной техники для решения таких задач, в которых результат наиболее наглядно представляется в графической форме. Методы машинной графики, появившиеся в середине 60-х годов вначале для решения чисто геометрических, а затем конструкторских задач, в дальнейшем стали применяться в процессе решения самых разнообразных задач в различных прикладных областях.

Использование средств машинной графики особенно эффективно в тех случаях, когда объем представляемой информации большой, а для правильного восприятия необходим ее целостный охват. Это относится ко многим ситуациям обработки и представления управленческой информации.

Большинство изданных за последнее время книг, рассматривающих применение компьютеров в системах управления, почти не затрагивало вопросов представления результатов расчетов в графической форме.

Предлагаемая читателю книга является попыткой дать систематическое изложение проблем автоматизированной обработки графической информации в управлении. В ней описан отечественный и зарубежный опыт применения машинной графики в системах управления, а также дана краткая характеристика применяемых технических средств.

Подробно рассматривается ряд вопросов методологии графического моделирования в задачах управления — эти методы могут помочь при разработке практических систем использования компьютеров в управлении для повышения эффективности и качества управленческого труда, активизации человеческого фактора. Значительное внимание уделяется проблемам создания диалоговых (интерактивных) графических систем и режимов работы для решения оптимизационных многокритериальных и других задач.

## ВВЕДЕНИЕ

Приводятся многочисленные примеры графических изображений, полученных в результате работы компьютера и вычерченных автоматически графопостроителем. Эти примеры убеждают в возможности реального использования компьютера для решения многих управленческих задач и могут служить прообразом для поиска новых конкретных задач, возникающих у потенциального пользователя подобных систем. С этой точки зрения представляет практический интерес альбом форм чертежей, которые могут быть получены в компьютерной системе, оснащенной графическими внешними устройствами, и использованы в системах управления для представления информации в компактном виде.

В книге изложены основные результаты исследовательских и проектно-экспериментальных работ, которые автор получил как участник и руководитель научного коллектива в Центральном научно-исследовательском и проектно-экспериментальном институте автоматизированных систем в строительстве — ЦНИПИАСС Госстроя СССР (1977—1981 гг.), в Центральном научно-исследовательском и проектно-экспериментальном институте по методологии, организации, экономике, автоматизации проектирования и инженерных изысканий — ЦНИИпроект Госстроя СССР (1981—1982 гг.), в Ереванском научно-исследовательском и проектно-исследовательском институте автоматизированных систем управления городом — ЕрНИПИ АСУГ исполкома Ергорсовета (1982—1983 гг.).

Предлагаемая книга рассчитана на использование самым широким кругом управленческих и плановых работников, а также специалистами по автоматизации управления, планирования и обработки документации, не обязательно обладающими обширными знаниями в области вычислительной техники и программирования. Автор выражает надежду, что данная монография будет полезной специалистам различной квалификации и будет способствовать внедрению достижений машинной графики в практику использования компьютеров управленческим аппаратом самого различного уровня.

В заключение автор пользуется случаем выразить благодарность ученым, коллегам и сотрудникам, способствовавшим практической реализации излагаемых в книге идей.

Глубокую признательность автор выражает доктору технических наук профессору А. А. Гусакову за рецензирование, а также кандидату технических наук В. А. Львову за редактирование рукописи.

**В** «Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года» указывается, что в современных условиях необходимо повышать качество и эффективность управленческого труда, активнее расширять рациональные приемы работы, развивать автоматизированные системы планирования, учета, управления (АСУ), позднее использовать вычислительную технику.

На апрельском (1985 г.) Пленуме ЦК КПСС определена четкая программа действий по всемерной интенсификации экономического развития страны. При этом первоочередное внимание уделено ускорению развития вычислительной техники, приборостроения и электроники как катализаторов научно-технического прогресса.

Подчеркивалось также, что сравнительно быструю отдачу можно получить, если активизировать человеческий фактор.

Более высокие требования предъявляются к управлению и планированию, которые должны стать активными рычагами интенсификации производства, осуществления прогрессивных хозяйственных решений.

В докладе Генерального секретаря ЦК КПСС М. С. Горбачева отмечалось: «Нужны революционные сдвиги — переход к принципиально новым технологическим системам, к технике последних поколений, дающим наивысшую эффективность».

Управление на уровне планирующих, контролирующих, исполнительных и распорядительных органов основано на огромном количестве различных форм, цифр, выборок и статистических сводок, которые планово-управленческие работники, организаторы и руководители должны просмотреть, сравнить и проанализировать, чтобы принять то или иное решение. В результате эти данные даже в условиях АСУ (полученные с помощью ЭВМ) часто под-

ностью и глубоко не усваиваются и не выполняют своего назначения — облегчать процесс подготовки и принятия решения.

Поскольку физиологические возможности человека по представлению, обработке и преобразованию информации ограничены, а темпы роста сложности задач управления (особенно в эпоху НТР) непрерывно возрастают, на повестку дня выдвигается проблема упрощения обмена информацией между человеком и машиной. Для решения этой проблемы необходимы средства, освобождающие людей от рутинной деятельности, позволяющие им выполнять более творческие работы, повышающие производительность их труда.

Одним из таких средств является машинная графика — новая область исследований, предметом которой стали ввод, представление, обработка и преобразование графической информации.

Как известно, графические методы и модели нашли широкое применение в задачах управления. Это объясняется тем, что диаграммы, графики (графические изображения) придают различным данным привлекательную, сжатую, выразительную и понятную форму. Однако их формирование традиционным способом (с помощью карандаша, линейки и резинки) особенно в условиях безбумажной технологии сопряжено с определенными трудностями. Вычерчивание сетевых, линейных и других форм графиков (графической документации) представляет довольно трудоемкую работу, выполнять которую зачастую могут только высококвалифицированные работники.

Автоматизация обработки графической информации с помощью методов и средств машинной графики открывает новые возможности решения задач управления:

- непосредственное активное привлечение руководителей и организаторов производства к работе с прикладной программой;

- интерактивное построение модели и экспериментирование с ней, при этом графический ввод и корректировка информации осуществляются намного проще и вероятность ошибок ниже, чем при работе традиционными методами (клавиатура, перфокарты и др.);

- наглядно-изобразительное представление промежуточных и конечных результатов решений облегчает и ускоряет их интерпретирование;

- автоматизированное формирование графической документации.

Методы машинной графики позволяют извлечь из массы разнообразных сведений основное и представить человеку наиболее существенные моменты, причем в такой форме, которая «подсказывает» ему все необходимые распоряжения, «направляет» его на поиск эффективных вариантов решения.

Оперативный обмен графической информацией с работающей ЭВМ значительно активизирует творческие возможности управленческих работников особенно при решении неформальных частей задачи, существенно повышает эффективность работы и человека, и машины, содействует качественному улучшению, модификации и адаптации модели к различным условиям производства.

С помощью графических изображений можно более убедительно интерпретировать результаты решений как своим подчиненным, так и вышестоящему руководству. Это улучшает организационное восприятие автоматизированных систем, позволяет более рационально распределить функции между человеком и ЭВМ, сократить общее время подготовки и осуществления решений. Своевременно и целесообразно сформированное изображение на экране дисплея, отображающее определенную производственную ситуацию или сценарий, в рамках которого исследуются возможные альтернативы к достижению заданных целей, заменяет большое количество бумаги с данными и цифрами и создает условия для комплексного восприятия сложившейся деловой, организационно-технологической или экономической обстановки.

Выпуск отечественной промышленностью большого числа разнообразных графических устройств и создание соответствующих программных средств усиливает интерес к применению машинной графики и графического моделирования в управлении.

## Глава I

### УПРАВЛЕНИЕ И МАШИННАЯ ГРАФИКА

#### 1.1. Особенности управления в современных условиях

В современных условиях совершенствование управления характеризуется:

- развитием системного подхода к процессам управления, организации, планирования и контроля;
- началом комплексного учета рационального (оптимального) использования природных ресурсов страны;
- переходом от решения отдельных, частных задач к комплексным, от локальных к общим критериям, от микро- к макро-экономическим моделям;
- началом работ в области программно-целевых методов;
- началом работ в области организационного проектирования;
- развитием работ в области оценки качества организационных решений;
- развитием автоматизированных методов организационно-технологического проектирования, технологической подготовки производства и прогнозирования;
- разработкой эффективных экономико-математических моделей, адекватно отражающих процессы управления, а также расширением фронта их внедрения;
- созданием АСУ всех уровней от первичной организации до министерств и Госплана СССР;
- началом работ по стыковке систем автоматизированного проектирования (САПР), автоматизированных систем управления (АСУ) и автоматизированных систем плановых расчетов (АСПР).

В настоящее время без применения вычислительной техники и автоматизированных систем управления уже не могут работать сложные отрасли народного хозяйства. В стране функционируют более 4000 различных автоматизированных систем управления.

В целях повышения эффективности управления создаются вычислительные центры коллективного пользования, расширяют-

ся производство и применение средств оргтехники для рационализации делопроизводства и улучшения организации управленческого труда.

Однако изучение обширной литературы, посвященной проблемам управления, свидетельствует о том, что технические возможности автоматизированных систем и их влияние на производство оказались ниже ожидаемых [18, 20, 21, 25, 60].

В ряде отраслей еще не удалось преодолеть ряд негативных тенденций. Например, в строительной индустрии они связаны с ростом объемов незавершенного строительства и проектирования, превышением нормативных сроков возведения производственных предприятий и их сметной стоимости, невыполнением заданий по вводу объектов, перерасходом фонда заработной платы, систематическим отклонением многих фактических показателей капитального строительства от плановых, что характеризует низкую организационно-технологическую надежность производства.

Одна из нерешенных проблем в АСУ состоит в том, что автоматизируется, как правило, существующая технология управления, что не всегда приводит к положительным результатам, иногда вызывает рост вспомогательных работ, увеличение численности персонала и т. д. Задача же состоит в том, чтобы разрабатывать новые технологии, алгоритмы управления, в основу которых будут заложены процессы, поддающиеся автоматизации. Но существу самое главное — это проблемы диалога, поскольку весь процесс автоматизированного управления представляет специальным образом организованный диалог. Практика показывает, что автоматизацию обработки и преобразования информации целесообразно вводить там, где алгоритм управления достаточно прост и технически осуществим с относительно небольшими затратами. Однако порой АСУ создаются на уровне отраслей, министерств и ведомств, больших городов, крупных объединений без предварительной автоматизации управления на низших уровнях (предприятий, районов), где вся первичная информация собирается и обрабатывается часто ручным способом, требуя огромных затрат времени и средств, то есть там, где алгоритм управления сложен, автоматизация зачастую не дает ожидаемого экономического эффекта.

Существуют также проблемы в методологии построения систем математического обеспечения ЭВМ. Отсутствуют государственные стандарты на прикладное математическое обеспечение. Кроме того, возможности вычислительной техники используются не в полной мере. Например, дорогостоящие ЭВМ порой простаивают, когда готовятся данные для счета, когда выводятся на печать результаты расчетов, когда руководители анализируют их



и через «посредников» — операторов дают новые указания машине и т. д.

Многие АСУ и ее подсистемы даже в рамках одного министерства, ведомства, города часто «не понимают» друг друга вследствие информационной, программной или технической несовместимости.

Применение типовых или унифицированных проектных решений и соответствующих методик в проектировании, создании и внедрении автоматизированных систем управления не всегда удается на практике. Это связано с тем, что организации и предприятия, даже родственные, неповторимы, различаются составом и профессиональной квалификацией коллективов людей, в том числе и руководителей, критериями и структурой управления, технической и технологической оснащенностью, специфическим наличием узких мест и т. д.

Поиск резервов повышения эффективности народного хозяйства на основе совершенствования автоматизированных систем управления — не разовое мероприятие, а динамический процесс решения проблем, выдвигаемых жизнью. Поэтому выбор новых схем и методов автоматизированного управления должен производиться на основе тщательного изучения практического опыта и данных науки.

Рассмотрим некоторые проблемы «взаимодействия» человека с ЭВМ в условиях АСУ. В силу ограниченности функциональных возможностей вычислительных комплексов не всегда обеспечиваются необходимые условия для применения опыта, творчества, инициативы человека на этапах постановки целей, контроля, корректировки и ответственной результирующей оценки.

В большинстве случаев ЭВМ действует как автомат, и ее поведение (хотя и сложное) является механическим и предсказуемым. Что же касается осмысления проблемы, постановки цели, задачи и их описания в форме, понятной для машины, то в этом по-прежнему главную роль играет изобретательность человека, за которым сохраняется и ответственность за результаты выполнения расчетов с помощью ЭВМ.

Хотя разработанные многочисленные экономико-математические модели сложных процессов управления отражают с той или иной степенью адекватности динамизм и вероятностный характер процессов, их организационно-технологические взаимосвязи во времени и пространстве, при создании автоматизированных систем не достигается полная формализация задач управления. Во многих случаях возникают непреодолимые трудности алгоритмизации процесса принятия оптимальных решений в условиях неопределенности, из-за отсутствия четких критериев и многокритериальности задач.

Так, при принятии решений, кроме количественных факторов, руководителям приходится принимать во внимание различные психологические, моральные и др. ограничения и обстоятельства, которым бывает трудно приписать какие-либо количественные меры.

Эффективность решения зависит от наличия информации, которой располагает руководитель, ее качества, наглядности, необходимости, своевременности, надежности, достаточности. При этом специфика управленческой деятельности включает принятие трудноформализуемых решений, требующих творческого эвристического подхода человека. Однако в существующих автоматизированных системах управления чаще всего один вид рутинной работы лишь заменяется другим, связанным с обработкой машинных данных.

За последние годы появился новый контингент пользователей, не имеющих возможности и не желающих общаться с ЭВМ посредством сложных специализированных языков. Эти пользователи требуют разработки для общения с машиной простых средств, характерных для общения между людьми.

Проникновение ЭВМ в повседневную жизнь руководителей, организаторов производства требует обоснованного распределения функций между человеком и ЭВМ, обеспечения разумного симбиоза для усиления возможностей обоих партнеров.

Для решения вышеуказанных задач необходимо поставить на службу управлению самые последние достижения в области развития вычислительной техники, машинной графики — микропроцессоры и микро-ЭВМ, графические, интерактивные (диалоговые) системы, которые получают распространение у нас в стране и известны в зарубежной практике. Использование средств машинной графики и микропроцессоров ведет к расширению социальных функций и возможностей ЭВМ и интерактивных систем, их резкому удешевлению, повышению надежности. Это приводит к изменению традиционных концепций автоматизации управления [9].

## 1.2. Зарубежный опыт развития автоматизации управления

Современным тенденциям в методологии и практике управления капиталистическим производством посвящены многочисленные работы, среди которых можно отметить [28, 36, 37, 46, 49, 54, 71]. Рассмотрим несколько зарубежных примеров организации взаимодействия человека и ЭВМ в процессах управления.

В 1970 г. в США действовало 70 тыс. ЭВМ, а к 1985 г. их число достигнет 330 тыс. По оценке американских специалистов, выпуск и применение ЭВМ (и в особенности «мини-компьютеров»)

в административном управлении, управлении производственными процессами в промышленности, строительстве и в других сферах будет возрастать высокими темпами. Однако к настоящему времени использование автоматизированных систем, особенно в практике управления пока еще не дало ожидаемой эффективности по ряду причин. Недостаточно принималось во внимание то, что руководители имеют немалый опыт, знания, сложившиеся методы и даже стиль обоснования решений, но, как правило, у них отсутствуют навыки и знания для работы с автоматической обработкой данных.

Для повышения эффективности автоматизации процессов планирования и управления в США, Великобритании, ФРГ, Франции, Голландии, Японии были начаты интенсивные исследования с целью обеспечения ЭВМ способностью воспринимать информацию в виде, наиболее естественном для человека и выдавать результаты расчетов в наиболее наглядной форме (чтобы легче всего понимать их). Вопросам повышения оперативности ввода и вывода информации, ее корректировки в наиболее простой и удобной форме (световым пером, алфавитно-цифровой клавиатурой, голосом) посвящены работы [48, 53, 67].

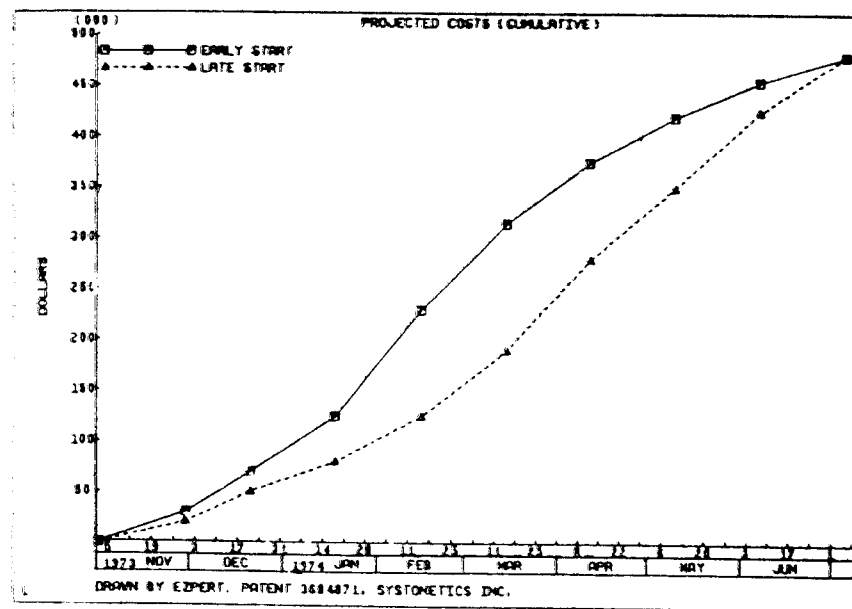
Большой интерес представляет анализ истории и развития методов сетевого планирования таких, как ПЕРТ или предшествующих работ, которые являются наиболее подходящими для наглядного представления процесса планирования проекта, составления перечня последовательности работ, а также для управления и контроля за ходом выполнения работ.

Эти методы завоевали широкое признание как хорошее средство для планирования, однако их использование на стадии реализации проекта ограничено. Такие ограничения возникали из-за больших затрат времени и трудоемкости для ручного вычерчивания сетевого графика при внесении изменений и трудностей использования существующих технических средств автоматизированного контроля и управления.

Известны попытки использования механических и электромеханических средств для моделирования и расчета сетевых графиков, позволяющих отображать некоторую информацию (о критическом пути, о видах работ), помогающих руководителю при анализе ситуации и способствующих выработке управленческих решений. Подобные устройства для планирования и управления выпускались несколькими десятками фирм США, ФРГ, Англии, Франции, Швейцарии, Голландии. Известны их применения не только на мелких, но и крупных фирмах, например, «Форд мотор компани», «Стандарт ойл», при планировании работ по строительству крупного комплекса спортивных сооружений для Мюнхенской олимпиады [2, 47]. Однако широкого распространения

они не получили, поскольку отсутствуют возможности визуального отображения сетевых графиков, существуют ограничения, связанные с размерами обрабатываемых сетей, эти устройства имеют сравнительно высокую стоимость.

В настоящее время для формирования графической выходной информации в практике решения задач управления стали использоваться графические системы, комплексы программ фирмы SYSTONETICS («EZPERT»), фирмы CALCOMP («AUTONET-II»), Cii Honeywell Bull («ASTRA-II/66») и другие.



OUTPUT FROM EZPERT

Рис. 1.1. Стоимостный график

Наибольшую известность получила система «EZPERT», имеющая три модификации AN1 (PM—метод предшествования), EN1 (PERT—метод критического пути), EN2 (CPM—метод критического пути), которые выполняют одинаковые функции, их особенностью являются различные выходные документации. Техническое обеспечение состоит из одной ЭВМ и одного или более графических устройств. Математическое обеспечение — известные программы для

анализа сетей PMS, MSCS, PROJACS, PROJECT—2. На рис. 1.1, 1.2 представлены примеры выходных сообщений в графической форме.

Существенным недостатком указанных выше комплексов программ является зависимость от внешних устройств, прикладных программ и типа используемых ЭВМ. Кроме того, они не ориентированы на интерактивный режим работы.

По мнению американских специалистов, одним из направлений для повышения эффективности автоматизированных систем управления является создание интерактивных графических систем.

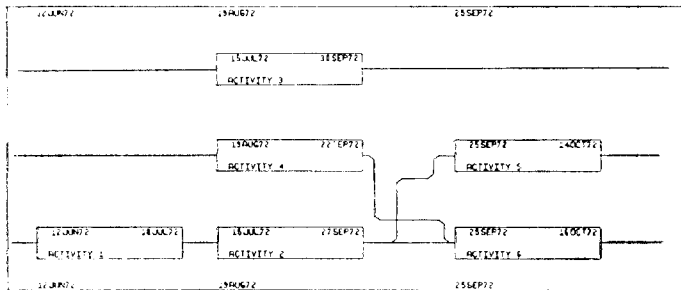
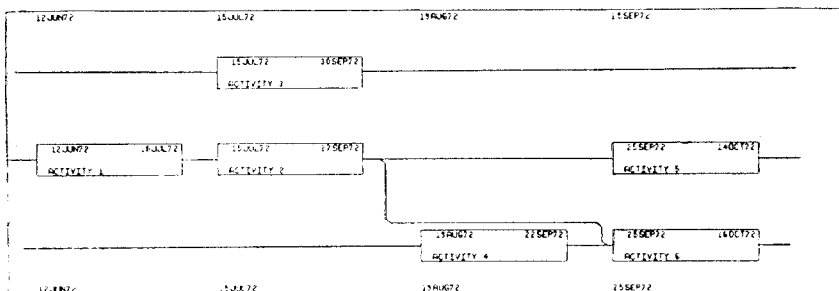


Рис. 1.2. Сетевые графики

Действительно, руководители работ должны ежедневно решать проблемы, возникающие в связи с нарушениями последовательности выполнения каких-либо основных этапов работ, перерасходом ресурсов и т. п. Сотни непредвиденных событий могут изменить все намеченные планы и заставить выполнять совершенно заново трудоемкую работу по составлению нового плана. Совершенно очевидно, что необходимы средства, которые оперативно обеспечили бы руководителей наглядной информацией о ходе выполнения работ и о влиянии задержек и внесенных изменений

на проект в целом. Потребность в этом и привела к появлению в конце 70-х годов в США системы VISION на базе ЭВМ типа PRIME [10]. Универсальная автоматизированная система VISION разрабатывалась с таким расчетом, чтобы ею могли пользоваться люди, которые мало знакомы или совсем не имеют опыта в автоматической обработке данных. Формирование графической информации осуществляется на основе использования системы EZPERT, которая была модернизирована и адаптирована специально для интерактивных средств системы VISION.

Система VISION обеспечивает руководителей и составителей проекта средством визуализации проектных данных путем применения графических дисплеев и вычерчивания разнообразных линейных и сетевых графиков, различных функциональных зависимостей (двумерных графиков), оптимизирует ресурсы и стоимостные затраты в диалоговом режиме. Разработанный набор обучающих подпрограмм выводит на экран дисплея информацию, которая подсказывает пользователю как использовать систему VISION, как формировать базу данных, как запускать программу и что означают выводимые сообщения, как просматривать файлы данных, как составлять схемы логических связей работ, как вносить коррективы и как организовать вычислительный процесс.

В Приложении I приводятся несколько схем текстовой информации, выводимой на экран дисплея. Из этих схем очевидна последовательность действий оператора при внесении изменений в сетевой график, при переходе к программе анализа и проверке воздействия внесенных изменений на сетевой график.

Кроме двумерных графиков, известны примеры использования и трехмерных графических диаграмм в планировании, финансовых расчетах (рис. 1.3) при анализе состояния различных проектов, а также в процессах принятия решения в проектировании [66].

Кроме системы VISION, получили распространение другие автоматизированные системы, использующие аппаратные и программные средства интерактивной машинной графики. Например, для облегчения процесса принятия решений в [68] предлагается следующий вычислительный комплекс, состоящий из базовой ЭВМ модели 360/370; мини ЭВМ; функциональной и алфавитно-цифровой клавиатуры; процессора дисплея; планшета графического ввода; цветного дисплея (512×512 элементов изображения) и телекамеры.

Цветной дисплей обеспечивает быстрое взаимодействие между пользователем и ЭВМ, позволяет заменить команды соответствующими действиями на экране, обычно с помощью курсора, который можно совместить с определенным графическим элементом или командой. Разные цвета используются для разделения



различной по смыслу информации, выделения особо важных данных, облегчения распознавания образов. С помощью телекамеры на экран можно передать «внешнее» (т. е. нецифровое) изображение. Сочетание изображений, получаемых обычной ЭВМ и телекамерой, называемое «смешанным изображением», оказывается

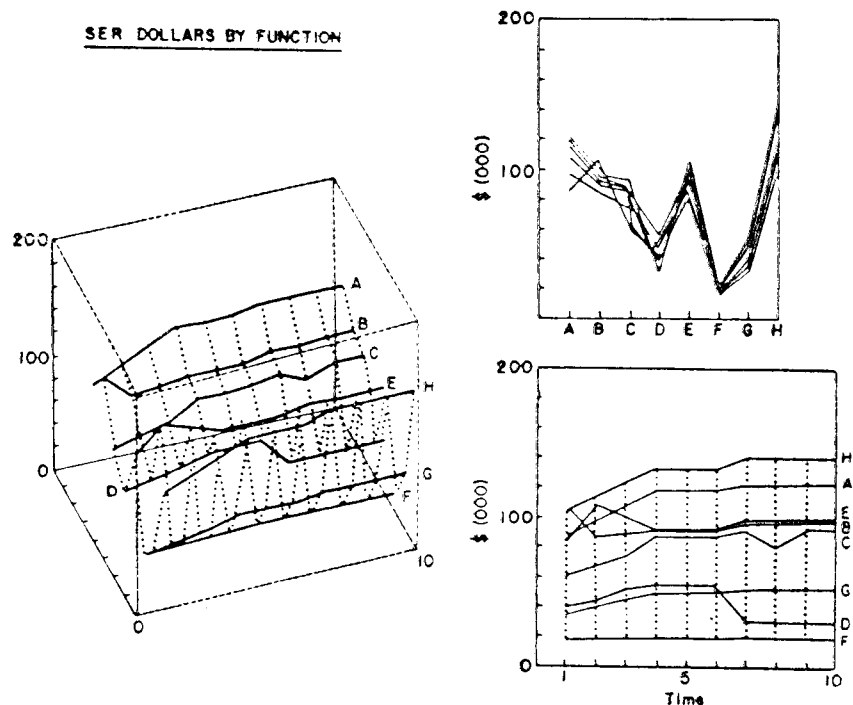


Рис. 1.3. Трехмерные графики для анализа

полезным для решения таких оптимизационных задач, в которых ограничения математически трудно формализуемы. Авторы считают, что применение интерактивных графических средств расширяет возможности работы с информационными системами, особенно для пользователей, не владеющих программированием. Дальнейшему прогрессу в этой области способствует выпуск более дешевых мини- и микро-ЭВМ, а также развивающееся программное обеспечение машинной графики.

Известны примеры использования в управлении также микро-ЭВМ личного пользования, например, APPLE-II для дискретного и непрерывного моделирования, решения оптимизационных

задач теории расписаний [73]. Микро-ЭВМ состоит из 8-битного микропроцессора, памяти произвольного доступа емкостью 48 Кбайт, двух гибких дисков для хранения программ и данных, двух планшетных устройств ввода, цветного телевизионного монитора, динамика и ряда блоков сопряжения (указанная конфигурация микро-ЭВМ APPLE-II стоит около 2700 долл.).

Планшетное устройство ввода представляет собой фактически потенциометр; в зависимости от положения плавно перемещаемого рычага в микро-ЭВМ из программы на языке BASIC можно ввести целое число от 0 до 255. Помимо этого, программа может определить положение тумблера на планшетном устройстве ввода (используемое для задания логических значений). Эти устройства удобны для ввода значений параметров (имена параметров появляются на дисплее).

Цветной дисплей позволяет использовать 6 цветов (включая черный) и получать разнообразные и наглядные графические изображения и тем самым заметно повысить эффективность моделирования.

Язык BASIC содержит средства, предназначенные для вывода графиков функций (в том числе одновременно нескольких графиков в разном цвете).

Благодаря планшетному устройству ввода и цветному дисплею моделирование осуществляется в диалоговом режиме с возможностью непрерывного изменения параметров модели. Для выделения каких-либо важных данных, появляющихся на экране, а также для отладки используется звуковой сигнал, управляемый из программы моделирования.

Преимущества микро-ЭВМ при моделировании сводятся к более быстрой разработке модели и удобному экспериментированию с ней, наглядному отображению результатов моделирования и легкости изменения модели в процессе ее работы. Недостатки обусловлены малой производительностью, невозможностью обрабатывать большие модели и малой пригодностью языка BASIC для моделирования.

В ближайшие годы намечается разработать микро-ЭВМ личного пользования с 16- и 32-разрядными микропроцессорами [73], которые позволят реализовать в микро-ЭВМ языки моделирования высокого уровня, например, Паскаль, работать с большими моделями и использовать все преимущества диалоговой разработки и экспериментирования с моделями (так, микро-ЭВМ APPLE-III уже имеет память произвольного доступа емкостью 128 Кбайт). Рассматриваемые системы очень удобны для целей обучения, поскольку ученики могут ничего не знать о моделировании, статистике или даже о самой микро-ЭВМ, но с интересом «играть» с моделью, изучать особенности ее поведения.

Одна из первых попыток конструирования обучающей системы была сделана еще в 1967—1969 гг. В то же время стали известны работы Пейперта и Фюрорзейга по обучению детей мышлению посредством игр. Был создан простой язык Лого. С его помощью дети в возрасте от 8 до 12 лет могли составлять про-

цельности способствовали удовлетворенно чувства завершения работы.

Определенных успехов добились в этом направлении также в известной фирме Ксерокс при решении проблем передачи и управления знаниями.

За последние годы за рубежом при создании интерактивных

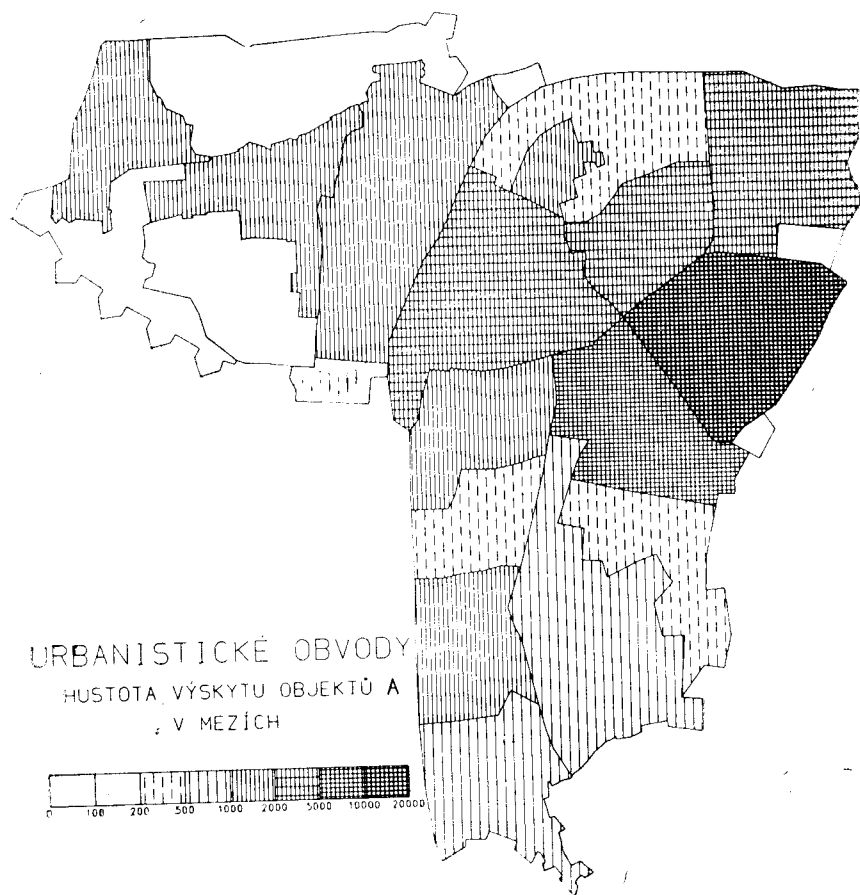


Рис. 1.4. Тематическая карта

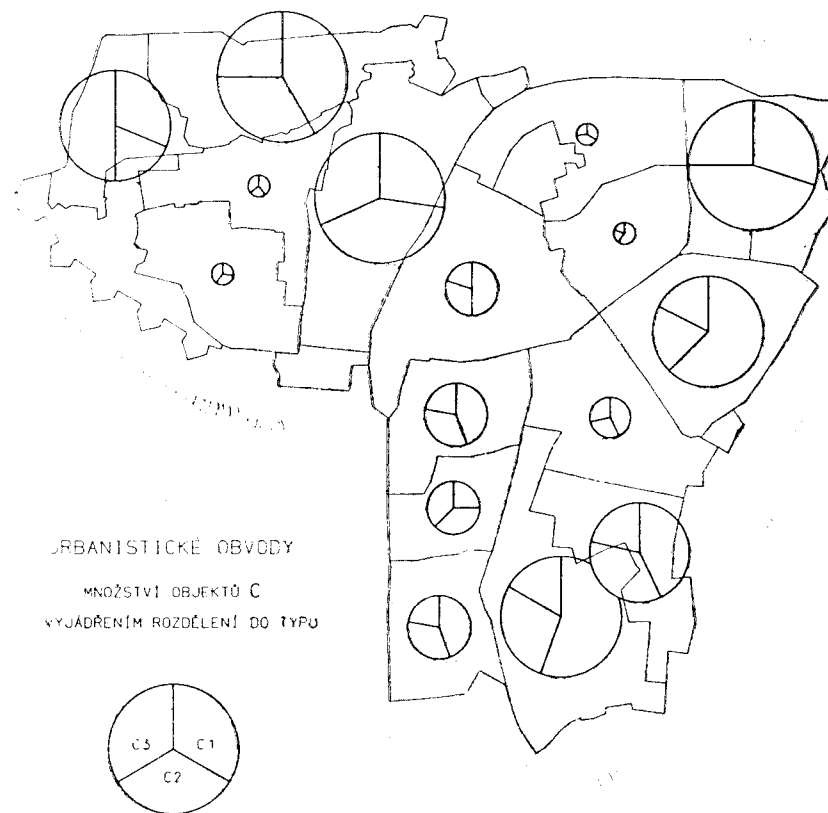


Рис. 1.5. Тематическая карта

граммы на ЭВМ для рисования робота-черепахи, воспроизведения звуков, синтезирования музыки и т. д. При этом они производили математические действия на уровне учащихся, оканчивающих колледжи. Интерактивная сторона диалога, наглядные результаты

систем широко используются концепции естественного языка программирования, машиннонезависимого управления внешними устройствами, а также графического «ядра» [75]. В автоматизированном управлении предлагается выделить функции представления информации в отдельную системную функцию и создать специальную развитую систему представления информации AIPS

(Advanced Information Presentation System), облегчающую процесс принятия решения в реальном времени. Система AIPS призвана: переложить функции создания и реализации визуального вывода информации с прикладных программ на систему; дать пользователю возможность определять визуально выводимую ин-

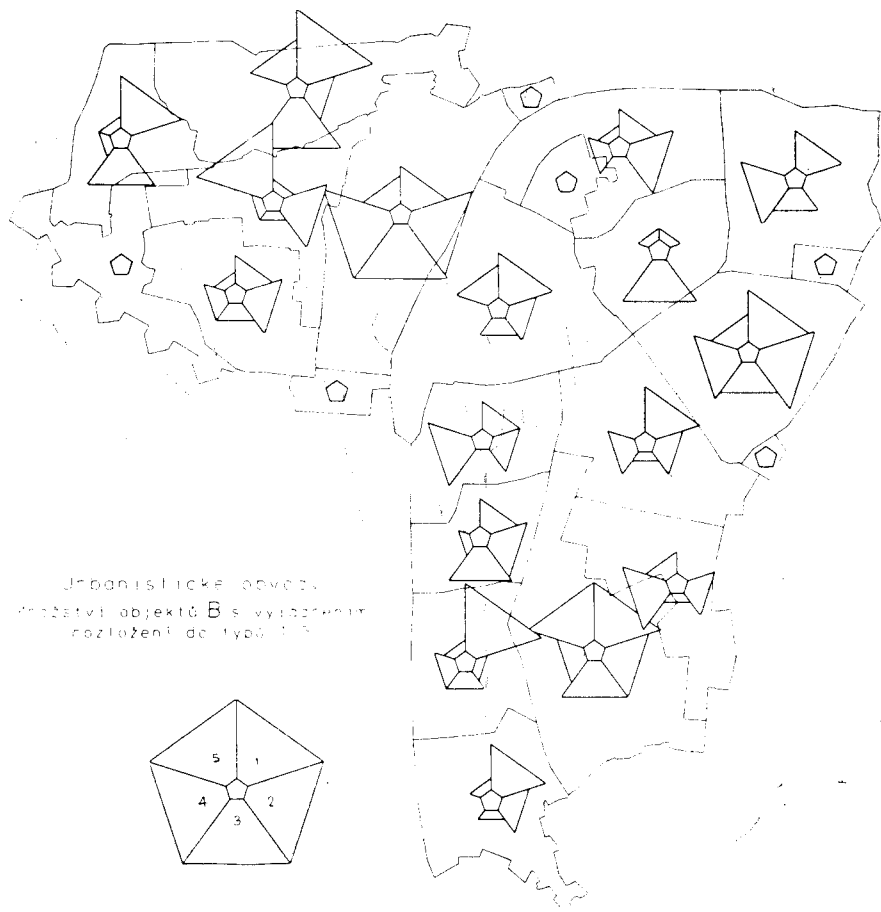


Рис. 1.6. Тематическая карта

формацию и ее формат; обеспечить пользователю удобство интерфейса с системой; естественный язык программирования и графический ввод; позволить пользователю определять параметры представления информации только частично, возложив на систему как

можно больше функций доопределения. В настоящее время AIPS разрабатывается на ЭВМ Interlisp-10. В ней заложены возможности изображения поверхностей и проекций поверхностей. Графический вывод системы реализован с помощью дисплея (640×480 элементов изображения), управляемого мини-ЭВМ PDP-11. В системе используется устройство графического ввода планшетного типа.

При использовании ЭВМ в планировании и управлении в социалистических странах (ЧССР, ПНР, ГДР) также намечается тенденция к внедрению автоматизации графических работ [69, 72, 74]. Разрабатываются программы для графического отображения, например, календарных планов, циклограмм, технико-экономических характеристик, тематических карт. На рис. 1.4, 1.5, 1.6 представлены некоторые формы тематических карт, полученных в проектно-институте PUDIS (г. Прага).

Таким образом, за рубежом графические системы рассматриваются как одно из наиболее наглядных и эффективных средств представления информации руководству. Существенное повышение эффективности графических систем достигается при использовании интерактивных режимов работы, позволяющих значительно усовершенствовать процедуру принятия решений руководителями и организаторами производства.

Работы по созданию интерактивных графических систем управления носят пока в основном поисковый, экспериментальный характер, в частности, очень мало освещены вопросы организации и применения функционального графического обеспечения, не разработаны методы и методики графического взаимодействия при решении оптимизационных управленческих задач, недостаточно исследованы пути и методы повышения наглядности традиционных графических моделей, календарных графиков, возможности построения их новых форм и эффективного использования в интерактивном режиме. Кроме того, нет достаточно полных оценок потенциальных возможностей использования интерактивных графических методов в управлении.

### 1.3. Отечественный опыт обработки графической информации в управлении

В СССР в начале 70-х годов также были начаты исследования в области применения графических средств в автоматизации управления научными исследованиями, проектированием, решения различных многокритериальных и оптимизационных задач [3, 19, 26, 29, 33, 40, 50, 62].

В [44] подробно освещается имеющийся опыт по этим направлениям исследований.

С совершенствованием технических средств машинной графики автоматизация графических работ в управлении получила развитие, в частности в отрасли строительства. В ЦНИПИАСС Госстроя СССР были проведены исследования и разработка методического и программного графического обеспечения, предназначенного для решения задач планирования, управления и организационно-технологического проектирования, автоматизации подготовки исходных данных и вывода результатов расчетов на ЭВМ в графической форме. В результате был создан унифицированный программный комплекс, представляющий расширение пакета программ ГРАФОР-ЕС [43].

Характерные особенности комплекса:

- универсальность и широкие функциональные возможности;
- простота использования;
- возможность работы на различных языках программирования ФОРТРАН, ПЛ/1 и др.

Программный комплекс вывода графической информации состоит из: пакетов программ по обеспечению ввода и формирования графических данных для тематического картографирования, цифрового моделирования рельефа местности, календарного планирования и управления строительством, отображения пространственных диаграмм и графиков. Некоторые из рассматриваемых программ сданы в Межотраслевой фонд алгоритмов и программ автоматизированных систем в строительстве (МОФАП-АСС).

Пакет программ по тематическому картографированию\* предназначен для оперативного и дешевого способа построения экспресс-карт, отображающих статистическую информацию, различные экономические показатели в рамках картографической подосновы (по областям, республикам и экономическим районам) и позволяет обеспечивать решение следующих задач:

- ввод исходной информации с кодировщика, с маркировкой каждого объекта;
- оперативная коррекция координат объекта;
- штриховка замкнутых областей произвольных конфигураций;
- отображение корреляционных зависимостей изменением угла и густоты штриховки.

Создана специальная методика и разработан математический аппарат, который позволяет осуществлять формирование определенной структуры графических данных в процессе ввода информации.

\* Максимов Г. В. Исследования и разработка методов ввода графической информации в условиях автоматизированных систем в строительстве. Автореф. дисс. на соискание ученой степени кандидата техн. наук. М., ЦНИПИАСС, 1981.

## ТЕМАТИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ

в оперативном управлении отраслью

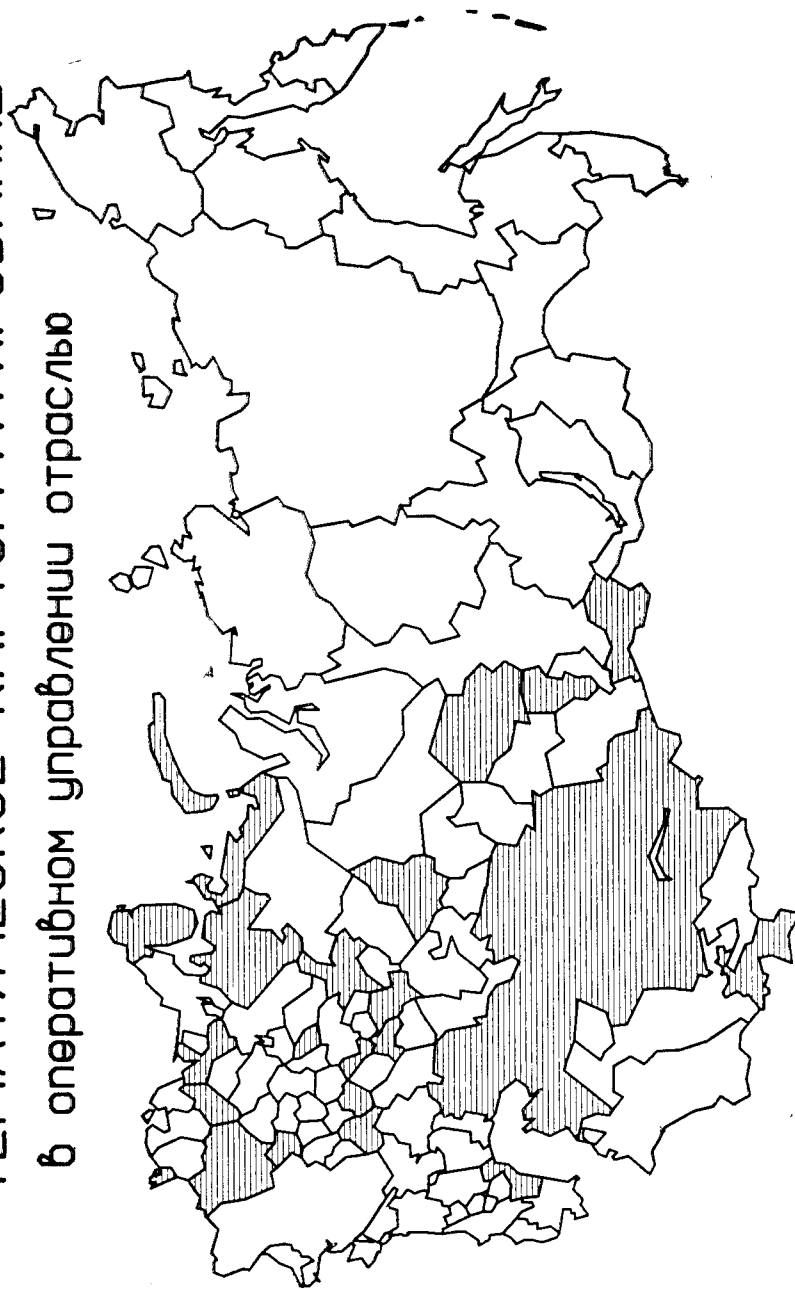


Рис. 1.7. Вариант распределения ресурсов по областям

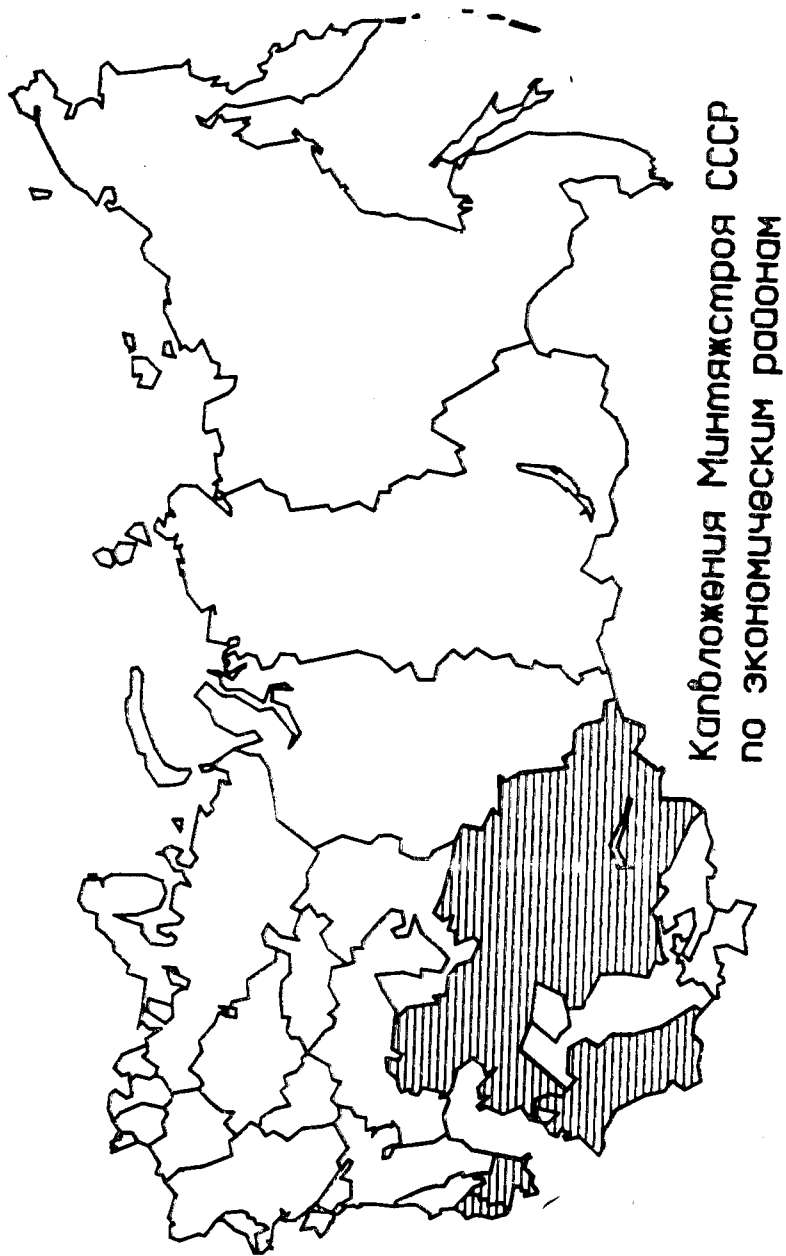


Рис. 1.8. Вариант распределения капбложений по районам

На приведенных примерах (рис. 1.7, 1.8) изображены различные варианты некоторых возможных распределений по административно-географическим признакам.

Пакет программ ориентирован на использование в интерактивном режиме и может быть использован также при разработке информационной системы строительных генеральных планов, на-

## ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНА ЗАСТРОЙКИ



Рис. 1.9. Планы районов городской застройки

пример, для автоматизированного получения оперативной информации о сложившейся ситуации в интересующем районе общего генерального плана. Для этой цели в ЭВМ создается банк данных, в котором хранится как геометрическая основа генплана, так и справочная информация.

Исходными данными для формирования оперативного плана могут служить название интересующего района и параметры выделения объектов. ЭВМ осуществляет поиск информации в банке данных и формирует управляющие команды для работы графоопроистроителя. Могут быть получены различные варианты плана заданного района с выделением цветом и типом штриховки объектов плана, обладающих заданными параметрами.

Подобные системы вычерчивания участков генпланов и стройгенпланов удобны, например, для получения оперативной информации о ходе строительства, при выборе вариантов размещения новых объектов в районах существующей застройки и т. п. При этом достигается значительный экономический эффект за счет исключения кропотливого ручного труда, сокращения сроков и повышения качества вычерчивания планов и стройгенпланов.

На приведенных примерах (рис. 1.9) вычерчен план одного из районов городской застройки в двух вариантах: по этажности застройки и по типам зданий.

Пакет программ цифрового моделирования рельефа местности\* обеспечивает решение следующих задач:

- формирование цифровой модели рельефа в виде хаотически расположенных точек поверхности по данным геодезических съемок или путем кодирования информации с карт;
- определение значений высот поверхности в узлах координатной сети по хаотически расположенным точкам;
- построение карт изолиний, проекций рельефа на плоскость и стереопар поверхностей.

При формировании цифровых моделей и карт изолиний применяются методы гладкого восполнения поверхностей и кривых.

Пакет программ позволяет снизить сроки и стоимости проектных работ в строительстве путем автоматизации проведения расчетов, при привязке объектов к местности, построении картограмм земляных работ, проектировании водопонижительных работ и т. д.

На рис. 1.10 карта изолиний получена по данным цифровой модели в ЭВМ.

Программное обеспечение для календарного планирования обеспечивает наглядное представление данных о комплексе работ, быстро предоставляет руководителям четкую информацию о ходе выполнения работ. На графопостроителе могут быть по желанию пользователя сформированы изображения различных календарных план-графиков. Разработаны алгоритмы и программы для выполнения расчетно-оптимизационных процедур формирования

календарных планов строительства объектов и комплексов в составе проектов организации строительства и проектов производства работ\*, которые являются одним из сложных и трудоемких этапов разработки организационно-технологической документации.

Одной из распространенных форм представления календарных графиков является циклограмма:

по оси ординат указывается место проведения планируемых к выполнению работ (пространственные параметры объекта), по оси абсцисс — календарное время (в днях) и наклонными линиями — выполняемые работы. В качестве исходных данных используются пространственные параметры объекта, время начала и

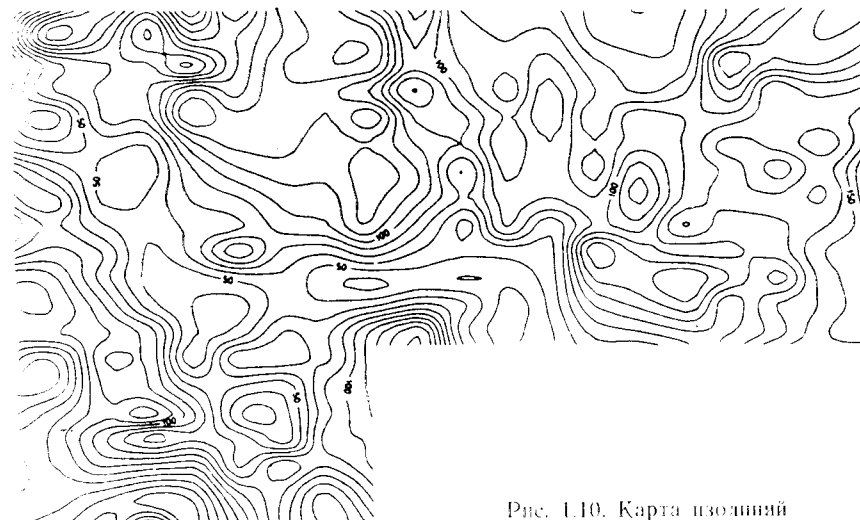


Рис. 1.10. Карта изолиний

окончания работ по пространственным параметрам объекта и их наименования.

На чертеже (рис. 1.11) имеется полная информация по календарному графику производства работ и нет необходимости в дополнительных таблицах и пояснениях.

Использование разработанных программ формирования и графического вывода календарных планов производства работ при автоматизированном проектировании организационно-технологической документации позволяет существенно сократить трудоем-

\* Шайтура С. В. Разработка методики формирования и графического представления цифровых моделей рельефа местности для применения в САПР строительства. Автореф. дисс. на соискание ученой степени кандидата техн. наук. М., ЦНИПИИАСС, 1981.

\* Пак А. С., Форсин А. В. Формирование организационно-технологических моделей возведения объектов и комплексов при подготовке строительного производства. Научные труды ЦНИПИИАСС. М., 1981, вып. 32.



кость проектирования и значительно повысить производительность труда проектировщиков.

Комплекс программ по выбору последовательности реализации строительных программ\* предназначен для построения и корректировки организационно-экономической модели (ОЭМ). В основе модели лежит графическое представление сети в виде со-

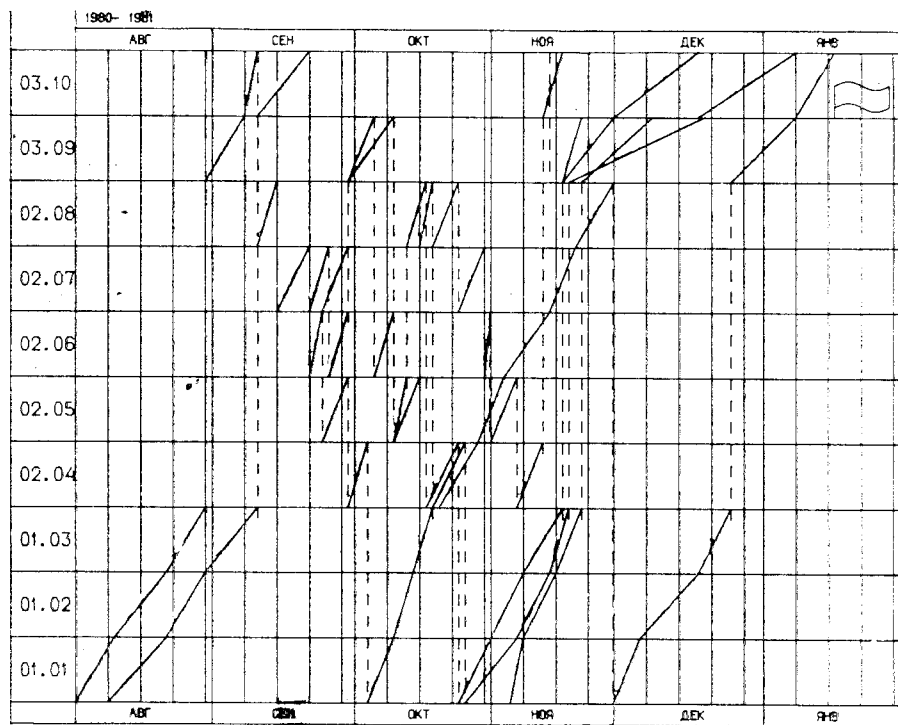


Рис. 1.11. Циклограмма

вокупности треугольников (работ) со сторонами  $T_i$  и  $R_i$ , где  $T_i$  — продолжительность выполнения  $i$ -й работы, а  $R_i$  — объем трудовых ресурсов, потребляемых при выполнении  $i$ -й работы. Выведенная на экран дисплея или графопроектор ОЭМ дает необ-

\* Тимофеева И. В. Совершенствование выбора последовательности реализации целей строительных программ с применением интерактивных методов. Автореф. дисс. на соискание ученой степени кандидата техн. наук. М., ЦНИИНАСС, 1981.

ходимый объем информации о качестве полученного варианта решения и направлениях его дальнейшего улучшения. На одной временной оси с моделью строятся двумерные графики динамики изменения основных показателей капитального строительства. Разработанные программы могут быть использованы в качестве средства для обучения специалистов, повышения уровня их квалификации в области управления, приобретения соответственных профессиональных навыков.

Пакет программ отображения пространственных диаграмм и графиков предназначен для построения различных функциональных зависимостей от двух параметров, гиперповерхностей с проекциями на координатные плоскости\*.

Пакет программ может решать следующие задачи:

— аффинные преобразования объекта (графика): перенос, поворот вокруг любой из осей, масштабирование, зеркальное отображение;

— ортогональное проецирование и изображение объекта в симметрии, изометрии, кабинетной проекции, произвольной аксонометрии;

— перспективное проецирование с любой точки зрения;

— параллельное и центральное проецирование на плоскость, теоретическую лучу зрения;

— стереографическое проецирование.

Оформление координатных сеток и их наименования вычерчиваются в соответствующих плоскостях.

Как показали исследования, графическое отображение пространственных объектов, стереоизображений пространственных линий и поверхностей может быть эффективно и широко применено для наглядного представления технико-экономической и управленческой информации в организационно-технологическом проектировании и АСУ, многовариантных исследованиях и учебном процессе.

На рис. 1.12, 1.13 приведены примеры, иллюстрирующие возможности практического использования рассматриваемого пакета программ.

Важнейшим направлением применения машинной графики является обработка документации. При разработке современных систем обработки документации, в частности в отрасли строительства, предусматривается применение интерактивных графических средств компоновки, хранения, поиска и использования документации, совершенствования документооборота на различ-

Лебедева Л. С. Исследование и разработка методических и программных средств для отображения пространственных объектов в САПР-ОС. Автореф. дисс. на соискание ученой степени кандидата техн. наук. М., ЦНИИНАСС, 1981.

ных уровнях управления\*. Основными особенностями этого поколения систем являются непосредственная связь с ЭВМ, создание для человека творческих условий труда, автоматизация процессов поиска и копирования необходимых документов, а также возможность совершенствования структуры и оценки качества документации в планировании и управлении, технологической подготовке, патентном поиске.

Дальнейшее развитие автоматизации управления с использованием средств машинной графики получило в ЕрНИПИ АСУГ исполкома Ергорсовета. Исследования велись в следующих основных направлениях: создание проблемно-ориенти-

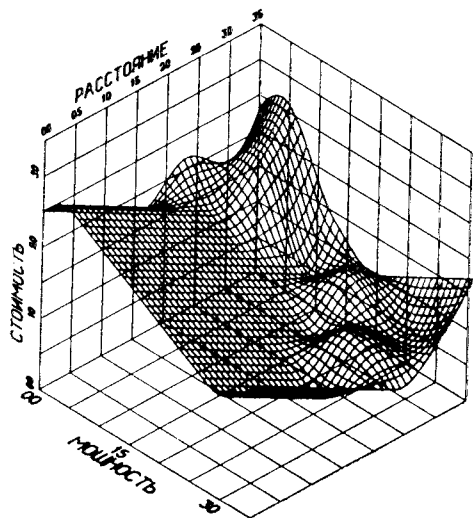


Рис. 1.12. Трехмерный график

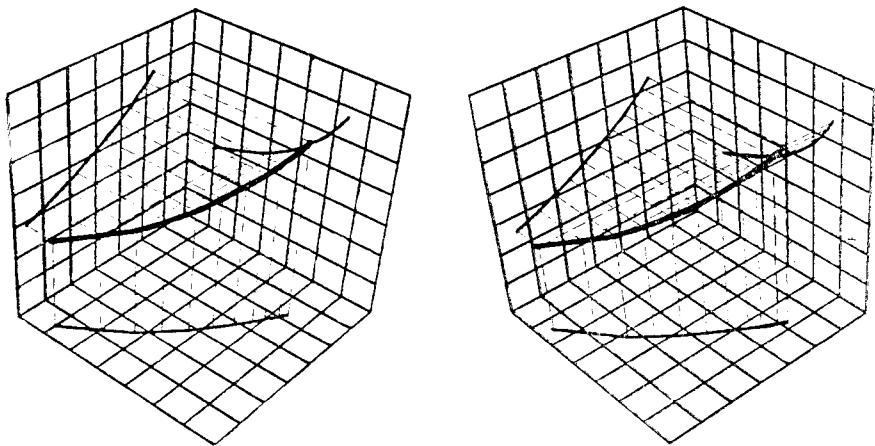


Рис. 1.13. Стереографик

\* Чулков В. О., Белорусец В. А. Совершенствование средств обработки документации автоматизированных систем в строительстве. Научные труды ЦНИИНАСС. М., 1981, вып. 30.

рованного, прикладного математического и программного обеспечения, разработка интерактивных графических рабочих мест (ориентированных на решение различных функциональных задач управления), разработка интегрированной интерактивной графической системы управления.

В настоящее время в институте ведутся работы по созданию интерактивных графических комплексов: сетевого планирования и управления, тематического картографирования и управления градостроительством в условиях АСУ городским хозяйством.

Техническое обеспечение: ЭВМ типа ЕС, автоматизированные рабочие места на базе ЭВМ типа НАИРИ-4/АРМ, Электроника-100/25 и Электроника-60.

В марте 1983 г. на базе ЕрНИПИ АСУГ в Цахкадзоре была проведена I Всесоюзная школа-семинар «Машинная графика и обработка документации в управлении, планировании и проектировании» [44].

#### 1.4. Принципы и структура организации интерактивной графической связи с ЭВМ

В настоящее время отечественная и зарубежная промышленность выпускает разнообразные устройства, позволяющие осуществлять вывод информации из ЭВМ в графической форме. Это графопостроители для вычерчивания чертежей на бумаге или чертежной пленке. Это дисплеи для работы с ЭВМ в интерактивном режиме с выводом графической информации на экран электронно-лучевой трубки (ЭЛТ). Это устройства вывода информации на микрофильм — покадровое фотографирование изображения с экрана специальной прецизионной ЭЛТ, либо непосредственный вывод на пленку. Для ввода графической информации применяются специальные кодирующие устройства, преобразующие эскиз или чертеж в цифровые коды или команды для ЭВМ (например, кодирующие планшеты, световое перо).

Анализ состояния развития интерактивной машинной графики, средств ввода и вывода графической информации у нас в стране и за рубежом [17, 48, 59] позволяет определить общую структуру организации интерактивной графической связи с вычислительной машиной (рис. 1.14, 1.15). В системе центральное место занимают дисплеи. Различают векторные и растровые дисплеи, а также полутонные с регенерацией и цветные.

По сложности и назначению эти устройства могут быть чрезвычайно разнообразны. Обычно они работают в двух режимах:

- а) алфавитно-цифровом — для вывода алфавитно-цифровых знаков и ограниченного набора некоторых специальных символов;
- б) графическом — для вывода любой графической информации, включая чертежи и схемы с любыми надписями и символами.

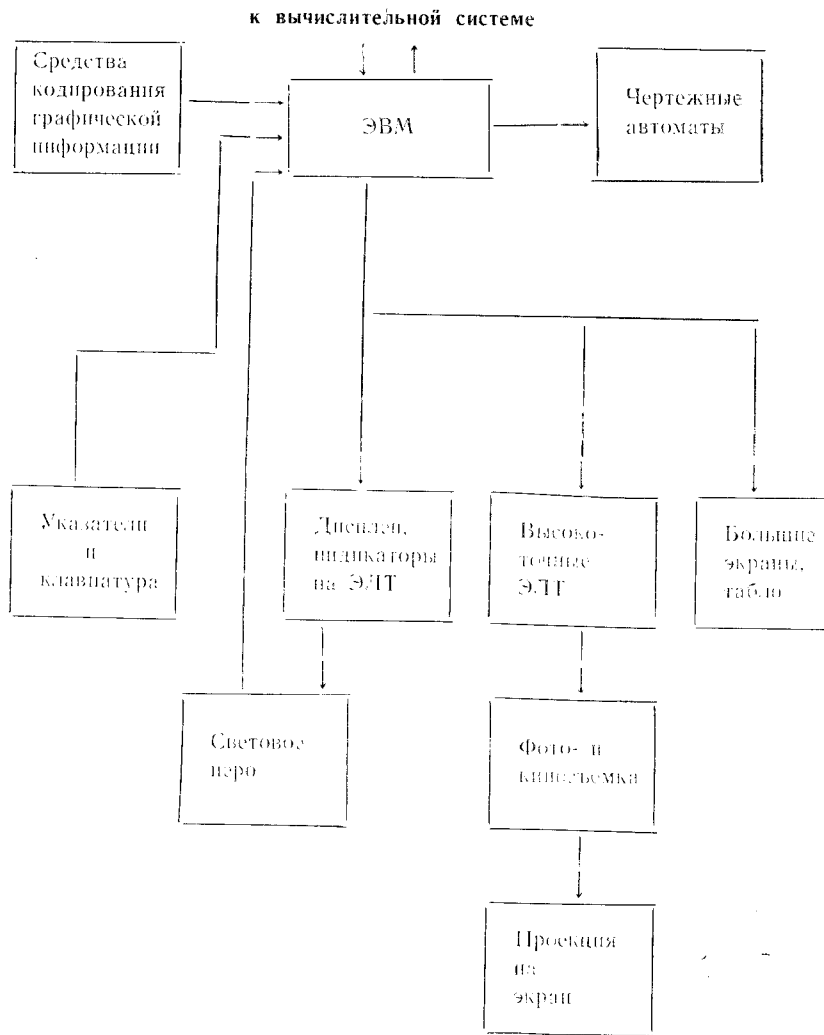


Рис. 1.14. Организация интерактивной графической связи с вычислительной машиной

Для упрощения схемы управления работой дисплеев и уменьшения затрат машинного времени на формирование изображения они иногда снабжаются генераторами алфавитно-цифровых знаков, специальных символов, окружностей и их частей, векторов.

Основное назначение дисплеев заключается в оперативном представлении человеку информации, выводимой из ЭВМ. Отсю-

да вытекают требования простоты обслуживания устройства, хорошей читаемости информации, легкости ее изменения. Поскольку изображение на экране оценивается только визуально, не требуется большой абсолютной точности представления информации. Однако разрешающая способность должна быть высокой для того, чтобы можно было отличить детали изображения.

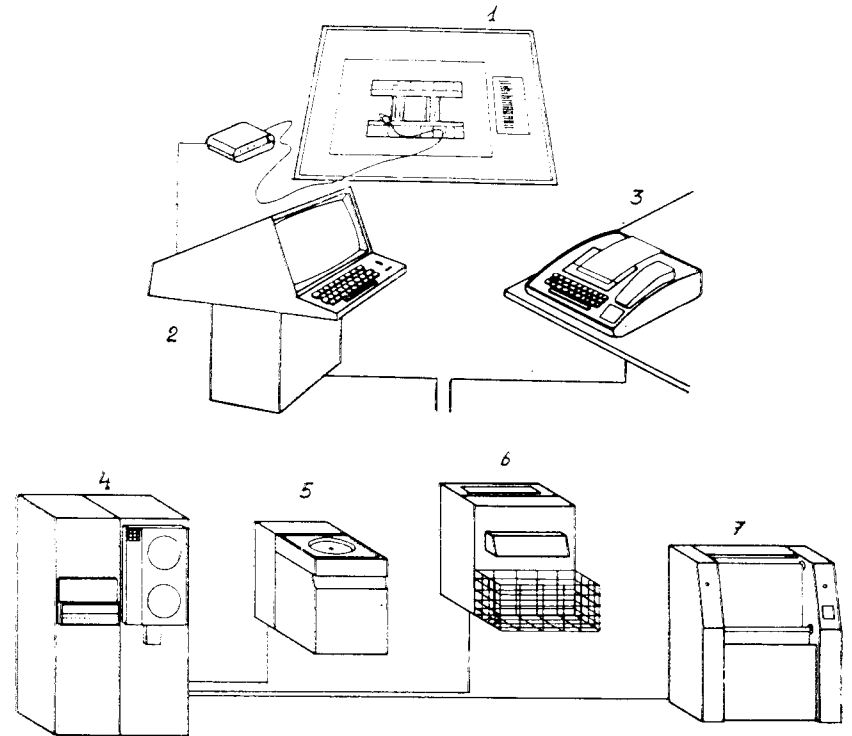


Рис. 1.15. Интерактивная графическая система с вариантом рабочего места: 1—кодировщик; 2—графический дисплей и алфавитно-цифровая клавиатура; 3—графическое термо-печатающее устройство; 4—ЭВМ; 5—диск; 6—алфавитно-цифровое печатающее устройство; 7—графопостроитель.

Гибкость и разнообразие применения дисплеев во многом зависят от математического программного обеспечения ЭВМ для формирования выводимой информации.

**Световое перо** является средством ввода в ЭВМ дополнительной информации как в процессе решения задачи, так и корректировки исходной информации. С помощью светового пера можно пользоваться дисплеем подобно чертежной грифельной доске:

указывать на любую часть изображения для изменения или рисования нового изображения (при помощи специальной программы слежения). Световое перо позволяет человеку естественным образом оперировать с выводимым из ЭВМ изображением и обеспечивает много удобств в оперативном обмене информацией. Световое перо обладает и некоторыми недостатками. Например, нельзя указывать на часть экрана, на которой нет никакого изображения, необходима специальная программа слежения за траекторией движения пера и др.

**Указатели и клавиатуры** в сочетании с дисплеями являются необходимыми средствами ввода информации в ЭВМ. Указатели положения служат для установки светящейся точки-указки (курсора) в любое место экрана для определения местоположения или изменения старого. Орган управления указателем может быть выполнен в виде шара или рукоятки, перемещение которых вызывает изменение координат светящейся точки. В некоторых дисплеях включают кнопочное управление перемещением курсора: вверх, вниз, влево, вправо.

С помощью алфавитно-цифровой клавиатуры в ЭВМ может быть введена любая информация (программы, исходные данные и т. д.).

Набор функциональных ключей и кнопок в сочетании со световым пером или указателями дает возможность проводить любые манипуляции с выводимым изображением и устанавливать необходимые режимы работы ЭВМ.

**Кодирующие устройства** являются также необходимыми средствами ввода информации в ЭВМ. Наиболее известным кодирующим устройством является планшет фирмы «Ренд». Основой устройства является проволочная сетка близко расположенных проводников, подключенных к питанию.

Импульсы напряжения через емкостную связь воспринимаются пробником (указкой) с ближайшего проводника. Имеются планшеты на резистивной пленке и ультразвуковые.

Основными требованиями, предъявленными к кодирующим устройствам, являются простота и оперативность ввода различной графической информации, начиная от простых однозначных зависимостей с равномерным шагом по оси абсцисс и кончая сложными многозначными пересекающимися кривыми. Это могут быть какие-либо зависимости, либо вообще геометрические образы, символы.

**Устройства вывода** графической информации предназначены для окончательного оформления, хранения и выдачи результатов решения задач, для составления документации и в редких случаях, как исключение, для последующего ввода в ЭВМ. Фиксация результатов решения может производиться как на бумаге, так и

на фото-киноплёнке. Устройства фиксации могут быть связаны либо непосредственно с ЭВМ, либо через буферный накопитель памяти. Иногда они снабжаются генераторами векторов и символов.

Применение генераторов позволяет существенно сократить объем буферной памяти и разгрузить ЭВМ. Фиксация изображений на киноплёнку позволяет осуществлять вывод движущихся объектов, создавать машинные фильмы.

Подробное описание технических параметров разнообразных графических средств, выпускаемых отечественной и зарубежной промышленностью, приведено в [48, 52, 57, 59]. В приложении рассматриваются некоторые отечественные перспективные средства машинной графики.

Формирование наборов данных — команд для управления графическими устройствами — осуществляется в ЭВМ с помощью специально предназначенного для этой цели программного обеспечения, от которого целиком и полностью зависит эффективность использования графических средств.

В машинной графике еще не установились методы создания математического обеспечения и не решено много различных теоретических и практических вопросов. Отсутствие единого подхода к вопросу создания «графического наполнения» автоматизированных систем привело к тому, что сейчас в нашей стране и за рубежом существует множество программных систем в виде пакетов программ, позволяющих обрабатывать на ЭВМ графическую информацию. Многие пакеты дублируют друг друга по функциональным возможностям, не все пакеты обладают достаточной полнотой операций, некоторые из них ориентированы только на определенные типы графических устройств. Эти обстоятельства затрудняют обмен прикладными программами между организациями, в которых используются различающиеся конфигурации вычислительных систем.

Такая ситуация привела к тому, что во второй половине 70-х годов за рубежом и у нас в стране появились предложения по унификации программного обеспечения машинной графики. Эти предложения прежде всего затрагивают структурное разделение процесса обработки графической информации на две существенно различные подсистемы: моделирования и отображения (ввода/вывода) графической информации.

Подсистема моделирования предназначена только для обслуживания математической модели, реализованной в прикладной программе, тогда как подсистема отображения служит для связи прикладной программы с графическими устройствами.

Необходимость унификации программного обеспечения машинной графики диктуется требованиями расширения связей между

разработчиками и пользователями прикладных программ. Возможность передачи программных комплексов с одной системы на другую является очень существенным фактором для широкого круга пользователей. Переносимость пакетов программ обуславливает снижение стоимости программного обеспечения и обучения программистов, упрощает переход с одних технических средств на другие.

Вопросы унификации программного обеспечения ввода-вывода графической информации широко обсуждались в течение 1976—82 гг. на целом ряде международных совещаний в рамках ИФИП и ИСО. В 1982 г. был принят проект международного стандарта на обработку графической информации, получивший название «Графическая корневая система» (ГКС) [44].

Графическая корневая система обеспечивает функциональный интерфейс между прикладной программой и некоторым набором входных и выходных графических устройств. Функциональный интерфейс содержит все основные операции для реализации интерактивной и неинтерактивной машинной графики с использованием большого разнообразия графического периферийного оборудования ЭВМ.

Основной единицей в ГКС является **рабочее место**, позволяющее организовать общение человека с ЭВМ. Рабочее место содержит не более одного устройства отображения (или ни одного) и возможно несколько устройств ввода.

Предполагается, что рабочее место обладает некоторой вычислительной мощностью, либо локальной внутри устройства ввода (или вывода), либо внутри системы управления рабочим местом.

Для прикладной программы рабочее место существует как набор абстрактных устройств, технические детали работы реальных устройств несущественны для функционирования программы. Одновременно в системе может существовать несколько различных рабочих мест.

Для каждого рабочего места существует соответствующая таблица описания, в которой перечислены возможности и параметры рабочего места. Прикладная программа может сделать запрос о доступных возможностях и соответственно скорректировать свое поведение.

В ГКС геометрическая информация (координаты) может подвергаться преобразованиям. Эти преобразования определяют соотношения трех координатных систем, а именно:

- а) глобальные координаты (ГК), используемые в прикладной программе;
- б) нормализованные приборные координаты (НПК), приме-

няемые для определения единой координатной системы для всех рабочих мест;

в) приборные координаты (ПК) — одна координатная система для каждого рабочего места, в которой описываются координаты в поле отображения данного рабочего места.

На рис. 1.16 показано место ГКС в общей структуре организации программного обеспечения ЭВМ, представленного по слоям. При такой структуре предполагается, что каждый программный слой может обращаться только к функциям непосредственно прилегающих нижних слоев. Так прикладная программа может обращаться к программам проблемно-ориентированного слоя, языково-зависимому слою и к ресурсам операционной системы.

Унифицированная ГКС является языково-независимой ячейкой графической системы. Для возможности ее интеграции с применяемым языком программирования создается языково-зависимый слой, сохраняющий все языковые соглашения.

Доступ из всех программных слоев к любым графическим устройствам ЭВМ может быть реализован только через графическую корневую систему.

Графическое обеспечение (ГО) ЭВМ (слои II и III на рис. 1.16) может создаваться различными способами. Однако на современном уровне развития программирования наиболее целесообразным является подход к созданию пакета графических программ на базе универсального языка [3]. Это объясняется тем, что:

- отказ от существующих языков программирования в пользу специализированного резко сужает число потенциальных пользователей;
- для использования специального языка требуется переработать или заново создать транслятор;
- всякое изменение или расширение языка сопряжено со значительными трудностями, имея в виду переработку компилятора;
- графические конструкции в языке не имеют существенных преимуществ по сравнению с операторами вызова подпрограмм и функций;
- большинство графических операторов требует интерпретации, поскольку они программируются как обращения к библиотечным подпрограммам.

Анализ существующих пакетов графических программ с учетом основных требований к ГО позволил выделить среди них пакет «Графор» (графика на фортране), созданный в ИИМ АН СССР [3].

В настоящее время в Графоре более 400 программ, которые позволяют строить графики, карты изолиний, проекции поверхно-

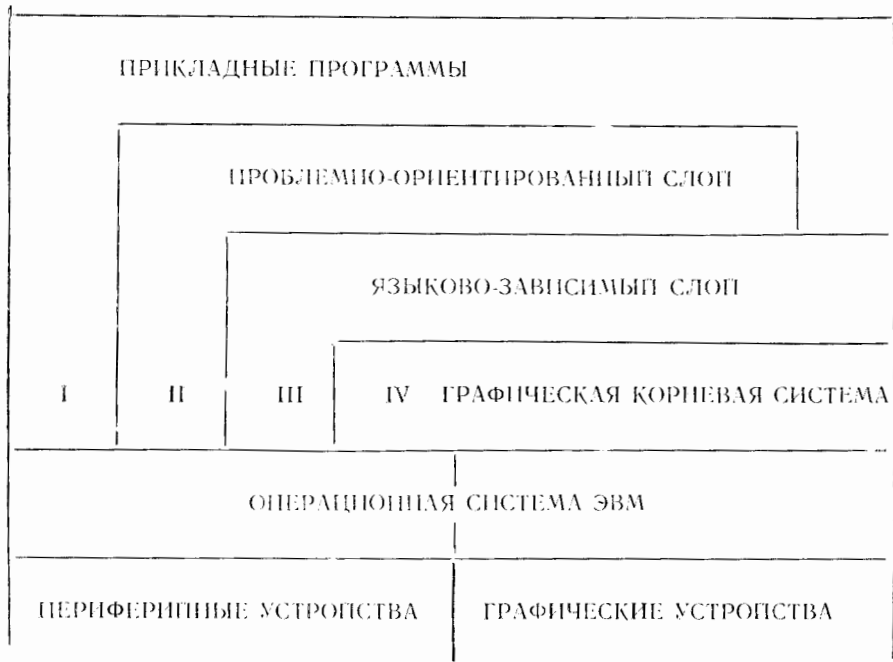


Рис. 1.16. Структура программного обеспечения ЭВМ

стей, применять методы сплайн-интерполяции и сглаживания, производить аффинные преобразования и экранирование, выполнять геометрические вычисления и т. д. По своей сути Графор является графическим расширением Фортрана (по-прежнему самого распространенного языка в области решения научных и инженерных задач с помощью ЭВМ). Однако его можно использовать и в программах, написанных на других языках, например, на Алголе, ПЛ/1, на автокоде и на языке ассемблера, что позволяет широко использовать накопленные библиотеки алгоритмов и прикладных программ для решения задач управления.

Графор нашел широкое распространение и используется как на отечественных ЭВМ БЭСМ-6, БЭСМ-4, М-222, Минск-32, ЕС-ЭВМ, СМ-3, СМ-4, М-6000, НАИРИ-4/АРМ и др., так и на зарубежных СДС-6500, CYBER-172, ELLIPSE, NORD, PDP-11, IRIS-80. Допускается вывод информации на графопостроители ЕС-7051, ЕС-7052, ЕС-7053, ЕС-7054, АП-7251, ИТЕКАН, АП-7252, АТЛАС, CALCOMP, BENSON и на графические дисплеи ЕС-7064, СИГДА, ЭПГ-400, ЭПГ-СМ, МПГН, VU-2000 (SINTRA), TEKTRONIX.

Данный пакет доведен до уровня программного продукта. Имеется документация как по применению, так и по эксплуатации.

Пакет состоит из двух частей — базисной и функциональной. Базисная часть определяет мобильность пакета по отношению к разнообразным графическим устройствам и служит основой при разработке функциональной части, которая имеет возможность расширения. При принятии в СССР стандарта (аналогичного ГКС) на обработку графической информации, изменения в основном затронут лишь базисную часть пакета.

Таким образом, включение пакета графических программ Графор в структуру организации программного обеспечения ЭВМ обеспечивает необходимую базу для построения или расширения проблемно-ориентированного и прикладного математического обеспечения для решения задач управления в интерактивном графическом режиме.

### 1.5. Методы и техника машинного черчения

Устройства вывода графической информации различаются в основном по принципу своего действия. Особенности электро-механических графопостроителей являются высокая точность рисования (до  $20 \div 50$  микрон), фиксация рисунка на обычной бумаге, практически неограниченные размеры рабочего поля (имеются графопостроители с размерами поля  $3 \times 7,5$  м и более), легкость получения многоцветных изображений. Скорость движения пера лежит в пределах  $50 \div 500$  мм/сек, максимальное время подъема и опускания пера — порядка  $10 \div 30$  мсек.

Устройства вывода изображения на ЭЛТ характеризуются высокой скоростью передвижения луча по экрану (порядка  $10^3 \div 10^5$  м/сек) и малой инерционностью включения, яркостью луча, возможностью вывода полутоновых изображений путем программного установления нужной градации яркости. Однако, для фиксации изображения требуется фото- или киноаппаратура.

Несмотря на различие в методах управления пишущим узлом, оба типа устройств используют общий принцип управления — преобразование двух чисел, характеризующих данную точку и хранящихся в памяти, в координаты изображаемой точки на двумерном графическом поле.

Работа электро-механического графопостроителя основана на перемещении механического пишущего узла вдоль поверхности носителя, обычно бумажного листа. Точки и линии получаются при опускании пера в соответствующие моменты времени.

Шаговые двигатели или двигатели постоянного тока с управлением по цепям обратной связи вращают ходовые винты, по которым перемещаются маточные гайки, укрепленные на траверсах.



В результате угол поворота вала двигателя преобразуется в линейное перемещение соответствующей траверсы. Траверсы связаны между собой телескопическим перекрестием, свободно перемещающимся по каждой из них и снабженным пишущим узлом. Таким образом, при любом перемещении траверсы пишущий узел всегда будет находиться в точке их пересечения. Пишущий узел перемещается также в вертикальном направлении и при помощи электромагнита может быть прижат к бумаге либо поднят по команде, поступающей со схемы управления.

В графопроектировщиках рулонного типа пишущий узел перемещается только вдоль одной траверсы. Движение в другом направлении достигается путем перемещения бумаги. Размеры рисунка в этом случае ограничены только в одном направлении шириной бумажного рулона, длина рулона бывает до 80 м.

Рассмотрим схему преобразования чисел в координаты светящейся точки на экране ЭЛТ. Положение луча на экране ЭЛТ пропорционально напряжениям, приложенным к отклоняющим пластинам для ЭЛТ с электростатическим отклонением (или токам в отклоняющих катушках для ЭЛТ с магнитным отклонением). Яркость светящейся точки зависит от напряжения, приложенного к системе управления интенсивностью луча. Для установки луча на экране ЭЛТ в заданную точку координат точки и код яркости луча выдаются из ЭВМ в соответствующие регистры, где они хранятся до следующей их смены по команде ЭВМ. В преобразователях «код-напряжение» эти коды преобразуются в соответствующие уровни постоянных напряжений, которые, через усилители, подаются на отклоняющие пластины и на систему управления яркостью луча. Если изображение должно состоять из отдельных точек, то перед каждой сменой координат луч гасится, изменяется содержимое регистров, и по окончании переходного процесса в ЭЛТ — луч вновь включается.

Если рисунок состоит также из линий, то луч включается на все время движения между двумя точками и гасится по приходе его в конечную точку линии.

Движение луча осуществляется путем последовательного изменения содержимого регистров каждый раз на единицу младшего разряда для перемещения луча в соседнюю точку.

Вначале в регистры выдаются абсолютные значения координат начала линии, и луч устанавливается в соответствующую точку на экране ЭЛТ, затем программа вызывает координату конечной точки, которая может быть задана как через абсолютные координаты, так и через величину приращения. Эта величина программно или аппаратно используется для определения числа шагов приращения регистров по обеим осям и выдачи импуль-

сов управления на выходные регистры, работающие по принципу реверсивного счетчика.

Интерполяция линий, как и в случае электромеханического графопроектировщика, производится по ступенчатой линии. После полной отработки заданного приращения на регистрах будут установлены абсолютные значения координат конечной точки линии и, следовательно, луч будет находиться в соответствующей точке экрана ЭЛТ, луч гасится, и на регистры могут быть вызваны координаты следующей точки. Так программа, обслуживающая вывод изображения, последовательно анализирует хранящиеся в памяти ЭВМ элементы числового массива, кодирующего рисунок, и формирует поэлементно, с разверткой во времени, рисунок на экране.

Для сокращения времени на формирование изображений некоторых символов (в том числе линий, дуг, окружностей, алфавитно-цифровых знаков и др.) используются генераторы символов, которые по командам выдают аналоговые сигналы для управления траекторией движения луча по экрану.

Кроме символьного способа формирования изображений, может быть использован также растровый, при котором изображение на экране получается путем подсвета определенных точек раstra, подобного телевизионному, образуемого путем последовательного прохождения электронного луча по всей площади экрана. Расположение светящихся точек, образующих видимое изображение, определяется матрицей, хранимой в памяти ЭВМ. Этот способ обеспечивает наиболее быстрый вывод сложных изображений, но требует сложных программ формирования изображения и большого объема памяти.

В отличие от графопроектировщика, луч ЭЛТ не оставляет на экране следа, способного храниться неопределенно долгое время. Люминофоры, используемые для покрытия экранов, имеют обычно послесвечение от нескольких миллисекунд до десятков секунд. В это время можно еще увидеть слабый рисунок на экране. Для возможности длительного наблюдения рисунка вывод изображения должен периодически повторяться с такой частотой, чтобы глаз наблюдателя воспринимал изображение как статическое, без мерцаний. Эта частота, называемая как и в обычном телевидении, частотой кадров, выбирается из условий физиологии человеческого зрения в пределах  $20 \div 40$  гц.

Для изготовления отчетного документа изображение с экрана может быть сфотографировано. Для этого требуется только дополнительное получение рисунка, поэтому время рисования практически может быть не ограничено. Фото- или киноаппарат с постоянно открытым затвором нацелен на экран ЭЛТ. Экран и объектив защищены от внешних источников света общим светонепроницае-

мым кожухом. Луч, движущийся по экрану, оставляет след на фотоэмульсии (тогда как на экране он может и не оставлять следа вовсе). По окончании обхода лучом всех элементов изображения фотопленка по команде из ЭВМ автоматически передвигается на один кадр. Поскольку при переводе кадра экран не светится, то управления затвором не требуется, и сам затвор, по существу, не нужен. После перевода кадра выводное устройство готово к фиксации следующего рисунка. Для контроля выводимых изображений кино съемочный блок снабжается параллельно работающим дисплеем с длительным послесвечением.

Одним из требований к съемке изображения с экрана является создание равномерной яркости всех элементов рисунка. При неизменном напряжении на системе управления яркостью луча яркость следа на фотоэмульсии зависит от времени экспозиции. Поэтому для фиксации отдельно стоящих точек рисунка луч включается на строго определенное время, а при фиксации линии принимаются меры по поддержанию постоянной скорости движения включенного луча вдоль линии. Устройства вывода информации на микрофильм хорошо согласуют скорость фиксации результата со скоростью его вычисления и несомненно имеют самые благоприятные перспективы в применении и развитии. Высокая разрешающая способность (до 4 тысяч линий на сторону квадрата рисунка) позволяет получить на микрофильме изображение практически любой сложности. За рубежом намечается тенденция к использованию таких устройств (СОМ-devices) в качестве основного устройства вывода информации для ЭВМ.

## Глава II

### МЕТОДОЛОГИЯ ИНТЕРАКТИВНОГО ГРАФИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

#### 2.1. Графические методы и модели в управлении

В настоящее время многие задачи из различных областей науки и техники решаются чаще аналитическими методами, реже графическими (геометрическими методами), хотя последние появились значительно раньше.

Древнейшие измерения земельных участков (1700 г. до н. э.), работы по механике (Аристотель, 384—321 гг., Архимед, 287—212 гг. до н. э.) носили геометрический характер [62]. Графические методы стали развиваться особенно быстро в начале XIX в. и к концу его прочно вошли в технику и производство, завоевали общее признание благодаря своей простоте, наглядности, выразительности, лаконичности, универсальности. Этот период некоторые исследователи назвали «золотым веком графических методов».

В начале XX в. рассмотрение графических методов как специфического научного языка явилось принципиально новой постановкой.

Остановимся на некоторых особенностях графического языка [4, 16, 27, 51]. Язык графиков может более гибко приспособиться для удовлетворения требований научного описания определенной группы явлений, чем универсальный естественный язык. Двумерность графиков повышает выразительность передаваемой ими информации по сравнению с естественным языком, пользующимся крайне ограниченными возможностями варьирования линейной исследователности фоном или письменных знаков.

Графики не просто иллюстрируют результаты исследований, они дают новое знание о предмете исследования, которое в исходном (цифровом) материале непосредственно не выявлено, остается скрытым. Таким новым знанием является обобщение, имеющее особую ценность для статистических научных исследований. Особинностью графических моделей, представляющих информацию в виде наглядных образов, является их способность передавать целый комплекс динамических взаимосвязанных свойств объекта,

причем, передавать их можно в таком виде, который непосредственно ассоциируется с этими свойствами.

Графические модели позволяют понять и отобразить процессы решения задач (в том числе и математических) с учетом и выделением специфических условий отдельных этапов, шагов процесса [63]. Все эти качества являются существенными достоинствами графической информации, которые предопределили ее практическое использование и в процессах управления (принятии решения, исследовании взаимосвязей между различными факторами, определении расчетных показателей и нормативов, контроле и учете, группировке и классификации производственных операций).

Графические методы в управлении представляют собой совокупность способов условного изображения какого-либо организационного или управленческого решения или процесса [22, 31, 58]. Впервые они были применены американскими инженерами Ф. У. Тейлором и Г. Л. Гантом. Графики Ганта — простейший тип организационно-технологических моделей — были первыми моделями календарного планирования.

В дальнейшем были разработаны циклограммы. Новый этап в совершенствовании управления начинается с момента появления и использования сетевых методов и моделей (60-е годы).

По мере перехода от простых линейных к более сложным сетевым графикам в управлении стали находить все возрастающее применение методы исследований операций, такие, как математическое программирование, машинное моделирование, исследование динамических процессов, оптимизация экономической эффективности, управление качеством в условиях случайности, управление запасами и др., однако и здесь известны примеры приложений графических методов, например, в линейном программировании, в теории функции комплексного переменного, в интегральном и дифференциальном исчислении [61], в исследованиях динамических систем, в теории автоматического управления [42].

Несмотря на преимущества графических и графоаналитических методов решения задач управления, до середины 70-х годов наблюдается уменьшение их значения по сравнению с аналитическими. Одна из причин заключалась в том, что автоматизация вычислительных процессов намного опередила по времени и по уровню развития автоматизации графических работ. Хотя экономико-математические модели и ЭВМ внесли принципиальные изменения в методологию управления производственно-хозяйственной деятельностью организаций, графическое моделирование процессов управления по-прежнему остается актуальным.

Анализ производственной деятельности и организационно-технологических требований показал, что организаторам и руководителям, плановым и управленческим работникам в большин-

стве случаев нужна информация в виде наглядных простых календарных графиков, реально отражающих процесс и место производства, продолжительность работ и необходимые ресурсы, позволяющих оперативно вносить изменения в плановые показатели.

В связи с непрерывным ростом специализации и индустриализации производства с увеличением сложности и размеров управляемых объектов, возникновением новых технологических процессов непрерывно увеличивается объем информации, необходимый для организационно-технологической подготовки производства, планирования, контроля, анализа, оценки и принятия решений.

В таких условиях задача решения проблем автоматизации обработки графической информации и автоматического формирования управленческой документации в виде календарных графиков с помощью интенсивно развивающихся средств и методов машинной графики становится весьма актуальной. Необходимость и практическое объединение преимуществ систем машинной графики с достоинствами графического языка и графического моделирования в задачах управления — очевидна и объективна.

В настоящее время научными и практическими работниками ведутся поиски совершенствования традиционных и новых форм календарных графиков, обладающих необходимой и достаточной информацией для оперативного руководства [21]. При этом важное значение приобретает вопрос о целесообразной, наглядной форме графического изображения календарных планов и другой организационно-технологической документации. Эффективность решения этих задач зависит от степени учета системотехнических требований, требований инженерной психологии и инженерной графики по эргономичности, стандартизации и унификации календарных графиков, возможности автоматизированного их построения, корректировки и использования в интерактивном режиме. С целью обобщения накопленного опыта по графическому моделированию задач управления была проведена классификация графических форм представления информации, получивших на практике наибольшее распространение\*. В результате проведенного исследования сформирован альбом модулей графических форм (приложение III), который предназначен для использования в задачах управления.

Основным признаком классификации графиков является их назначение: иллюстрация некоторого объекта или процесса, наглядное представление взаимосвязи показателей, контроль и анализ выполнения планов, управление процессом проектирования.

\* Работа выполнена в ЕрНИПИ АСУГ исполкома Ергорсовета Т. А. Сеньиной и С. М. Мелкияном под руководством автора.

С учетом этого положения все графики в альбоме подразделены на 7 групп:

- 1) структурные графики показательного типа, характеризующие состав объекта и взаимосвязи его частей;
- 2) иллюстративные графики функциональных зависимостей между отдельными параметрами;
- 3) сравнительные диаграммы;
- 4) динамические диаграммы;
- 5) статистические карты;
- 6) плановые графики;
- 7) сетевые графики.

В альбоме представлено краткое описание каждой группы, приведены иллюстративные примеры. Для обозначения рисунков принята трехзначная нумерация: первый знак — номер группы, второй — номер подгруппы, третий — порядковый номер графика.

Анализ методических материалов по различным системам документации позволил установить, что в настоящее время отсутствует единый стандарт на графические документы, предназначенные для использования в АСУ. Вместе с тем следует отметить, что существуют ГОСТ-ы, регламентирующие правила выполнения отдельных элементов графических документов (в качестве таких элементов могут выступать форматы, основные надписи, линии, размеры изображения, шрифты, масштаб выполнения).

При использовании на практике каждой группы графиков, приведенных в альбоме форм (см. приложение III), следует выполнять требования, изложенные в ГОСТ-х ЕСКД, унифицированных систем документации (УСД), кроме того, для групп I и VI дополнительно следует учитывать стандарты СЭВ (Ст. СЭВ).

Для эффективного использования систем машинной графики в управлении в условиях экономико-математического моделирования необходимо определить место и значение графических моделей в общей структуре математической модели объекта управления.

## 2.2. Математические модели объекта и задачи управления

Как известно, большинство задач управления сводится к исследованию данной системы (подсистемы) на математических моделях для изучения различных вариантов решений, которые могут возникнуть в реальной системе (подсистеме) путем подстановки в модель значений параметров внешней среды, эквивалентных действительным условиям.

В силу исключительного разнообразия встречающихся в практике управления задач и недостаточной изученности их математического описания, порядок структуризации объекта управления

и выбор математических схем для описания элементов объекта нельзя считать окончательно сложившимся. Поэтому в работе рассматривается математическая модель сложной системы (объекта)

$$F = F(X, Y, W, q),$$

где  $X = \{x_1, \dots, x_n\}$  — множество входных воздействий;

$Y = \{y_1, \dots, y_m\}$  — множество выходных сигналов;

$W = \{\omega_1, \dots, \omega_n\}$  — множество состояний системы;

$q$  — структура системы, которая определяется связями между ее элементами. Множество входных воздействий может быть разбито на три подмножества:

$X_U$  — управляемые воздействия;

$X_K$  — неуправляемые, но контролируемые воздействия;

$X_{NK}$  — неуправляемые и неконтролируемые воздействия.

Считается, что управляемые воздействия  $X_U$  полностью известны. Воздействия типа  $X_K$  могут лишь контролироваться и учитываться при изучении свойств системы и обработке экспериментальных данных.

В каждом конкретном случае используется не вся совокупность величин  $X_U$  и  $X_K$ , а выделяется лишь существенная часть  $X_U$  и  $X_K$ . Вся часть неучтенных воздействий может быть отнесена к воздействиям типа  $X_{NK}$ , к которым относится множество случайных и неопределенных факторов. Под «выходными» понимаются только те сигналы, которые доступны для представления словесу.

Большинство математических моделей в управлении можно отнести к моделям принятия решений, которые отражают и процесс выбора решений, и сами системы, на которые эти решения влияют [1].

При этом задача принятия решений формулируется в следующем виде: отыскать те значения управляемых воздействий, которые при заданных ограничениях и при фиксированных неуправляемых воздействиях оптимизируют результат функционирования системы.

В математической постановке формирование оптимального решения сводится часто к задаче математического программирования:

$$\min_{X \in D} Q(y_1, \dots, y_m),$$

$$\text{где } D = \{X / f_i(y_1, \dots, y_m) \geq 0, i = 1, 2, \dots, m\} \quad (2.1)$$

при многокритериальной (векторной) оптимизации:

$$\min_{X \in D} Q_1(y_1, \dots, y_m); \min_{X \in D} Q_2(y_1, \dots, y_m); \dots; \min_{X \in D} Q_s(y_1, \dots, y_m). \quad (2.2)$$

На практике используется также метод формирования рациональных решений, базирующийся на комплексном использовании оптимизации и имитационного моделирования.

Процесс решения задач (2.1) — (2.2) характеризуется [56]:

- большими затратами машинных ресурсов;
- неопределенностью принятия оптимального решения из-за многокритериальности задач, многоэкстремальности и стохастичности функций цели, причем некоторые критерии даже не имеют количественной оценки;

- отсутствием четких рекомендаций по эффективному использованию традиционных математических методов оптимизации.

Обычно на вход моделирующей программы подаются численные значения воздействий, на выходе получаются таблицы, списки или текстовые сообщения. Пользователь может влиять на процесс моделирования только заданием других значений воздействий и повторением всего процесса в целом.

Один из возможных путей преодоления отмеченных трудностей является применение интерактивных методов оптимизации.

Применение интерактивных режимов работы оказывается эффективным по затратам машинного времени и точности получаемого решения при изменении математической формулировки задачи (вида целевой функции, количеств и типа варьируемых параметров, значений ограничений), при выборе начального допустимого приближения в (2.1), при решении задач большой размерности, в поисках экстремальных точек вдоль нелинейных границ допустимой области  $D$ , в минимизации функций, заданных в невыпуклой или многосвязной области допустимых решений, при выборе способа свертывания векторного критерия оптимальности в (2.2) для формирования решений, оптимальных по Парето, в поиске оптимально-компромиссного решения среди множества эффективных точек [56].

Для решения оптимизационных задач техническое и математическое обеспечение интерактивных систем должно обеспечивать выполнение следующих основных процедур:

- ввод и редактирование исходных данных;
- выбор начального приближения (особенно при решении многоэкстремальных задач);
- движение к локальному экстремуму с помощью некоторого стандартного алгоритма (желательно иметь библиотеку алгоритмов с различными характеристиками);
- отображение промежуточных и конечных результатов оптимизации (например, графика траектории движения к экстремуму или графика скорости сходимости процесса оптимизации);
- управление процессом оптимизации на основе анализа

промежуточных данных (например, переключение с одного библиотечного алгоритма оптимизации на другой).

Графическое представление определенных промежуточных результатов решения экстремальной задачи будет способствовать лучшему пониманию процесса человеком и, вероятно, поможет в определении экстремума.

Наибольшую пользу от интерактивных графических методов и систем можно извлечь особенно там, где трудоемкость подготовки данных и представления результатов в графической форме является доминирующей, либо достаточно большой, а также там, где математическая модель используется для исследования влияния каких-либо вариаций входящих в нее параметров.

Рассмотрим общие принципы использования моделирующих алгоритмов в интерактивном режиме оптимизации.

Процесс решения задач (2.1) и (2.2) расчленяется на этапы, исследовательность и состав их использования изменяется в зависимости от класса решаемой задачи, ее постановки, формулируемой цели.

Для случая независимых исходных параметров исследование математической модели (анализ вариантов и выбор альтернативы) представлено в виде схемы (рис. 2.1). Заштрихованные участки верхних окружностей представляют области значений воздействий  $X$ , прямоугольники 1—12 — некоторые алгоритмические блоки. Заштрихованные участки нижних окружностей представляют область изменения конечных критериев (например, различных технико-экономических показателей). Число алгоритмических блоков или конечных критериев может быть и больше.

На рис. 2.1 приведено графическое представление ориентированного графа. Подобным образом может быть представлена любая логическая схема практически выполнимого алгоритма [24].

С помощью известного математического аппарата можно осуществить сечение алгоритма на различные этапы (I—I, II—II, III—III, IV—IV, рис. 2.1).

Перед тем как осуществить передачу информации от одного алгоритмического блока к другому, эту информацию целесообразно преобразовать в графическую и алфавитно-цифровую форму (в некоторую графическую абстракцию) и представить в виде оценочной характеристики на обозрение человеку для принятия решения о дальнейшем ходе вычислительного процесса. При этом суть процесса оптимизации сводится к направленному перебору значений воздействий с целью получения промежуточных (локальных) оценочных характеристик, а затем и значений конечных критериев, близких к оптимальным.

Наличие промежуточных (локальных) оценочных характери-

стик позволяет всю задачу расчлениить на ряд подзадач. Каждой оценочной характеристике, исходя из специфики рассматриваемой задачи, можно поставить в соответствие некоторый эталон (число, график, диаграмму или некоторую графическую абстракцию). Ориентируясь на этот эталон, можно достаточно эффективно выявить области неприемлемых значений воздействий и тем самым

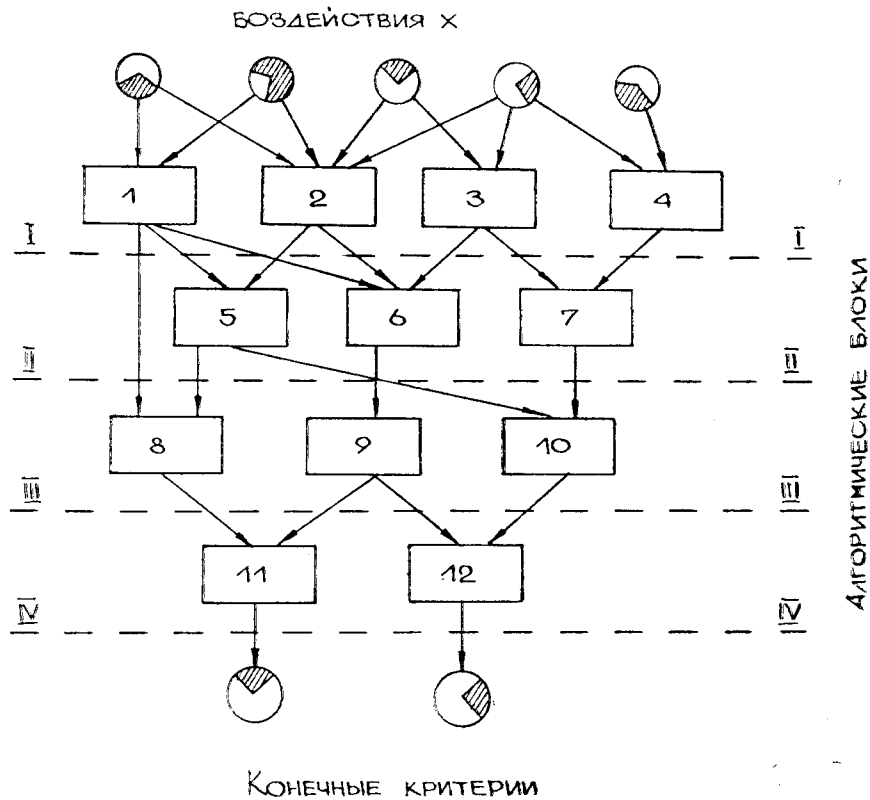


Рис. 2.1. Схема исследования математической модели

сократить число возможных перебор, общее время решения и затраты машинных ресурсов.

Известно, что локальная оптимизация на ранних этапах, хотя и сокращает перебор вариантов, но не всегда может привести к глобальному оптимуму. Однако применение системных методов исследования позволяет сложные системы делить на подсистемы,

каждая из которых может не влиять друг на друга, но оказывает значительное воздействие на функционирование системы в целом. Такой подход, например, реализуется в сетевом планировании и управлении. Поэтому, несмотря на то, что локальные критерии могут и не дать единственного правильного решения, они позволяют значительно сузить область изменения варьируемых параметров и сокращают время просмотра одного варианта [38, 56].

Чтобы процесс оптимизации с помощью интерактивной системы был достаточно эффективным, математическая модель должна отвечать некоторым требованиям. Эти требования касаются лишь структуры модели. Проведенный анализ показал, что большинство моделей, применяемые в задачах управления, могут быть легко перестроены.

Решение оптимизационной задачи с помощью интерактивной системы может быть осуществлено, если пользователь системы имеет в своем распоряжении некоторое множество команд, с помощью которых можно было бы управлять ходом вычислительного процесса.

Входной язык, используемый пользователем в процессе решения задачи, определяется описанием множества возможных команд и их синтаксиса. Пользователь обращается к системе на входном языке и получает ответ в виде графических изображений и различных текстовых сообщений. Этот процесс и характеризует аналог. Эффективность интерактивной системы определяется входными языками, поэтому вопросам их разработки, упрощения и внедрения необходимо уделять большое внимание. Наиболее полно свойства входных языков обсуждены в [17, 48], где рассмотрены некоторые удобные и наглядные методы их описания с помощью так называемых диаграмм состояний, в которых используются понятия и обозначения из теории конечных автоматов. В условиях интерактивного режима работы пользователь воздействует на систему с помощью некоторой команды, после выполнения которой система переходит в новое состояние в соответствии с диаграммой состояния. Каждое состояние на диаграмме обозначается своим именем (символом в виде окружности). Действия, выполняемые программой между состояниями, обозначаются треугольниками на конце дуг, а дуги диаграммы обозначают элементы команд. Графическое описание диаграммы состояний можно переводить в текстовое (табличное).

При формировании основных составных частей входных языков графических систем необходимо учитывать различные интерактивные методы применения устройств графического ввода.

Подробное обсуждение их преимуществ и недостатков, областей применения, необходимого технического и программного обеспечения содержится в [17, 48, 59].



Возможности интерактивных методов во многом определяются принципами и структурой организации интерактивных систем, составом используемых средств связи человека с ЭВМ и их математическим обеспечением.

### 2.3. Основные принципы геометрического анализа и синтеза математической модели

Исследование сложной системы, ее математической модели с помощью геометрических образов может быть основано на трех основных принципах: непрерывности, соответствия, совместимости.

Согласно **принципу непрерывности**, при непрерывном изменении воздействий  $X=X(t)$  непрерывно изменяются и выходные сигналы (отклики)  $Y=Y(t)$ . Траектории движения точек (будем называть их «изображающие точки») и кривых, отражающих эти взаимоотношения и состояния системы, также будут непрерывными.

**Принцип соответствия** устанавливает, что каждому состоянию системы соответствует определенный геометрический образ. В зависимости от числа переменных и состояний системы, множество воздействий или откликов можно отобразить в виде геометрических образов в  $n$ -мерном пространстве, на плоскости при  $n=2$  или в трехмерном пространстве при  $n=3$ . Эти принципы нашли широкое применение в задачах оптимизации показателей едем использования ресурсов. Одним из таких показателей является максимальное приближение плановой эноры потребления ресурсов к наперед заданной эноре.

Однако принципы непрерывности и соответствия не устанавливают взаимоотношения между геометрическими образами состояний частных систем и всей системы. Под частной системой по отношению ко всей системе с числом элементов  $n+1$  понимаются все возможные комбинации подсистем из  $n$  элементов, входящих в данную систему.

**Принцип совместимости** дополняет первые два и отражает допустимые технологические процессы, которые могут иметь место в моделируемой системе, что позволяет отобразить в пространстве состояний один из возможных вариантов ее функционирования.

Если геометрические образы частных систем отображены в  $n$ -мерном пространстве, то в результате конструирования из них всей системы, пространственная размерность полученного образа увеличится на единицу  $n+1$ .  $N$ -мерный геометрический образ может быть представлен, в свою очередь, посредством  $M$  проекций его в трехмерное пространство, где  $M=C_n^3$ , а каждая трехмерная проекция с помощью трех двумерных.

Допустим, на систему в какой-то промежуток времени дей-

ствуют внешние факторы, которые приводят к изменению состояния системы. Задача управления будет состоять в том, чтобы не допустить изменения заданного геометрического образа системы или максимально приблизиться к нему, или не допустить вариации его вне установленной области.

Используя перечисленные принципы, предлагаются два основных метода геометрического моделирования, которые выполняют:

- конструирование и синтез из геометрических образов частных систем геометрический образ всей системы (прямой метод);
- анализ и разбиение геометрического образа всей системы на геометрические образы частных систем (обратный метод).

Не прибегая к реальному эксперименту, с помощью прямого и обратного методов, а также их комбинаций, можно теоретически построить (типичные или эталонные) геометрические образы моделируемой системы и ее проекции.

Представляет интерес исследование математической модели в динамике.

Процесс перехода  $v$ -й изображающей точки в пространстве состояний системы из  $k$ -го состояния в  $(k+1)$ -е состояние может интерпретироваться двумя точками как на плоскости, так и в  $N$ -мерном пространстве. Переход из одного состояния в другое изображается на графике кривой — траекторией движения изображающей точки.

Изменение состояния системы может произойти в результате выполнения какого-либо действия согласно принятому решению, которое можно геометрически интерпретировать также парой точек. Следовательно, каждому действию или способу действия будет соответствовать определенная одна и только одна кривая (прямая) на плоскости или в пространстве, а множеству решений, характеризующих целенаправленное управление, будет соответствовать определенный геометрический образ.

Для того, чтобы определить степень адекватности или «вписанности» состояния системы в требуемый или желаемый образ, необходима система оценок. Приведенные ниже оценки не претендуют на полноту охвата всех характеристик системы и могут быть дополнены.

Под **целью** будем понимать желаемое состояние, которое, будучи осуществимым в принципе, не может быть достигнуто на протяжении определенного (планируемого) периода.

**Задача** — это желаемое состояние, которое осуществимо на протяжении планируемого периода. Следовательно, задача — цель, которая осуществляется в определенный период времени.

**Идеал** (оптимум или оптимальное состояние) — состояние, которое недостижимо на практике, но к которому можно беспрестанно приближаться, например, безрезервный календарный план.

**Сценарий** — описание того, каким может стать состояние системы через определенное время.

**Действие** (решение) — единичный поступок человека, направленный на сохранение или получение желаемого состояния.

**Способ действия** — действие, повторяющееся при аналогичных обстоятельствах.

**Политика** — правило выбора действий или решений.

**Затраты** — объем ресурсов (материальных, людских), необходимых для достижения заданного состояния.

**Эффективность задачи** — отношение задачи к цели.

**Рассогласование задачи** — разница между задачами и целью.

**Экономичность задачи** — отношение затрат задачи к затратам цели.

**Полезность задачи** — отношение эффективности к экономичности.

**Рассогласование затрат** — разница между затратами задачи и цели.

**Качество цели** — отношение между целью и идеалом.

Допустим в некоторый момент времени  $t=t_0$  оптимальное состояние моделируемой системы и цель отражаются в пространстве изображающей точкой Ц (или вектором  $V_{Ц}$ ), а задача — точкой З (или вектором  $V_З$ ).

На основании принятых выше определений имеем:

— эффективность задачи  $\Theta = V_З/V_{Ц}$ ;

— рассогласование задачи  $R_Р = V_З - V_{Ц}$ ;

— рассогласование затрат  $R_З = Z_З - Z_{Ц}$  ( $Z_З$  и  $Z_{Ц}$  — соответствующие затраты на задачу и цель);

— экономичность задачи  $\Theta К = Z_З/Z_{Ц}$ ;

— качество цели  $K = V_{Ц}/V_{И}$ ;

— полезность задачи  $\Pi = \Theta/\Theta К$ .

Чем ближе задача приближается к цели, тем выше эффективность, которая по значению приближается к единице (рис. 2.2).

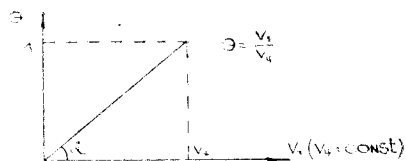


Рис. 2.2. Эффективность задачи:

а)  $R_Р < 0$  при  $V_З < V_{Ц}$ ;

б)  $R_Р = 0$  при  $V_З = V_{Ц}$  (задача=цель)

Эффективность задачи можно отождествить с мерой целесообразности того или иного действия.

Если в момент  $t \leq t_0$  экономичность задачи  $\Theta К = 1$ , то это означает, что при достижении цели будет израсходовано больше ресурсов, чем запланировано, т. е. налицо будущий перерасход ресурсов (рис. 2.3).

Качество цели определяет степень приближения цели к идеальному состоянию, в принципе недостижимому (рис. 2.4). Таким

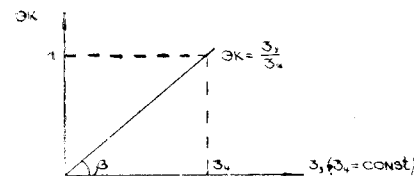


Рис. 2.3. Экономичность задачи:

а)  $R_З < 0$  при  $Z_З < Z_{Ц}$ ;

б)  $R_З = 0$  при  $Z_З = Z_{Ц}$ ;

в)  $R_З > 0$  при  $Z_З > Z_{Ц}$

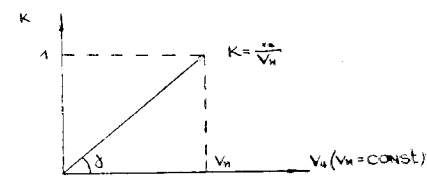


Рис. 2.4. Качество цели

образом, с помощью разделения целей и задач учитываются соотношения локальных интересов подсистем с целью всей системы.

Для определения политики необходимо рассматривать не только комплекс оценок относительно отношения задачи к цели, но и относительно отношения задачи к задаче. Например, в результате двух действий (или совокупности действий)  $D_A$  и  $D_B$  получаем, что  $\Theta_A = \Theta_B$ ,  $\Theta К_A = \Theta К_B$  при  $C_A = C_B$ . Выбор альтернативы, очевидно, будет зависеть от того:  $K_A$  больше или меньше  $K_B$ ? В случае равенства и этих величин окончательный выбор может зависеть от отношения  $\Pi_A$  и  $\Pi_B$ .

Сущность «движения» системы — ее последовательный переход от одного состояния к другому. Характер движения обуславливает протяженность перехода изображающей точки в некотором измерении. Поэтому важными параметрами оценки отношения задачи к задаче являются: протяженность траектории (расстояние между крайними точками  $\rho_{(A, B)}$ ) и скорость перемещения  $v$  изображающей точки.

Для точек  $A = (\omega_{1A}, \omega_{2A}, t_A)$  и  $B = (\omega_{1B}, \omega_{2B}, t_B)$  имеем

$$\rho_{(A, B)} = \sqrt{(\omega_{1B} - \omega_{1A})^2 + (\omega_{2B} - \omega_{2A})^2 + (t_B - t_A)^2}$$

Длина траектории  $l_{(A, B)}$  выражается интегралом

$$l_{(A, B)} = \int_A^B \sqrt{d\omega_1^2 + d\omega_2^2 + dt^2}$$

Скорость перемещения изображающей точки относительно времени равна

$$v_t = \frac{dl}{dt} \quad \text{или} \quad v_t = \frac{\sqrt{d\omega_1^2 + d\omega_2^2 + dt^2}}{dt}$$

Для сравнения и анализа различных состояний системы могут быть использованы формулы для определения кривизны КР, радиуса  $R_T$  и центра  $C_T$  кривизны траектории. Для примера

$$KR = \frac{\sqrt{(\omega_1' \omega_2'' - \omega_2' \omega_1'')^2 + (\omega_2')^2 + (\omega_1'')^2}}{\sqrt{[(\omega_1')^2 + (\omega_2'')^2]^3}}, \quad R_T = 1/KR,$$

где штрихи обозначают дифференцирование по параметру  $t$ .

Координаты  $\omega_{1c}$ ,  $\omega_{2c}$ ,  $t_c$  центра кривизны выражаются формулами

$$\left. \begin{aligned} \omega_{1c} &= \omega_1 + \frac{1 + (\omega_1')^2 + (\omega_2'')^2}{\varepsilon^2 + \gamma^2 + \eta^2} \quad (\varepsilon \rightarrow \omega_2''), \\ \omega_{2c} &= \omega_2 + \frac{1 + (\omega_1'')^2 + (\omega_2')^2}{\varepsilon^2 + \gamma^2 + \eta^2} \quad (\varepsilon \omega_1 - \gamma), \\ t_c &= t + \frac{1 + (\omega_1'')^2 + (\omega_2')^2}{\varepsilon^2 + \gamma^2 + \eta^2} \quad (\gamma \omega_2' - \eta \omega_1'), \end{aligned} \right\}$$

где для краткости введены следующие обозначения:

$$\varepsilon = \omega_1' \omega_2'' - \omega_2' \omega_1'', \quad \gamma = -\omega_2'', \quad \eta = \omega_1'.$$

Кривизна характеризует степень отклонения траектории от прямолинейной формы, однако в пространстве состояний необходимо определить еще и степень отклонения траектории от плоской формы — кручение  $\sigma$ , которое выражается формулой

$$\sigma = \frac{\begin{vmatrix} 1 & \omega_1' & \omega_2' \\ 0 & \omega_1'' & \omega_2'' \\ 0 & \omega_1''' & \omega_2''' \end{vmatrix}}{\varepsilon^2 + \gamma^2 + \eta^2},$$

при этом радиус кручения  $r_{кр} = \frac{1}{\sigma}$ .

Опыт работы показал, что в задачах управления с помощью геометрических образов и предлагаемой системы оценок облегчается анализ и синтез альтернативных решений, наглядное сравнение и выбор различных вариантов функционирования системы.

Исследование математической модели в интерактивном графическом режиме, выявление законов движения изображающих точек моделируемой системы требует разработки соответствующей методики [8].

#### 2.4. Методика организации решения задач управления в интерактивном режиме

Пусть сложная система описывается уравнениями, которые можно рассматривать как ее математическую модель:

$$Y_i = F_i(X; t), \quad 1 \leq i \leq h, \quad (2.3)$$

где  $X = (x_1, \dots, x_j, \dots, x_n)$  — вектор варьируемых параметров или переменных,  $x_j \in [a_j, b_j]$ ;  $t$  — независимая переменная с областью изменения  $[A_1; B_1]$ ;  $Y_i$  — выходные параметры системы, оптимальная форма которых как функция от  $t$ , допустим, известна. Мы говорим о форме выходов модели, исходя из необходимости их качественной оценки.

Известно, что система уравнений (2.3) реализуется на некотором вычислительном устройстве с помощью соответствующего алгоритма.

Определение 1. Будем говорить, что оператор  $B_0$  непосредственно информационно зависит от оператора  $A_c$ , если оператор  $B_0$  выполняется над результатом оператора  $A_0$ .

Определение 2. Оператор  $A_c$  непосредственно управляет операторами  $B_0$  и  $C_0$ , если результат оператора  $A_c$  определяет, какой из этих двух операторов должен выполняться, и если при этом оператор  $A_0$  непосредственно предшествует операторам  $B_0$  и  $C_0$  [24].

Определение 3. Замкнутой системой операторов алгоритма  $AI$  назовем систему  $S3$  с одним выходом, операторы которой, за исключением одного, выполняемого последним, обладают следующими свойствами:

- не управляют ни одним оператором алгоритма  $AI$ , не являющимся элементом системы  $S3$ ;
- от них непосредственно информационно не зависит ни один из операторов алгоритма  $AI$ , который не является элементом  $S3$ .

Замечание 1. Система из одного оператора — замкнутая система.

Замечание 2. Замкнутая система внутри себя может также содержать замкнутые подсистемы.

Известно, что всякий алгоритм можно представить в блочном виде и что для любого алгоритма можно построить либо две граф-схемы (для информационных и управляющих связей), либо одну объединенную схему с указанием типа связей.

Такое построение может быть выполнено на основании определения 1.

Определение 4. Оператором " $j_0$ "-й ступени объединенной граф-схемы назовем оператор, который непосредственно зависит от управляемых параметров и операторов предыдущих ступеней, среди которых имеется по крайней мере один оператор  $(j_0-1)$ -й ступени.

Замечание. Оператор нулевой ступени зависит от варьируемых параметров.

Весь алгоритм  $AI$  можно рассматривать как набор замкнутых систем. Некоторые из информационных выходов замкнутых систем могут быть использованы для количественной и качественной оценки результатов работы алгоритма. Назовем их индикаторами  $I_m$ , где  $1 \leq m \leq M$ ,  $M$  — общее число индикаторов данного алгоритма  $AI$ . Относительно индикатора  $I_m$  как функции от  $t$  известно, что если его форма (значение) при некотором  $X$  близка к эталону  $G_m$ , то возможно и все  $Y_i$  имеют оптимальную форму (значение), в противном случае известно, что по крайней мере один из  $Y_i$  оптимальной формы (значения) не имеет.

Представим алгоритм в беспетлевом виде (как ориентированный граф без петель и контуров) посредством объединенной граф-схемы информационных и управляющих связей, исходя из которой несложно составить информационную таблицу. Эта таблица будет отражать зависимости промежуточных результатов работы алгоритма от варьируемых параметров.

Пример. Пусть имеется граф-схема информационных связей (рис. 2.5), которой соответствует таблица. Назовем ее информационной.

Информационная таблица отражает зависимости промежуточных результатов  $Q_1, Q_2, \dots, Q_p$  от исходных параметров  $X$ . Некоторые из промежуточных результатов могут быть индикаторами. Пусть для нашего примера ими будут  $Q_3, Q_5, Q_7$ .

Рассмотрим некоторые понятия, касающиеся индикатора и вообще промежуточных результатов, которые вытекают из информационной таблицы.

Определение 5. Рангом индикатора назовем размерность подпространства, образованного варьируемыми параметрами  $x_j$ , вошедшими в столбец информационной таблицы для данного индикатора. На основании определения можно записать:

$$r_m = N - K_m,$$

где  $r_m$  — ранг " $m$ "-го индикатора.

$K_m$  — число варьируемых параметров  $x_j$ , от которых зависит индикатор  $I_m$ .

В нашем примере ранг индикатора  $Q_3$  равен нулю,  $Q_5$  — трем,  $Q_7$  — двум. Аналогичным образом может быть определен ранг любого промежуточного результата.

$N$	$Q_1$	$Q_2$	$Q_3$	$Q_4$	$Q_5$	$Q_6$	$Q_7$	$Q_8$	$Q_9$
1	*		*			*			*
2	*		*	*		*	*	*	*
3	*		*			*			*
4		*	*	*	*	*	*	*	*

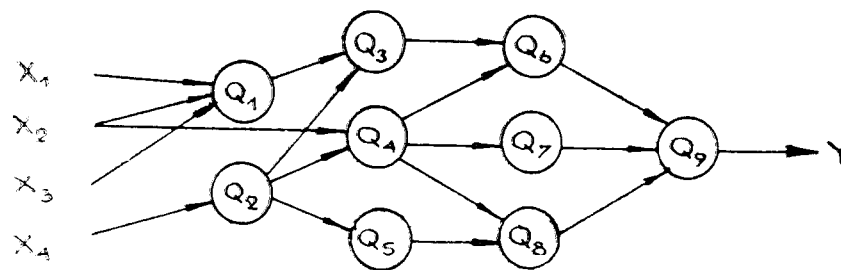


Рис. 2.5. Пример граф-схемы информационных связей

Далее предполагаем, что  $t$  и  $x_j$  могут принимать только дискретные значения:

$$t_0 = t_{\min} < t_1 < t_2 < \dots < t_{\beta-2} < t_{\beta-1} = t_{\max}$$

$$x_j^k = x_j + \frac{b_j - a_j}{\beta - 1} k, \quad 0 \leq k \leq \beta - 1.$$

Таким образом, каждое из подпространств размерности  $r$  будет содержать в области изменения параметров  $\beta^r$  точек.

Можно считать очевидным утверждение, что индикатор (или промежуточный результат) с меньшим рангом не может непосредственно предшествовать индикатору (или промежуточному результату) с большим рангом. В соответствии с вышеуказанным в [8] предлагается алгоритм решения оптимизационной задачи (задачи математического программирования или многокритериальной векторной оптимизации), который иллюстрируется следующей схемой (рис. 2.6).

Вначале решается ряд подзадач, в каждой из которых доби-

ваются того, что индикатор  $I_m$  становится близким к эталону  $G_m$ , с учетом различных ограничений. Это существенно сужает возможную область изменения параметров  $X$ .

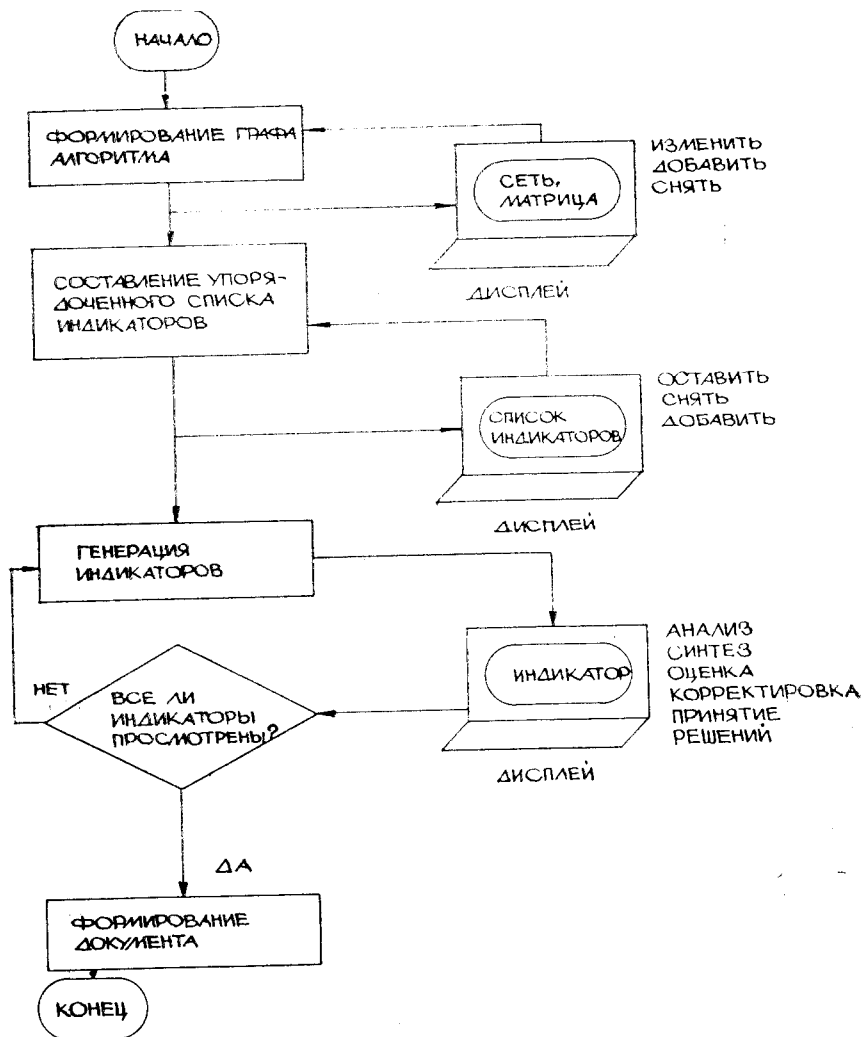


Рис. 2.6. Схема организации решения задачи

1. После интерактивного формирования графа моделирующего алгоритма  $AI$  и составления необходимого списка индикаторов осуществляется фиксация некоторых варьируемых параметров.

2. Производится вычисление по алгоритму  $AI$  до индикатора, имеющего наивысший ранг.

3. Человек анализирует индикатор и дает указания машине о дальнейшем ходе вычислений. Указания могут быть, например, такими:

а) «Продолжить вычисления» (вычисления продолжают до получения индикатора со следующим по величине рангом или до индикатора, указанного человеком);

б) «Прекратить вычисления» (по этому указанию происходит ограничение области изменения параметров или выполняется ее корректировка).

При отказе от некоторого варианта дается указание о выборе следующей точки в области изменения параметров.

Сокращение числа рассматриваемых вариантов происходит за счет ограничения области изменения параметров.

Замечание. В том случае, когда имеются несколько независимо вычисляемых индикаторов с одинаковыми рангами, первым вычисляется индикатор, который требует для своей реализации меньшего числа машинных операций.

Далее, пользуясь подходящим машинным методом оптимизации, в выделенной области находим экстремум функции цели. Для согласования различных функций цели путем введения глобального критерия можно пользоваться рекомендациями работ [38, 45].

Чтобы сделать алгоритм исследования математической модели задачи управления более гибким, полезно предусмотреть возможность его перестроения. Потребность в перестроении может возникнуть при обновлении или при создании новой математической модели, так как сразу трудно установить рациональную последовательность операторов, обеспечивающую вычисление индикаторов в порядке убывания их рангов. С этой целью необходимо создать моделирующий алгоритм  $AI$  из некоторых крупных и легко заменяемых блоков (модулей).

Определение 6. Замкнутая система операторов алгоритма  $AI$  называется блоком (модулем), если среди операторов этой системы, за исключением последнего, нет таких, которые вычисляют индикаторы. Понятие блока (модуля) сформировано в соответствии со следующими соображениями:

а) блок часто не используется в различных математических моделях;

б) блок имеет один выход, обладающий свойством информативности, т. е. он может способствовать сокращению числа перергов;

в) объем блока должен быть по возможности максимальным.

При разбиении алгоритма  $A_I$  на блоки нужно учитывать, что список индикаторов может быть расширен.

Допустим, алгоритм  $A_I$  разбит на блоки, выходами которых являются индикаторы. Блоки, которым может быть передана информация из данного блока  $b$ , являются последующими по отношению к  $b$ . Блоки, из которых может быть передана информация в  $b$ , являются предшествующими  $b$ . Граф алгоритма определяется тройкой  $(N_r, E, U_0)$ , где  $N_r$  — множество вершин графа;  $E$  — множество пар смежных вершин; пара  $(U_1, U_2) \in E$  тогда и только тогда, когда  $U_2$  является для  $U_1$  последующей вершиной;  $U_0$  — начальная вершина графа, которая не имеет предшествующих вершин в данном графе. Обозначим  $S(U)$  — множество вершин, последующих по отношению к  $U$ ,  $P(U)$  — множества вершин, предшествующих  $U$ . Если  $BL \subset N_r$  — множество блоков алгоритма, то

$$S[BL] = \bigcup_{U \in BL} S(U) \quad \text{и} \quad P[BL] = \bigcup_{U \in BL} P(U).$$

Если в алгоритме нет циклов, то множество  $BL$  обладает свойствами антисимметричности, транзитивности и нерефлексивности. Введем полную упорядоченность вершин графа. Каждой вершине поставим в соответствие такое число  $\Theta(U)$ , что

$$U_2 \in S(U_1) \Rightarrow \Theta(U_2) > \Theta(U_1).$$

Вместе с блоками упорядочиваются индикаторы  $\Theta(b) \Rightarrow \Theta(I)$ . Для численной топологической сортировки могут быть использованы известные методы и алгоритмы из [34].

При решении различных задач некоторые индикаторы могут оказаться малоэффективными в смысле сокращения числа рассматриваемых вариантов. Возникает проблема нахождения и исключения их из списка индикаторов. Пусть  $m$ -й индикатор  $I_m$  позволяет сократить  $\lambda_m$  точек. Введем следующие обозначения:

- $N_0$  — количество подготовительных операций;
- $N_1$  — число операций, выполняемых для получения индикатора  $I_m$ ;
- $N_2$  — число операций, затрачиваемых на анализ  $I_m$ ;
- $N_3$  — число операций, выполняемых между  $I_m$  и следующим индикатором;
- $N_4$  — число операций, затрачиваемых на анализ по всем предшествующим  $I_m$  индикаторам;
- $N^*$  — число точек, находящееся в пересечении области, сокращаемой  $I_m$ , и в области, сокращаемой всеми остальными индикаторами при отсутствии  $I_m$ .

Пусть  $\Delta_1$  максимальное число операций, которое затрачивается на анализ  $\lambda_m$  точек по  $m$ -му индикатору:

$$\Delta_1 = \lambda_m (N_0 + N_1 + N_2 + N_4),$$

$\Delta_2$  — минимальное число операций, которое необходимо сделать для анализа  $\lambda_m \beta^{r_m} - \lambda_m N^*$  точек при отсутствии  $m$ -го индикатора:

$$\Delta_2 = \lambda_m (\beta^{r_m} - N^*) (N_0 + N_1 + N_3),$$

где  $r_m$  — ранг  $m$ -го индикатора. Очевидно, данный индикатор целесообразно сохранить в том случае, если  $\Delta_1 < \Delta_2$ , откуда

$$\lambda_m (N_0 + N_1 + N_2 + N_4) \leq \lambda_m (\beta^{r_m} - N^*) (N_0 + N_1 + N_3).$$

$$\text{При } \lambda_m \neq 0 \text{ имеем } r_m \geq \frac{I_m \beta_N}{I_0 \beta}, \quad (2.4)$$

$$\text{где } \beta_N = \frac{N_0 + N_1 + N_2 + N_4 + N^*}{N_0 + N_1 + N_3}.$$

Таким образом, индикатор  $I_m$  целесообразно сохранить в списке, если его ранг удовлетворяет условию (2.4).

Описанная методика решения задач управления обеспечивает возможность эффективной реализации алгоритмических и эвристических процедур.

## 2.5. Интерактивная графическая система управления

При иерархической структуре управления задача проектирования интерактивной системы (ИС) разбивается на ряд подзадач, которые в свою очередь разделяются на более мелкие задачи и т. д.

В соответствии с этим в структуре ИС можно выделить (в рамках методологии графической корневой системы) три вида проектируемых объектов: ИС, подсистема ИС, рабочее место, а в процессе проектирования — три системных уровня: уровень проектирования ИС, уровень проектирования подсистем, уровень проектирования рабочих мест. На рис. 2.7 показана взаимосвязь системных уровней проектирования и уровней иерархии. Связь между соседними уровнями проектирования осуществляется через общие блоки. Это позволяет реализовать следующий алгоритм проектирования, инвариантный от уровня иерархии:

- определение цели, назначения, функции проектируемого объекта;
- определение основных требований к проектируемому объекту;



Уровни иерархии	Уровни проектирования		
	ИС	подсистемы ИС	рабочее место
Среда функционирования	элементы среды функционирования		
ИС	ИС как элемент среды функционирования		
	ИС как совокупность подсистем		
Подсистема ИС	подсистемы ИС как элементы ИС	подсистема ИС как элемент ИС	
	подсистема ИС как совокупность рабочих мест		
Рабочее место		рабочие места как элементы подсистемы ИС	рабочее место как элемент подсистемы ИС

Рис. 2.7. Схема взаимосвязи системных уровней проектирования и иерархических уровней интерактивной системы

- определение ограничений и критерий оптимизации (эффективности);
- определение: есть ли прототип? ДА — приобретение и использование существующего прототипа или выбор одного прототипа из нескольких, или частичное изменение выбранного прототипа;
- выбор обеспечения: технического (ТО) и/или программного (ПО);
- проектирование ТО и/или ПО;
- интеграция объекта;
- испытание, апробация (при необходимости изменения) и оценка.

Перечисленные стадии отражают философию проектирования, в которой объект проектируется после выявления задач, которые надлежит решить. При этом развитие процесса проектирования идет от общего к частному, т. е. «с головы до ног».

На основе вышесказанного с учетом рекомендаций, приведенных в [41], в ЕрНИИИ АСУТ исполкома Ергорсовета разрабатывается интерактивная графическая система управления, общую структуру которой можно представить следующей схемой (рис. 2.8).

В модулях прикладных программ реализуются математические модели, описывающие различные задачи управления.

Проблемно-ориентированные модули осуществляют переход от математических моделей к индикаторам, графическим образам и генерируют схемы, диаграммы, таблицы, графы, условные обозначения, списки и т. д. Модули программ преобразований выполняют функции размещения и композиции изображений. Изображаемый объект при этом рассматривается только с точки зрения его топологии и геометрии, независимо от его семантического содержания. Модули программ графических устройств реализуют цифровую модель изображения, полученную на предыдущем этапе, на графическом устройстве с помощью соответствующего набора простейших графических элементов (примитивов): символов, точек, дуг и т. д. Данные модули учитывают возможности конкретных графических устройств.

В настоящее время значительная часть указанного программного обеспечения реализована на ЭВМ типа НАИРИ-4/АРМ, Электроника-100/25 и Электроника-60. В ней заложены возможности пакета «Графор» и комплекса программ, описанного в первой главе (§ 1.3).

Простейшие графические примитивы служат для композиции более сложных, например, сетевых и линейных графиков и других индикаторов. С каждым модулем индикаторов связан набор программ, выполняющих функции визуального вывода данного модуля, удаления его с экрана, определения различных показателей, связанных с данным индикатором и т. п.

С целью повышения эффективности математико-статистического моделирования (МСМ), широко используемого в управлении, разработаны алгоритмы и программы для автоматического вычерчивания гиперповерхностей, трехмерных гистограмм (совокупности смежных столбиков-параллелепипедов, построенных на одной прямой). Объем каждого параллелепипеда пропорционален частоте нахождения данной величины в изучаемой совокупности.

Двумерные гистограммы рассматриваются как частный случай трехмерных и строятся как проекции трехмерных гистограмм на соответствующие плоскости.

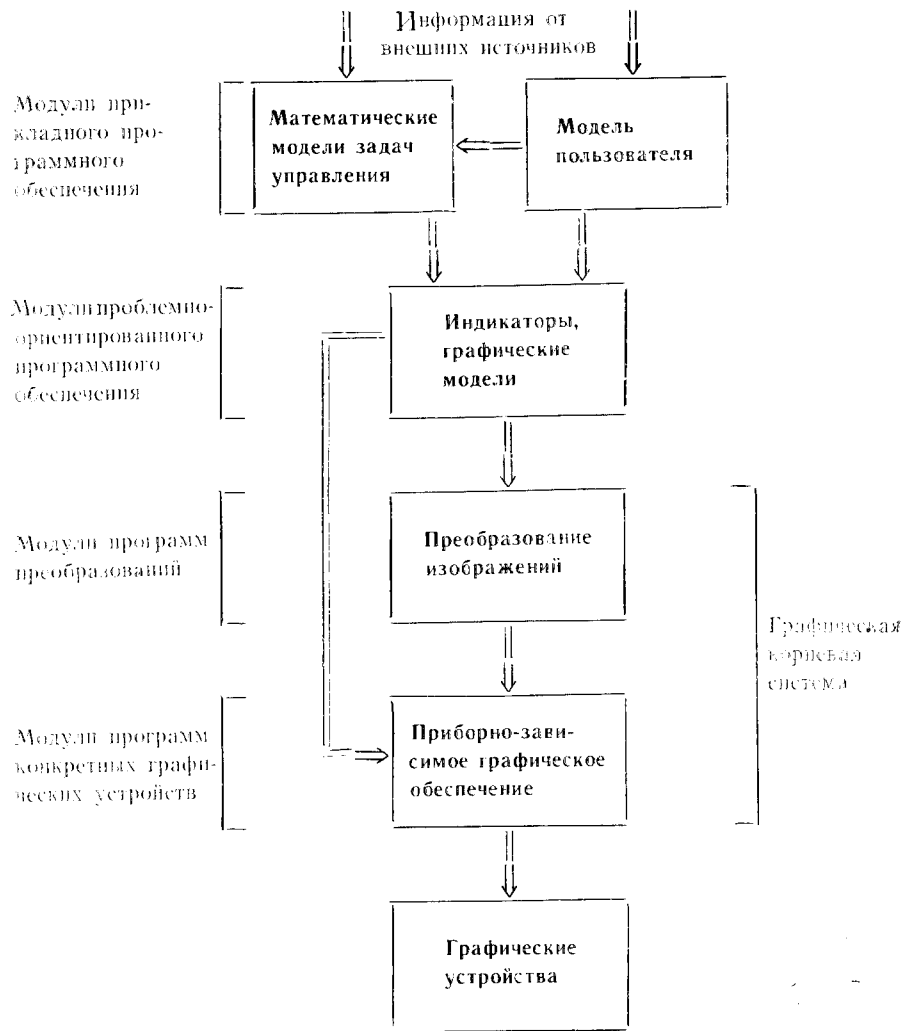


Рис. 2.8. Структура графической системы управления

Разработанные программы позволяют:  
 — одновременно строить две связанные зависимости. При этом одна из зависимостей может выделяться штриховкой;  
 — строить гистограммы относительно заданного базисного уровня.

Кроме того, программы обеспечивают вывод календарных осей, на которых пометками являются сокращенные (трехбуквен-

ные названия месяцев или соответствующие календарные даты. Календарные оси могут быть проведены в любом заданном месте.

В графическую систему включены процедуры для аппроксимации и сглаживания функции, поскольку часто встречаются задачи, где при выборе аналитической замены или построения графика функций не требуется точного совпадения исходной и аппроксимирующей функции на всем множестве заданных значений. Для сглаживания можно по выбору применять: метод наименьших квадратов, разложение в ряд Фурье, линейный фильтр, приближение помощью многочленов Чебышева, В-сплайны.

С помощью указанных методов обеспечивается возможность построения и анализа интегральных графических моделей распределения (моделей нарастающих или накопленных частот), графиков зависимостей организационно-технологических параметров, пространственных характеристик и т. д. для комплексной оценки проектных решений. Данные программы пригодны для автоматизации практически всех известных графических методов в математико-статистическом и корреляционном анализе [23, 64], при расчете коэффициента корреляции уравнений регрессии и т. д. На рис. 2.9—2.11 приведены иллюстрации примеров реализации описанных выше методов на ЭВМ.

В третьей главе рассматриваются некоторые интерактивные

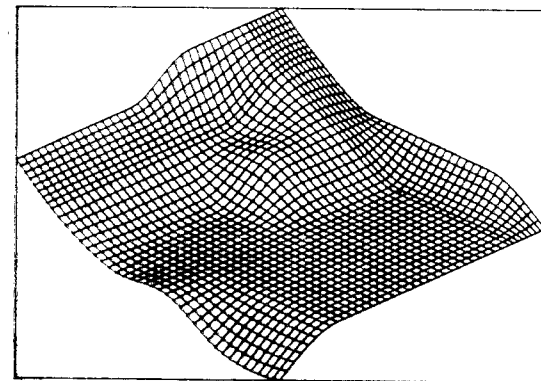
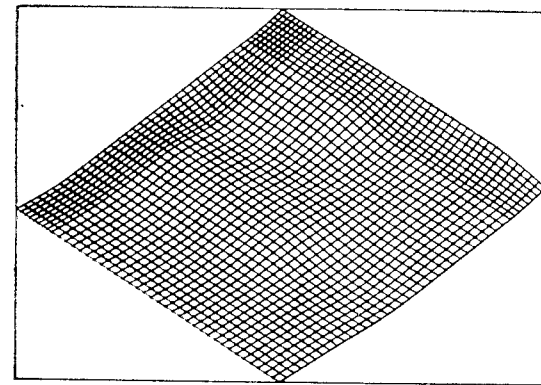


Рис. 2.9. Гиперповерхности пространственных экономических характеристик

графические методы, которые реализованы в графической системе управления по модульному принципу и могут быть использованы для создания рабочих мест, их совокупностей, соответствующих подсистем ИС, ориентированных на решения многокритериальных задач, задач сетевого планирования и управления, управления городским хозяйством, административного управления и т. д. на базе мини- и микро-ЭВМ типов СМ-4 и Электроника-60.

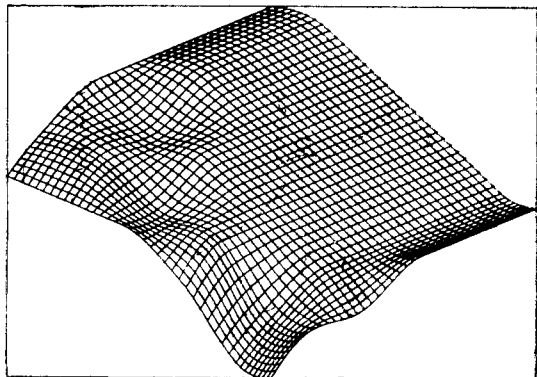
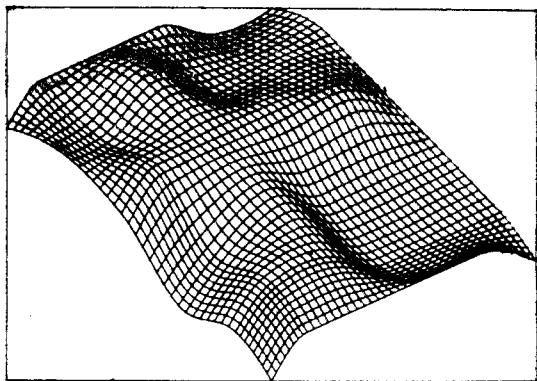


Рис. 2.10. Гиперповерхности пространственных экономических характеристик

времени);

б) построение новых форм индикаторов и интерактивных графических методов управления;

в) разработка новых математических моделей и интерактивных процедур их исследования, создание простых входных языков и графических баз данных;

г) унификация технического, программного и лингвистического обеспечения.

Анализ развития АСУ, САПР, АСПР в различных отраслях

народного хозяйства (машиностроении, строительстве, приборостроении и т. д.) показывает, что уже в настоящее время возникает необходимость интеграции различных автоматизированных систем как в отраслевом, так и территориальном разрезе. Такая тенденция закономерна, но от того, насколько этот процесс будет управляем, по каким законам будет протекать эта интеграция —

В перспективе работы по развитию графических систем управления предполагают разработку следующих вопросов:

а) динамическое изменение математических и графических моделей в зависимости от внешних изменений, совмещение моделируемого изображения с реальным - телевизионным, совместная работа с несколькими пользователями информации (в реальном масштабе

ускоренными темпами или замедленными, зависит в целом эффективность использования ЭВМ в народном хозяйстве. Скорейшая организация централизованного серийного производства программных комплексов и комплектующих элементов для интерактивных

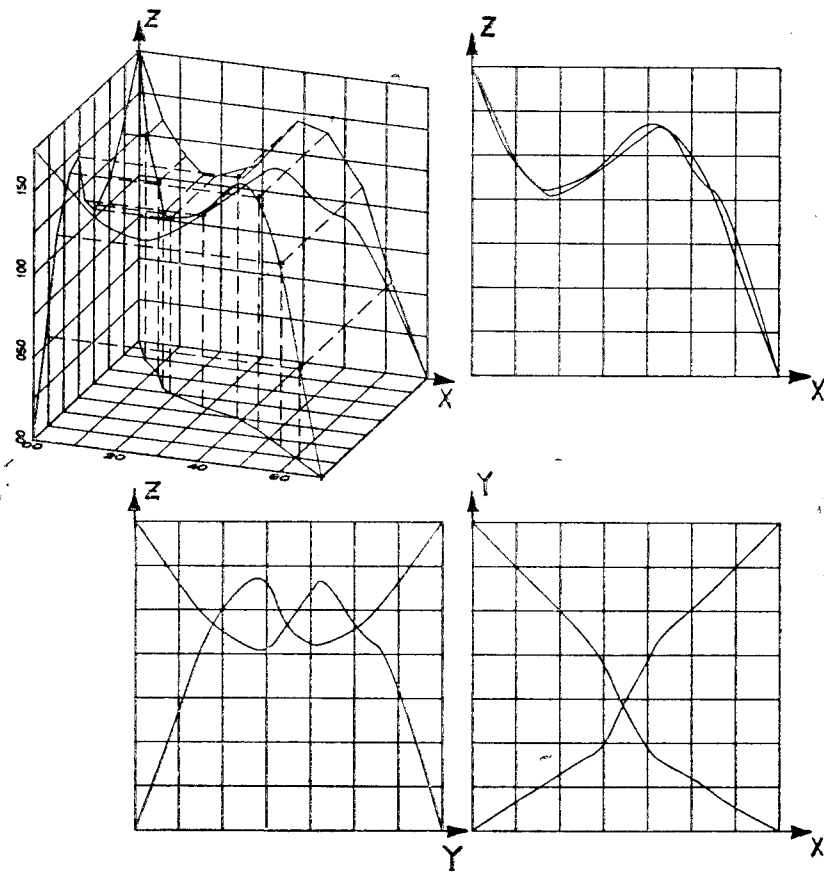


Рис. 2.11. Сложивший пространственный график и его проекции

ускоренными темпами или замедленными, зависит в целом эффективность использования ЭВМ в народном хозяйстве. Скорейшая организация централизованного серийного производства программных комплексов и комплектующих элементов для интерактивных

систем, очевидно, поможет решению этой важнейшей задачи. При этом требует к себе внимания разработка совокупности методов и средств для их автоматизированного описания и проектирования, диагностики и оценки [41].

Интеграция систем предопределяет необходимость создания унифицированного семейства автоматизированных рабочих мест на базе микропроцессоров, микро- и мини-ЭВМ и соответствующего математического обеспечения (с учетом международных стандартов). В основу создания рабочих мест целесообразно положить принцип первичности математического обеспечения и модульный принцип организации аппаратных средств и программного обеспечения, позволяющий из ограниченного набора унифицированных модулей комплектовать автоматизированные системы различного функционального назначения.

Таким образом, решение проблем эффективного создания и внедрения интерактивных графических систем тесно связывается с типизацией и унификацией ее компонентов.

## Глава III

### ИНТЕРАКТИВНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В УПРАВЛЕНИИ

#### 3.1. Интерактивные графические методы решения многокритериальных задач

Решение многокритериальных задач можно представить в виде множества допустимых решений, которое сводится к одному из его подмножеств называемому подмножеством эффективных решений. Решение эффективно, если не существует такого же хорошего по всем критериям и строго лучшего хотя бы по одному из них.

Множество допустимых эффективных решений может быть представлено ориентированным графом, в котором варианты решения — вершины, а связи между вариантами — дуги графа.

В таком многокритериальном графе, каждой вершине которого присвоена определенная векторная оценка (индикатор), может быть определен эффективный путь среди множества допустимых решений, при  $C_1, C_2, \dots, C_k, \dots, C_n$  — различных критериях ( $1 \leq i \leq k$ ) и  $Q_j$  индикаторах ( $1 \leq j \leq m$ ).

Каждый индикатор представим вектором

$$Q_j = \begin{pmatrix} C_{ij}^{(1)} \\ \vdots \\ C_{ij}^{(k)} \end{pmatrix}, \quad (3.1)$$

который можно отобразить с помощью точки в  $k$ -мерном пространстве.

Назовем индикатором какого-либо пути  $l$  вектор

$$Q(l) = \sum_{n \in l} Q(n). \quad (3.2)$$

Эффективный путь, среди всех путей в данном графе с одинаковым началом и концом, должен иметь соответствующий индикатор с минимальными или максимальными составляющими. При этом множество допустимых решений может иметь несколько эффективных путей.

Для многокритериальных задач типичным является: определение такого эффективного пути подграфа данного графа, который состоял бы только из оптимальных индикаторов.

Геометрическая интерпретация эффективного подграфа выражается траекторией, проходящей через все точки, отображающие оптимальные индикаторы, и характеризуется величиной

$$S_Q = \sum_{j=1}^n L_j(Q_j), \quad (3.3)$$

где  $L_j(Q_j)$  — расстояние от начала координатной системы до  $j$ -й точки, отображающей  $Q_j$  индикатор;

$n$  — количество оптимальных индикаторов.

Многокритериальная интерактивная оптимизация может включать:

- построение графа вариантов решений;
- разбиение графа на блоки;
- составление упорядоченного списка индикаторов;
- добавление фиктивного индикатора  $Q_j = (0 \dots 0)^T$ , если имеется несколько начальных или конечных вершин;
- вычисление индикаторов путей;
- проведение анализа и выбора оптимальных индикаторов от нулевой ступени до конечной;
- определение эффективного пути или подграфа оптимальных индикаторов.

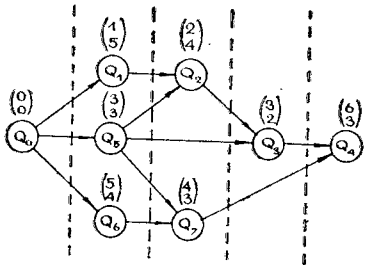


Рис. 3.1. Ориентированный граф индикаторов многовариантной сети

Рис. 3.1. Ориентированный граф индикаторов многовариантной сети

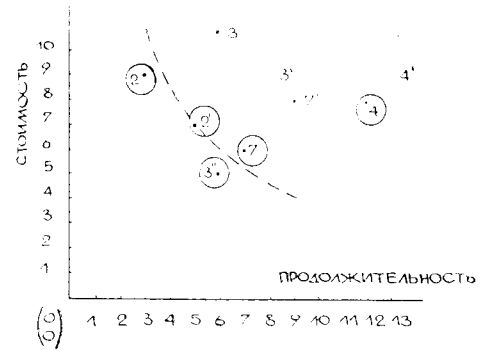
помощью специальной программы определяют индикатор, удаленный на минимальное расстояние от начала координат — точка (5, 7). На экран выводят график гиперболы, проходящей через эту точку

Для определения эффективного подграфа в многовариантной сетевой модели (рис. 3.1), где каждому варианту присущи некоторые характеристики (продолжительность, стоимость и т. д.), каждый индикатор  $Q_j$  представляется точкой на плоскости в прямоугольных координатах  $t_j, C_j$ . Индикаторы сети на плоскости «продолжительность — стоимость» и их значения для каждой ступени приведены на рис. 3.2.

Для решения задачи в интерактивном режиме на экран дисплея выводятся индикаторы, начиная с первой ступени. С помощью специальной программы определяют индикатор, удаленный на минимальное расстояние от начала координат — точка (5, 7). На экран выводят график гиперболы, проходящей через эту точку

2', анализируют полученное изображение, вычеркивают точки, расположенные правее от гиперболы, т. е. ограничивают общее число рассматриваемых вариантов. В дальнейших расчетах эти варианты и соответствующие им индикаторы не учитываются, а для последующего анализа на экране дисплея остаются индикаторы, обведенные кружками.

Рассматривая оставшиеся индикаторы, начиная с последней ступени, ведут поиск эффективного варианта сети. Индикатор  $Q_4$  информационно зависит от индикаторов  $Q_3$  и  $Q_7$ . Однако к началу координат ближе расположена точка 3''. Следовательно, единственным эффективным вариантом сети является путь через индикаторы  $Q_5, Q_3, Q_4$ , имеющий минимальную продолжительность и стоимость (12, 8).



Интерактивная оптимизация позволяет значительно сократить число переборов всех вариантов, особенно в случае вероятностных сетей, где в качестве третьей характеристики может быть указана вероятность.

При  $k > 3$  можно воспользоваться алгоритмом объединения индикаторов, полученных из проекций. Предположим, что при проецировании  $Q_j = (C_1, C_2, C_3, C_4)^T$  на плоскость  $C_1, C_2, C_3$  вычислены эффективные индикаторы всех путей, конечная вершина которых  $j$  имеет  $C_1=2, C_2=3, C_3=4$ , а при проецировании на плоскость  $C_2, C_3, C_4$  получили индикаторы  $C_2=1, C_3=4, C_4=5$ . Очевидно, что индикатор  $(2, 1, 4, 5)^T$  не обязательно будет оптимальным, однако путем многократного проецирования на различные плоскости можно сформировать достаточно приемлемый индикатор даже при  $k > 3$ .

СТУПЕНИ	ВЕРШИНЫ	ИНДИКАТОРЫ ПУТЕЙ
ФИКТИВНЫЙ ИНДИКАТОР	(0)	(0)
НУЛЕВАЯ	1	(1) (1)
	5	(3) (3)
ПЕРВАЯ	2	(2) (9), (5) (7)
	7	(7) (7), (9) (7)
ВТОРАЯ	3	(6) (11), (8) (9), (6) (5)
	4	(12) (8), (13) (9)

Рис. 3.2. Плоскость индикаторов

Таким образом, с помощью индикаторов можно быстро сузить область допустимых решений и затем находить в ней эффективные решения.

На практике в управлении встречаются задачи, которые требуют исследования и разработки индикаторов, которые позволили бы максимально использовать знания, опыт и интуицию управленческих работников на всех этапах составления плана, проекта, организационно-технологических мероприятий.

При этом индикатор должен служить средством, которое замещает в представлениях человека естественные процессы в исследуемом или управляемом объекте. Индикатор должен образовывать некоторое «оперативное поле», на базе которого возникают и функционируют основные психические процессы, из которых складывается деятельность человека [32, 35]. На индикаторах человек обнаруживает, идентифицирует и интерпретирует входные и выходные сигналы, параметры состояния объекта, внешней среды и системы управления. С помощью индикаторов вносятся коррективы в ход решения задачи на ЭВМ и проигрываются различные варианты действий. Учитывая психологические особенности активного участия человека в контуре управления и исходя из анализа его информационной деятельности, можно сформировать основные требования к источникам информации (информационным моделям):

- 1) информация, предназначенная для восприятия, должна быть в **предельно наглядной форме**;
- 2) вмешательство (реализация действий) в вычислительный процесс должно быть **максимально облегчено**.

Эффективным следует считать ту информационную модель-индикатор, который одновременно служит и средством отображения (моделирования), и средством взаимодействия с прикладной программой.

Рассмотрим некоторые виды индикаторов.

Представление работы на плоскости  $it$  посредством двух точек  $A(i, t_0)$  и  $B(i, t_0+T)$ , где  $i$  — вид работы,  $t$  — время, дано на рис. 3.3. Если отображаемый объект представить множеством работ  $i, i \in N$  на плоскости  $it$ , то получим традиционный линейный график. График поступления конструкций и материалов, например, можно изобразить на плоскости  $\gamma i$ , где  $\gamma$  — виды материалов, а диаграмму распределения ресурсов — на плоскости  $Rt$ , где  $R$  — потребляемые ресурсы.

Человек воспринимает физическую картину внешнего мира как пространственно-временную взаимосвязь процессов и явлений. Поэтому весьма актуальна разработка таких индикаторов, которые обеспечивают наибольшее приближение человека к естественным (трехмерным) условиям восприятия зрительных образов.

Представим в качестве геометрического индикатора работы (процесса) параллелепипед ( $\Pi$ ). В отличие от прямой линии в параллелепипеде значения параметров изображаемых процессов

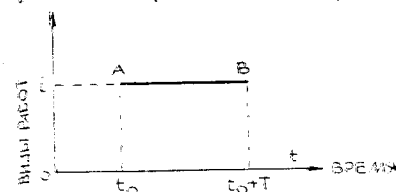


Рис. 3.3. Изображение работы  $i$  на плоскости «виды работ-время»

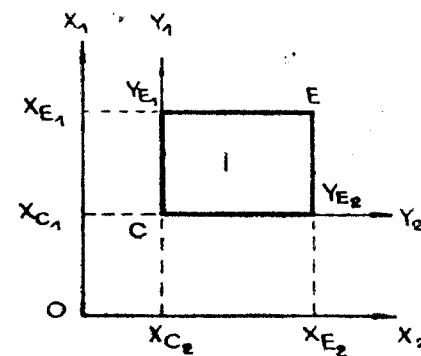


Рис. 3.4. Двумерный портрет работы

представляются тремя размерами — двух сторон основания и высотой. Ряд таких  $\Pi$ , относящихся к разным работам, позволяет сопоставить их по трем параметрам, а также по объему. Множество процессов можно представить для восприятия и оценки в виде множества непересекающихся параллелепипедов или прямоугольников, которое назовем портретом.

Двумерный портрет работы (рис. 3.4) аналогичен знаку ВАРЗАРА [16]. Допустим, портрет работы  $i$  отображен на плоскости  $X_1OX_2$ . Система координат  $Y_1CY_2$  подвижная и жестко связана с  $i$ -той работой, а система  $X_1OX_2$  — неподвижная. Точки  $C$  и  $E$  — начальные и конечные события работы  $i$ . Координаты точки  $E$  (параметры конечного события) равны:

$$\left. \begin{aligned} Y_{E1} &= X_{E1} - X_{C1} \\ Y_{E2} &= X_{E2} - X_{C2} \end{aligned} \right\} \quad (3.4)$$

или

$$\left. \begin{aligned} X_{E1} &= X_{C1} + Y_{E1} \\ X_{E2} &= X_{C2} + Y_{E2} \end{aligned} \right\} \quad (3.5)$$

Трехмерный портрет (рис. 3.5) может быть получен с помощью уравнений (3.4—3.5) с учетом условия взаимного непересечения  $\Pi, \Pi_1, \Pi_2, \Pi_3 = \emptyset$ . Такой портрет отражает взаимную ориентацию изображенных на нем работ и их параметров. Трехмерный портрет может быть также представлен посредством трех двумерных портретов, а  $N$ -мерный — с помощью  $M$  проекций на трехмерное пространство, где  $M = C_1^3$ .

С помощью портретов возможно интерактивное графическое

взаимодействие с математической моделью объекта. Световое перо или алфавитно-цифровая клавиатура позволяют изменять на экране дисплея стороны прямоугольников (параллелепипедов), перемещать их относительно неподвижной системы координат (экрана дисплея) и тем самым изменять параметры моделируемого объекта [5].

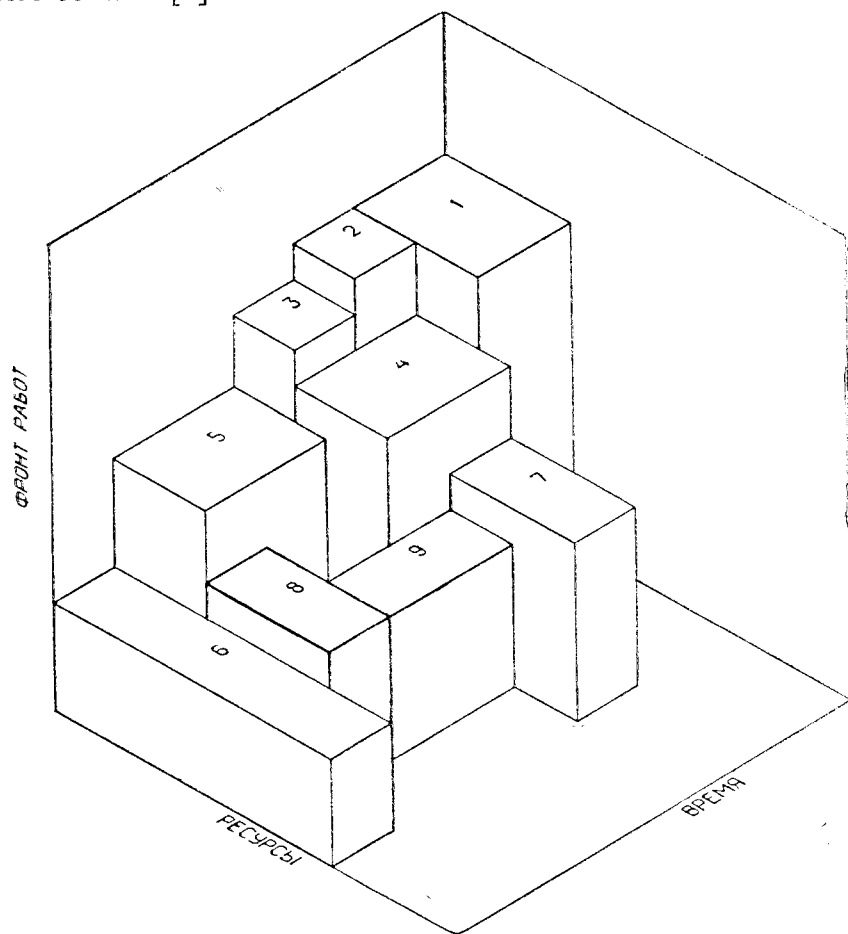


Рис. 3.5. Трехмерный портрет работ

Если представить N-мерный портрет посредством проекции его в трехмерное пространство «фронт-работы — виды работ и исполнители (бригады, звенья) — время», то получим модель календарного плана, которая в модифицированной форме нашла

применение на объектах гражданского, жилищного, сельского и промышленного строительства\*.

На ней одновременно можно увидеть сроки выполнения всех работ, технологию возведения объектов и фронтов работ, расписание движения всех бригад и их расстановку по фронтам. Внесение в портрет наименований фронтов работ, участков, исполнителей и их характеристик увеличивает информативность графического изображения плана. Рассматриваемый трехмерный портрет позволяет одновременно показать разрывы, возникающие в ходе работ как при движении бригад, так и при освоении фронтов работ. С его помощью можно исследовать различные связи между работами, их преобразования при перемещении работ по времени и по фронту работ в интерактивном режиме.

Обобщающий характер портретной модели делает ее пригодной для интерактивных систем.

Эффективно могут быть использованы портреты для отображения комплекса взаимосвязанных параметров в задачах сетевого планирования и управления (СПУ). Как известно, математической основой СПУ является теория графов. Вершины ориентированного графа без петель и контуров могут отображать работы (сеть типа «работы — вершины») или события (сеть типа «работы — дуги»).

К основным достоинствам портретной сетевой модели следует отнести:

- возможность отображать сетевую модель в различных системах координат, например, «интенсивность потребления ресурсов — время»;

- возможность отображения очередности выполнения работ критического пути, распределения интенсивностей потребления ресурсов, продолжительностей и объемов работ, сроков их начал и окончаний, резервов времени и т. д.;

- возможность отображения событий работ (сторон прямоугольников, перпендикулярных временной оси);

- отсутствие необходимости изображения фиктивных работ (с нулевой продолжительностью);

- облегчение анализа сетевой модели при оценке объемов работ и сопоставлении их между собой площадями прямоугольников. С помощью портрета можно представить сетевые модели различных типов: «работы-дуги», «работы-вершины», обобщенные и др.

Синтезирующий характер портретной формы индикатора делает ее особенно эффективной для применения в задачах опти-

\* Дралекко В. Г. Новая форма календарного плана. Науч. тр. ЦНИИИАСС. М., 1979, вып. 23.

мизации календарных планов и контроля за ходом их выполнения.

Однако, чтобы оценить состояние выполнения плана, недостаточно только воспринять отдельные сообщения, переданные портретными индикаторами. Необходимо еще объединить эту информацию в единую, логически связанную структуру. Для такого объединения человек должен располагать знаниями о закономерностях, связывающих параметры плана, о динамике этих связей и их проявлении на индикаторах. Только на основе соотнесения данных о реальном состоянии выполнения плана с требуемым человек сможет оценить сложившуюся ситуацию и определить задачу. После этого деятельность человека ориентирована на ее разрешение. В соответствии с этим возникает проблема получения графического отображения оптимальных календарных планов.

Рассмотрим в качестве примера сетевую модель, которая содержит  $N$  работ, и стоимостные затраты ( $C_i$ ) на выполнение каждой работы  $i \in N$  имеют структуру:

$$\begin{aligned} C_i &\rightarrow \infty \text{ при } t_i \rightarrow 0; \\ C_i &\rightarrow 0 \text{ при } t_i \rightarrow \infty; \\ -\infty &\leq C_i \leq 0; C_i > 0, \end{aligned} \quad (3.6)$$

где  $C_i$  — стоимостные затраты работы  $i \in N$ , имеющие вид выпуклой функции от продолжительности  $t_i$ :

$$\begin{aligned} C_i' &\text{— первая производная затрат по времени } \frac{dC_i}{dt_i}, \\ C_i'' &\text{— вторая производная затрат по времени } \frac{d^2C_i}{dt_i^2}. \end{aligned}$$

Известны различные решения задачи оптимизации продолжительности каждой работы  $t_i$  при заданной общей продолжительности комплекса работ  $T$  и минимуме величины его стоимости.

Однако реализация этих решений с помощью известных вычислительных методов связана с определенными трудностями, которые могут быть преодолены портретным представлением сетевой модели.

Приведем необходимые и достаточные условия оптимальности: в сетевой модели отсутствуют резервы времени:

$$S(\tau) = \text{const для всех } \tau, 0 \leq \tau \leq T \text{ в том случае, если } S(\tau) = \sum \delta C_i,$$

где  $\delta$  есть совокупность всех работ, выполняемых в момент времени  $\tau$ .

Указанные условия применимы и в том случае, когда стоимостные затраты имеют вид экспоненциальной функции.

Любая работа  $i \in N$  в прямоугольной координатной системе «производная стоимостных затрат по времени — время» ( $C'—T$ ) может быть представлена с помощью прямоугольника со сторонами, пропорциональными соответственно  $C_i'$  и  $t_i$ . Совокупность

всех  $N$  работ сетевой модели, представленных прямоугольниками на плоскости ( $C'—T$ ) с учетом временных, технологических и стоимостных ограничений дает портретное изображение сети (рис. 3.6). В середине каждого прямоугольника указан номер работы, в верхнем левом углу — номера предшествующих работ, в нижнем — величина  $C_i'$  (высота прямоугольника), в верхнем правом углу — номера последующих работ, в нижнем — продолжительность работы  $t_i$  (основание прямоугольника). Обрамляющий портрет прямоугольник назовем конвертом. Область конверта, не занятая прямоугольниками, для наглядности заштрихована.

Если между любыми двумя ближайшими работами одного и того же пути сети нет заштрихованной области (прямоугольники, отображающие данные работы, непосредственно граничат друг с другом), то резервы времени отсутствуют.

Если  $S(\tau) = \text{const}$  для всех  $\tau, 0 \leq \tau \leq T$ , то оптимальная траектория, описываемая вектором  $[S(\tau), \tau]$  при  $0 \leq \tau \leq T$  на плоскости ( $C'—T$ ) представляет собой прямую линию. При этом вся площадь конверта полностью заполнена прямоугольниками (работами), а оптимальный план (по минимуму стоимостных затрат при заданной продолжительности  $T$ ) с заданной структурой затрат может быть геометрически отображен в координатной системе ( $C'—T$ ) в виде портрета, в котором отсутствуют заштрихованные области.

Если обозначить  $S$  — площадь конверта,  $S_0$  — суммарная площадь всех прямоугольников,  $U$  — отношение  $S_0/S$ , тогда для оптимального плана получим:  $U = 1$

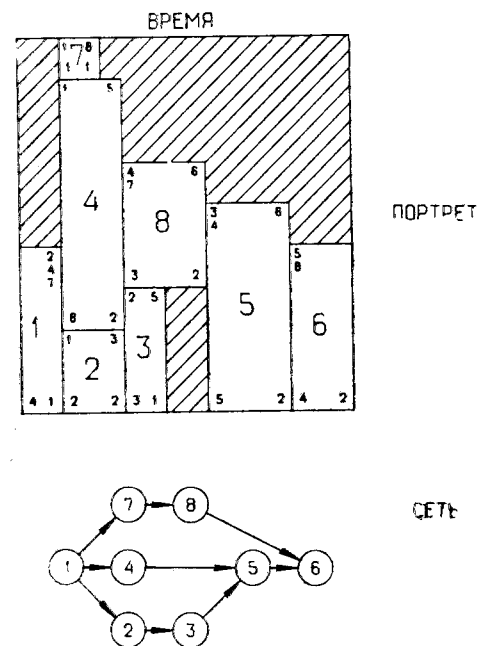


Рис. 3.6. Портретное изображение сетевого графика



$$\left. \begin{aligned} \text{при } U &= \frac{\sum_{i=1}^N C_i t_i}{\max S(\tau) T}, \quad 0 \leq \tau \leq T; \\ S_0 &= \sum_{i=1}^N C_i t_i; \\ S &= \max S(\tau) T. \end{aligned} \right\} \quad (3.7)$$

С помощью портретной модели можно вывести условия оптимальности плана другим путем, менее сложным и более наглядным [7].

Это позволяет при решении в интерактивном режиме оптимизационных задач (ресурсно-временных) использовать в качестве критерия, определяющего степень приближения к оптимальному (или рациональному) варианту, безразмерную величину  $U = S_0/S \rightarrow 1$ .

В некоторых случаях портретная модель применима и при более широком толковании содержания понятия «стоимости». Так, вместо минимизации стоимостных затрат можно говорить о минимизации «полезности» или ценности и т. д. Существенно лишь, чтобы величина оптимизируемого показателя для всего комплекса работ зависела бы от соответствующих величин для отдельных работ и чтобы были известны зависимости этих величин от продолжительностей работ.

После соответствующего преобразования портрета результаты оптимизации могут быть оценены с помощью выведенных на экране значений  $U$  и другой необходимой информации. При этом следует стремиться уменьшить долю заштрихованной области в конверте.

Представляет интерес исследование взаимосвязи показателя  $U$  с известными показателями оценки уровня организации производства (УОП): непрерывности  $K_{HE}$ , равномерности  $K_{PA}$ , совмещения  $K_{CO}$ , ритмичности  $K_{PH}$  и интенсивности производства работ  $K_{IH}$  [20].

Для портретной модели на плоскости ( $W'$ — $T$ )

$$U = K_{IH}/K_{PA}, \quad (3.8)$$

где  $W'$  — интенсивность производства работ.  
При  $U=1$ ,  $K_{HE}=1$ ,  $K_{IH}=1$ ,  $K_{PA}=1$ ,  $K_{CO}=1$ ,

$$U = \frac{\sum_{i=1}^N W_i t_i}{T \max(\sum \delta W_i)}. \quad (3.9)$$

Каждому значению показателя  $U$  соответствуют определенные значения показателей непрерывности, равномерности, совмещения, ритмичности и интенсивности производства работ, которые получают наглядную геометрическую интерпретацию на портретной модели:

— показатель непрерывности, определяющий относительную длительность процессов без перерывов, на портрете оценивается наличием заштрихованной области вдоль временной оси между работами;

— показатель равномерности, характеризующий постоянство интенсивности производства работ во времени, определяется отношением объемов работ с постоянной интенсивностью (соответствующих площадей прямоугольников) ко всему объему работ (всей площади конверта без заштрихованных областей);

— показатель совмещения определяется плотностью работ (прямоугольников) в единицу времени.

Если представить показатель  $U$  в виде двух его составляющих

$$U = S_{II}/S_{\Phi} \quad (3.10)$$

и

$$U = S_{\Phi}/S_{\max}, \quad (3.11)$$

где  $S_{II}$  и  $S_{\max}$  — соответственно площади портретов работ при нормативной (заданной) и максимальной для заданных условий производства интенсивности;

$S_{\Phi}$  — площадь портрета работ при фактической интенсивности, соответствующей фактически сложившейся организации производства, то портретная модель комплекса работ и система показателей оценки УОП дают возможность оценить изменение отдельных параметров организации в процессе ее интерактивной оптимизации, определить наличие резервов в повышении эффективности использования трудовых ресурсов для вариантов календарного плана, построенных на базе нормативных и фактических входных данных.

Для разработки оптимального варианта календарного плана и расчета резервов повышения уровня организации производства важное значение имеет исследование зависимости  $C = C(\tau)$  или  $S = S(\tau)$  при  $0 \leq \tau \leq T$ .

Из (3.7) следует, что оптимальному плану соответствует функция  $C = \frac{C^*}{T} \tau$ ,  $0 \leq \tau \leq T$ , где  $C^*$  — стоимостные затраты всех работ плана.

Зависимость  $C = C(\tau)$  в неявной форме отражает влияние условий выполнения работ, применяемой технологии, используемых ресурсов на продолжительность и на стоимость комплекса работ.

Величина  $V = \frac{dC}{d\tau}$  определяет скорость изменения затрат в данный момент  $\tau$ , которая определяется технологическими факторами, интенсивностью потребления различных ресурсов, а также влиянием случайных факторов (сбоями в снабжении, поломками машин, природными условиями и т. п.).

Скорость изменения затрат в значительной мере связана с ходом выполнения работ. Для оптимального плана можно принять  $V = \text{const}$ . Однако в ходе работ из-за случайных факторов это условие как правило нарушается.

Оптимальное в смысле стоимостных затрат управление ходом работ в классе гладких функций  $C = C(\tau)$ , обеспечивает минимизацию интеграла

$$H = \int_0^T \left( \frac{dC}{d\tau} \right)^2 d\tau, \quad (3.12)$$

при выполнении граничных условий решения задачи:

$$\begin{aligned} C(0) &= 0; & V(0) &= 0; \\ C(T) &= C^*; & V(T) &= 0; \end{aligned} \quad (3.13)$$

$$a(\tau) = \frac{dV}{d\tau} = 0.$$

Граничные условия совпадают с реальной ситуацией: в начальный момент  $\tau = 0$  величина стоимостных затрат  $C = 0$ , в момент  $\tau = T$  стоимостные затраты достигают максимальной величины  $C = C^*$ .

Могут быть получены уравнения, описывающие управление ходом работ при оптимальных стоимостных затратах.

На рис. 3.7 изображены графики  $C(t)$ ,  $V(t)$  и  $a(t)$ , построенные для частного случая  $C^* = 100$ ,  $T = 1$ ,  $0 \leq t \leq T$  и позволяющие выделить следующие закономерности в характере изменения функции  $V = V(t)$ :

— положительная асимметрия, т. е. максимум кривой смещен влево относительно линии, делящей площадь под кривой на две равные части;

— траектория скорости круто поднимается при удалении от начала и полого спускается при приближении к окончанию выполнения работ.

При нарушениях производственного процесса можно в интерактивном режиме изменить ход оставшихся работ с помощью различных управляющих воздействий  $f = f(\tau)$ ,

$$0 \leq f(\tau) \leq A_f$$

цель которых заключается в том, чтобы фактическая скорость изменения затрат  $V_f(t)$  была возможно близкой к некоторой желаемой (плановой) скорости  $V(\tau)$ .

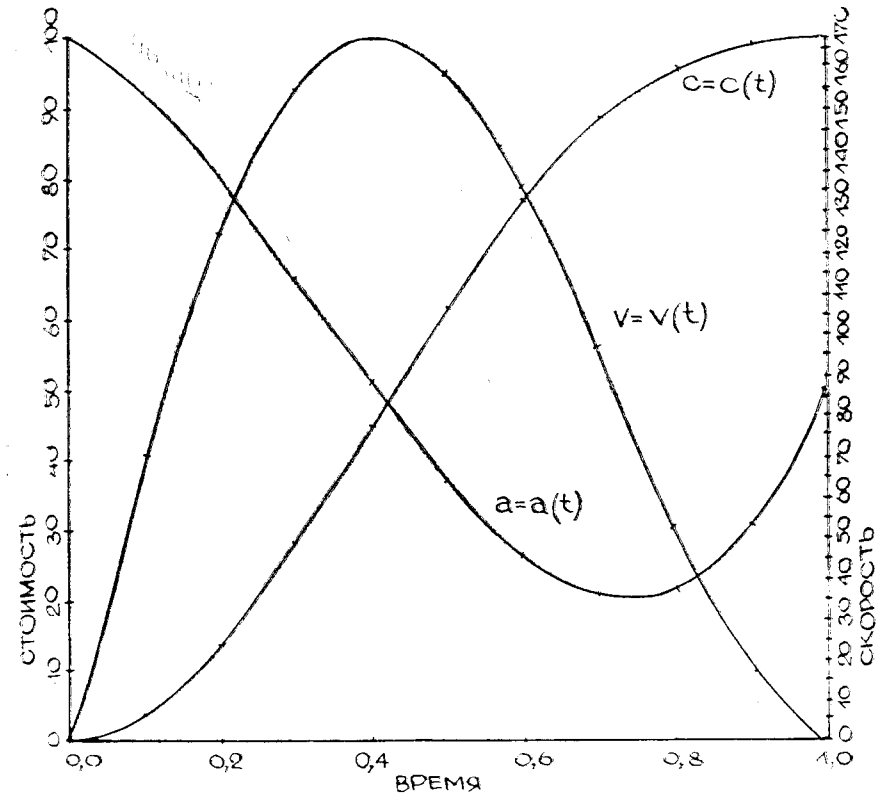


Рис. 3.7. Графики функций

Портретная форма может служить эффективным инструментом для интерактивного построения и исследования функций «стоимость — время», определения оптимальной продолжительности выполнения комплекса работ. Ее целесообразно использовать как на стадии проектирования, так и на стадии производства работ.

В интерактивном графическом методе управления производ-

ственным процессом в качестве индикаторов рассмотрим график цели и портретное представление комплекса работ.

В случае, когда обобщающим параметром для регулирования производственного процесса выбран объем работ  $W$ , графиком цели является зависимость  $W=W(\tau)$  (рис. 3.8), а параметром регулирования работ — скорость их выполнения  $V_w$ . Графическое отображение рассогласования между общими целями управления и реальным состоянием управляемого объекта облегчает формирование активных действий человека для достижения целей управления, в которых реализуется его опыт, знание, умение принимать творческие решения.

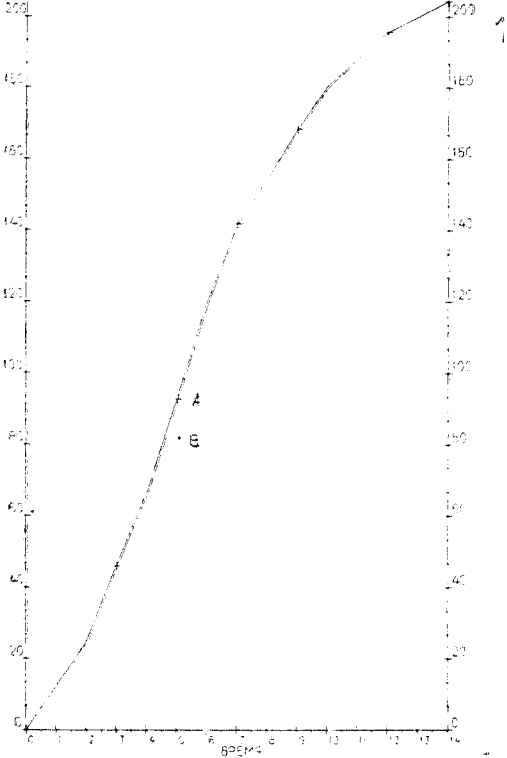


Рис. 3.8. График цели: А(В) — плановый (фактический) показатель

Такая методика позволяет преодолеть «критические, узкие места» в результате вмешательства человека в процессе формирования решения и затем обеспечи-

вает возможность дальнейшего продолжения расчета на ЭВМ.

На графике цели можно автоматически отобразить зону возможных решений в виде заштрихованной области. Это позволит

создать дополнительные удобства для визуальной оценки возможностей маневрирования ресурсами.

Таким образом, графические модели производственного про-

цесса как индикаторы и соответствующие интерактивные методы значительно облегчат труд руководителей и организаторов производства по принятию рациональных решений, ускорят процесс контроля и оценки состояния работ.

В портретной форме комплекс работ, лежащих в контролируемом периоде с учетом ограничений очередности и скорости выполнения работ, может быть представлен следующим образом (рис. 3.9).

Уменьшение рассогласования между плановыми и фактическими показателями выполняется в два этапа. На первом этапе с помощью клавиатуры или светового пера передвигают прямоугольники, изменяют размеры сторон (с учетом требуемых ограничений) и генерируют различные варианты сроков выполнения работ. На втором этапе, с помощью подходящих формальных процедур осуществляется выбор наиболее рационального варианта.

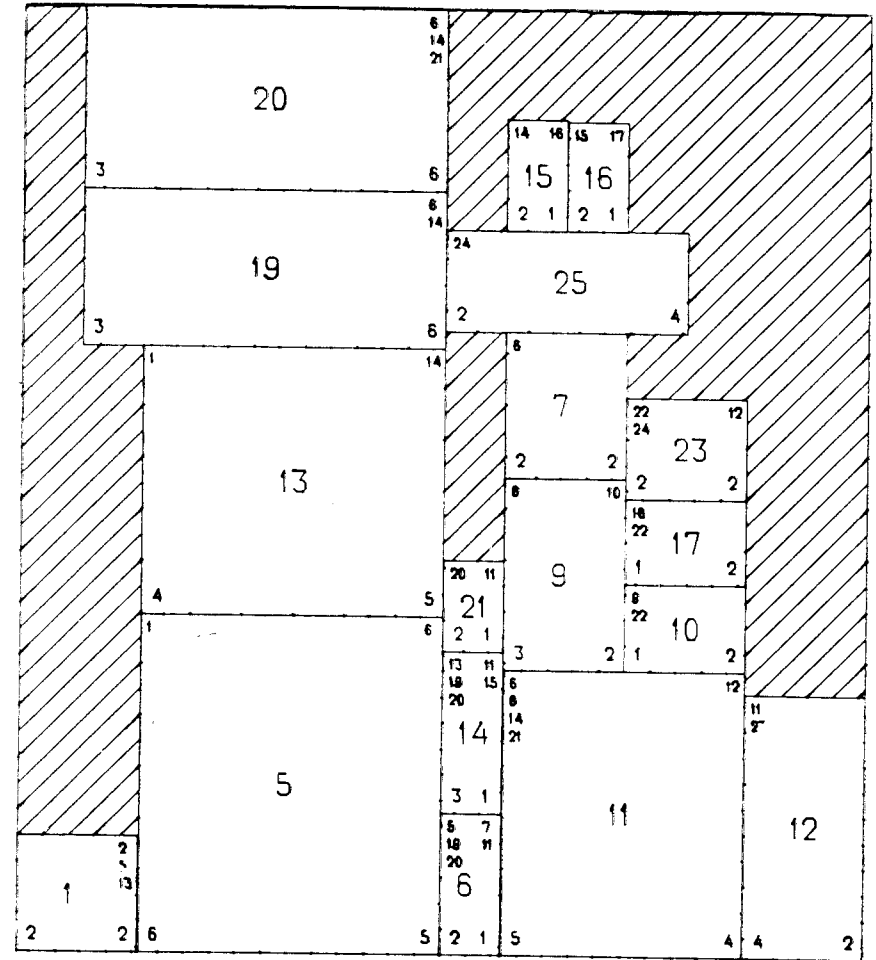


Рис. 3.9. Портретная форма графика производства работ

Такая методика позволяет преодолеть «критические, узкие места» в результате вмешательства человека в процессе формирования решения и затем обеспечивает возможность дальнейшего продолжения расчета на ЭВМ.

Предложенные портретные индикаторы для интерактивных режимов формирования управленческих решений являются не только средством отображения информации (моделирования), но и средством взаимодействия с прикладной программой (математической моделью). Применение портрета позволяет формировать геометрические образы оптимальных календарных планов и последовать задаче оптимизации управления. Описанные методы целесообразно использовать также в автоматизированных системах обучения управлению: освоению принципов составления календарных графиков, правильной оценки планов и проектов с учетом различных формальных и неформальных процедур, количественных показателей.

Большие возможности открываются при использовании интерактивных графических методов особенно в сетевом планировании и управлении.

### 3.2. Интерактивные графические методы в сетевом планировании и управлении

Методы сетевого планирования и управления (СПУ) являются наиболее подходящими для наглядного представления процессов планирования, организации, управления и контроля за ходом выполнения работ, планов, проектов, программ. Однако их широкое использование сопряжено с некоторыми трудностями из-за больших затрат времени и трудоемкости ручного вычерчивания и изменения сетевого графика (СГ).

Актуальной задачей совершенствования и внедрения АСУ является разработка интерактивных методов проектирования и оперативной корректировки сетевых графиков. Эффективное решение этой задачи возможно объединением методов СПУ с возможностями интерактивных графических систем [11]. В этих условиях появляются новые требования к изображениям сетей.

Эффективно автоматическое формирование изображения сети достигается в том случае, если координаты элементов графика определяются при расчете календарного плана без ввода дополнительной исходной информации в ЭВМ, а алгоритм формирования графика требует минимальных затрат машинных ресурсов при практической реализации.

При автоматическом формировании изображения сетевого графика в традиционной форме (рис. 3.10) центральной проблемой является размещение работ (событий) на плоскости таким образом, чтобы график был достаточно наглядным. Если за критерий наглядности принять наименьшее число пересечений линий, то возникает комбинаторная задача по выбору работ (событий) из

множества заданных и такому их размещению, чтобы при изображении последующих работ не возникало пересечений линий связи. Решение задачи затрудняется при увеличении количества работ и связей. Кроме того, традиционная форма не совсем отвечает выявленным основным требованиям к графическим изображениям комплексов работ. Изображение считается наглядным, если можно найти работы без больших затрат на поиски, если имеется минимально возможное количество изменений направленных линий связей.

Автором разработаны и предложены формы сетевых графических

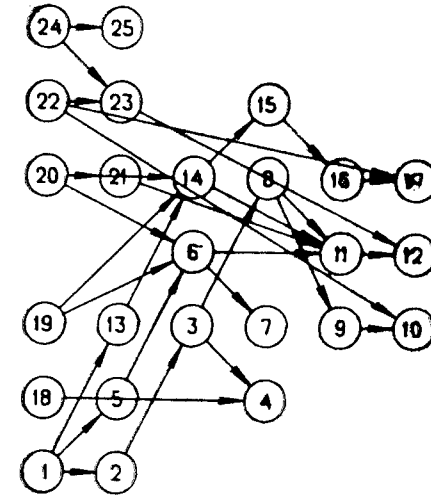


Рис. 3.10. Сетевой график в традиционной форме

ков [5, 6, 11], достоинством которых является наглядность изображения структуры и технологической последовательности работ, простота в построении и удобство в прослеживании номенклатуры работ (рис. 3.11), выделение фронтов работ (рис. 3.12), масштабность во времени (рис. 3.13), обеспечение возможности введения в график в интерактивном режиме новых связей и изменения отношения порядка между работами простым добавлением дуг без перестройки сети в целом. Вместо окружностей на графиках могут быть изображены прямоугольники с секторами, в каждом из которых автоматически размещаются различные параметры производственного процесса (рис. 3.14, 3.15).

Разработан комплекс алгоритмов для построения различных форм сетевых графиков. «корректировки» их в интерактивном режиме.

Предусмотрена возможность варьирования формы и размеров элементов сетевого графика для отражения самой разнообразной информации о календарном плане. Каждой форме сетевого графика соответствует определенный алгоритмический модуль.

Если пользователь желает получить изображение СГ в традиционной форме, то он может с помощью разработанного эвристического алгоритма построить исходное изображение сети, а затем в интерактивном режиме корректировать ее по своему вкусу. В процессе работы пользователь может указать на какой-то элемент изображения сети световым пером. При нажатии кнопки на световом пере (вызывающем прерывание) в тот момент, когда оно

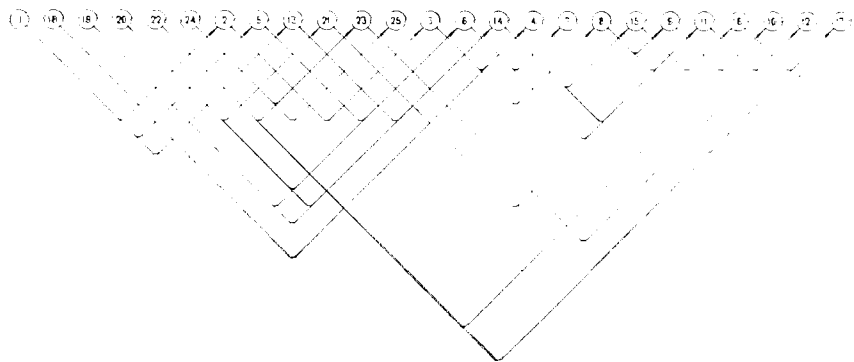


Рис. 3.11. Новая форма сетевого графика

«видит» работу, соответствующая программа получает информацию для дальнейшей ее обработки: указав пером на новую координату, данная работа и соответствующие ей линии связи автоматически перемещаются на экране дисплея в указанном направлении. При этом можно вводить новые работы, изменять топологию сети и параметры календарного плана.

Целесообразно в интерактивных системах использовать сети типа «работы-вершины», поскольку они проще в построении, и отпадает необходимость использования фиктивных работ. Однако с целью расширения возможностей графических систем разработаны алгоритмы для автоматического формирования изображений сетевых графиков типа «работы-дуги».

Наглядность представления, значительное сокращение затрат времени при размещении работ (событий), автоматическое отображение, исключение появления ошибок при вычерчивании являются основными преимуществами предлагаемых форм сетевых графиков и соответствующих алгоритмов. Кроме того, последние после небольшой модификации могут быть эффективно использованы при графическом представлении альтернативных сетей, блок-

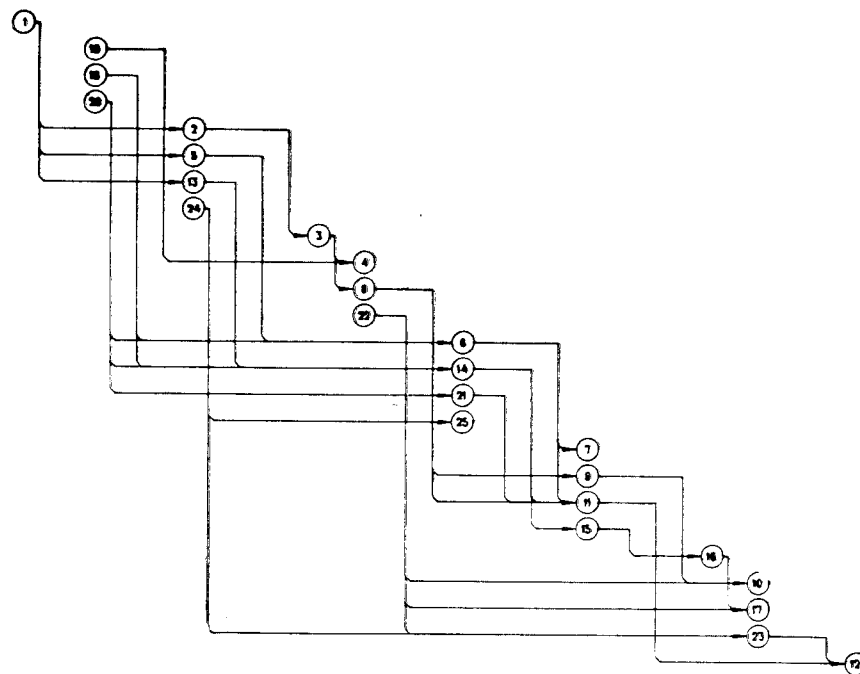


Рис. 3.12. Сетевой график с выделением фронтов работ

схем алгоритмов и программ, иерархических структур, диаграмм состояний интерактивных программ и др.

Разработанные алгоритмы применимы в автоматизированном обучении, где временные и логические связи учебных материалов могут изображаться в виде сетей, характеризующих весь процесс обучения. Работа интерактивной обучающей системы представляется следующим образом. Специальная управляющая программа

(УП) выбирает соответствующие элементы сети и предлагает задание обучающим, которые в процессе ответа на подготовленные текстовые вопросы составляют исходные данные для УП. Далее, обрабатывая данные, УП определяет выбор дальнейшего пути в этой сети.

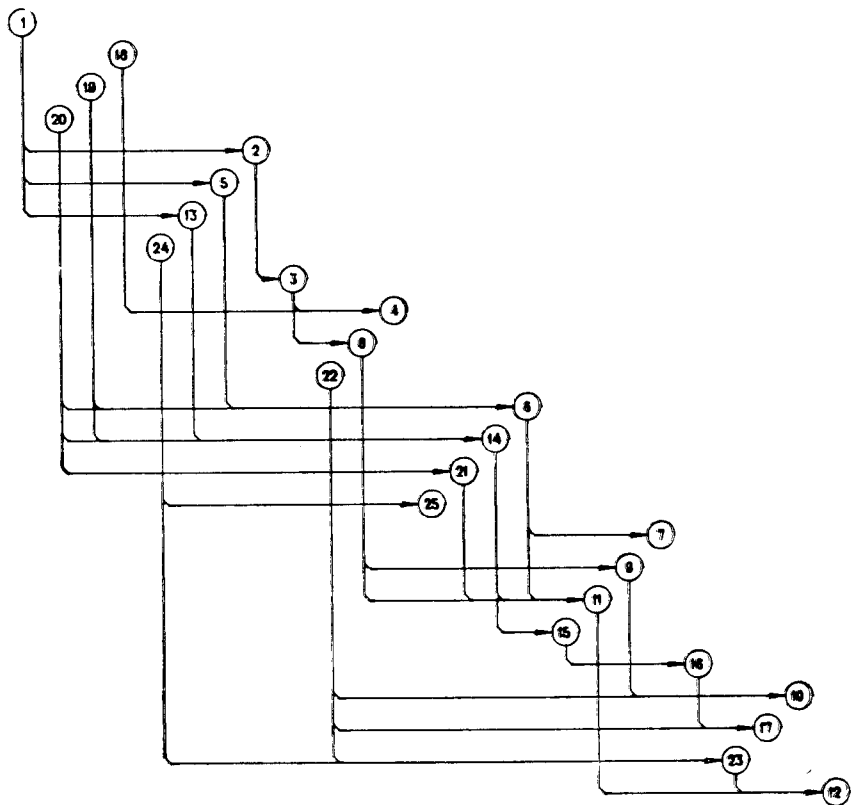


Рис. 3.13. Сетевой график в масштабе времени

Совершенствование АСУ требует разработки интерактивных методов корректировки не только сетевых, но и других форм графических моделей.  
С этой целью разработаны алгоритмы и программы для ЭВМ.

реализующие интерактивные методы построения и корректировки двух- и трехмерных план-графиков производства: линейных, комбинированных сетевых и сопутствующих ресурсных графиков, по-

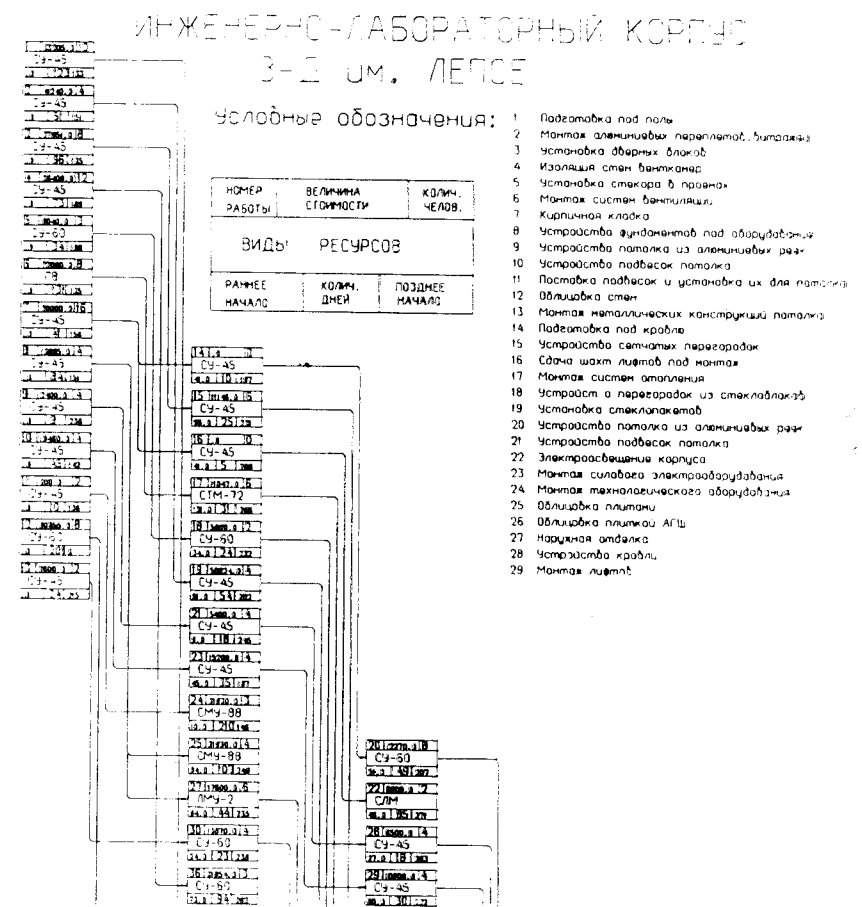


Рис. 3.14. Фрагмент календарного плана

лучивших наиболее широкое распространение в СПУ, АСУ, АСПР и САПР.

Одной из важнейших и сложных задач календарного планиро-

Условные обозначения:

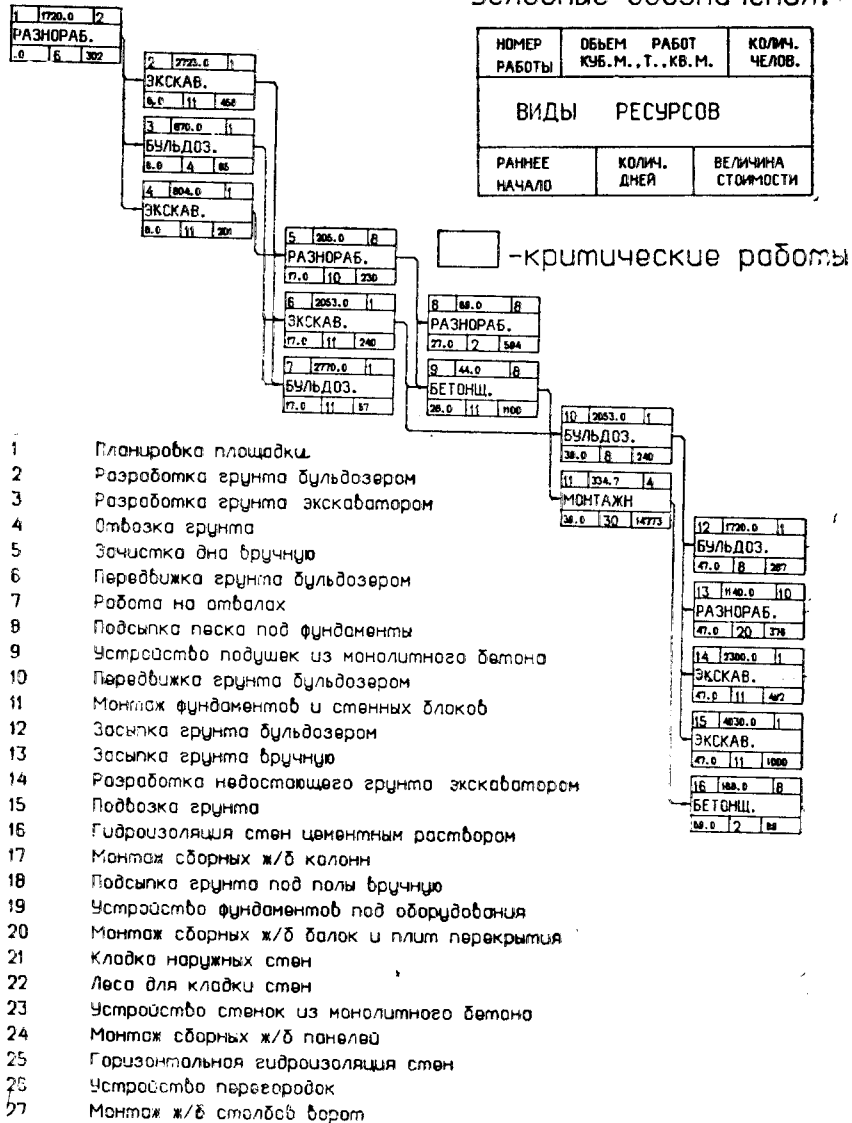


Рис. 3.15. Фрагмент календарного плана

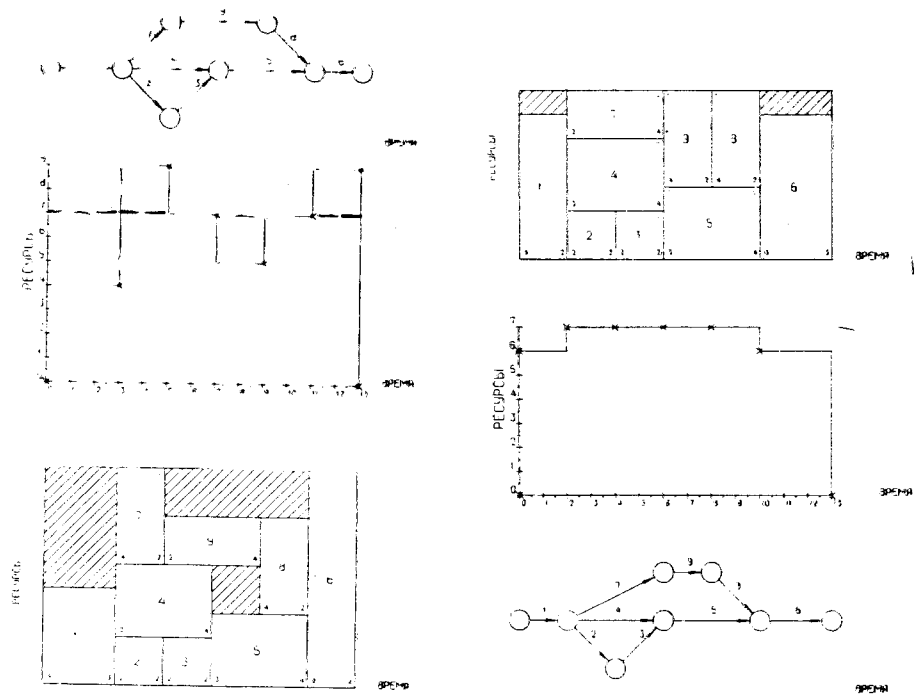


Рис. 3.16. Этапы интерактивной оптимизации по ресурсам

вания в условиях автоматизированных систем является количественная и качественная оптимизация ресурсов. По мере увеличения количества работ и связей между ними полный перебор вариантов становится практически невозможным даже для мощной ЭВМ. Для решения таких задач используются комбинаторные эвристические алгоритмы. Возможности эвристического поиска оптимального решения ограничиваются временем вычислений, особенно при решении задач в реальном масштабе времени. Поэтому часто принимают решения, близкие к оптимальным.

Использование интерактивного метода сглаживания ресурсов сокращает число допустимых вариантов решений, оперативно устраняет заведомо неприемлемые решения, обеспечивает возможность адаптации модели к реальным нуждам производства, сокращает время оценки и выбора решения.

Предположим, что все работы выполняются одним видом ресурса, а интенсивность его потребления для каждой работы явля-

ется величиной постоянной. Допустим, что до некоторого момента времени топологические и ресурсные ограничения удовлетворены и на дисплее просматривается следующий за указанным моментом интервал времени, именуемый в дальнейшем «контролируемый».

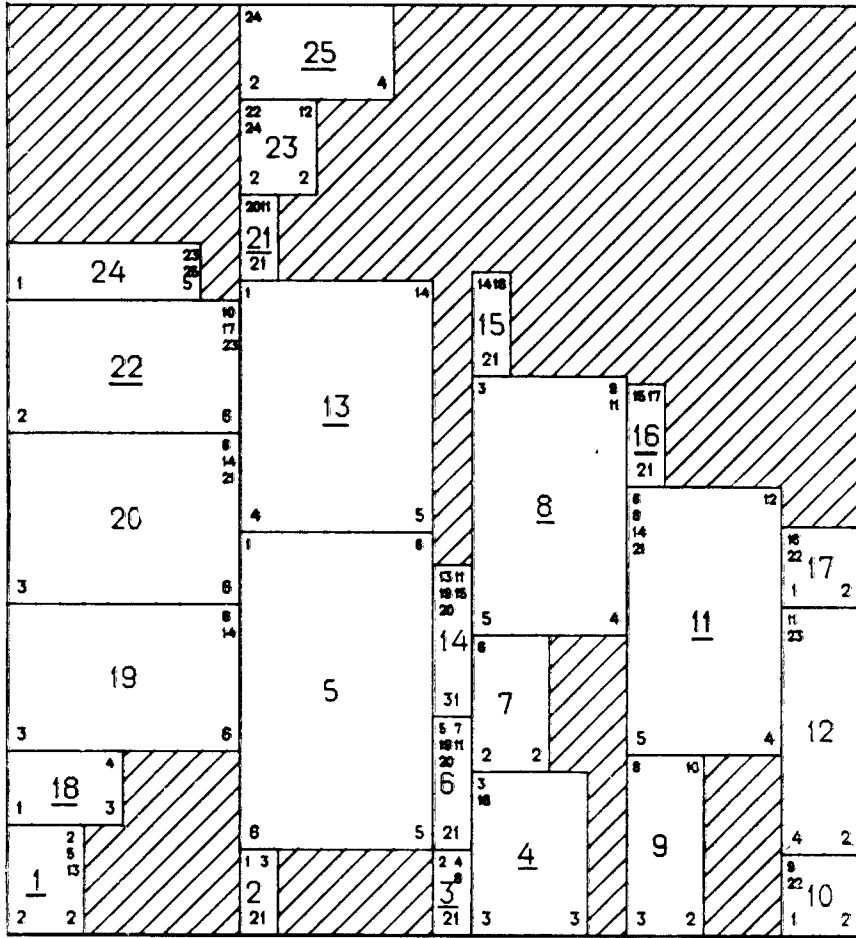


Рис. 3.17. Форма план-графика

В контролируемом интервале времени комплекс работ (рис. 3.16) представляется в виде исходного сетевого графика типа «работы-дуги», вычерченного в масштабе времени. График рас-

пределения потребных ресурсов расположен ниже. Штриховой линией показан график наличных ресурсов. Из рисунка видно, что в некоторых интервалах времени имеется нехватка ресурсов (гра-

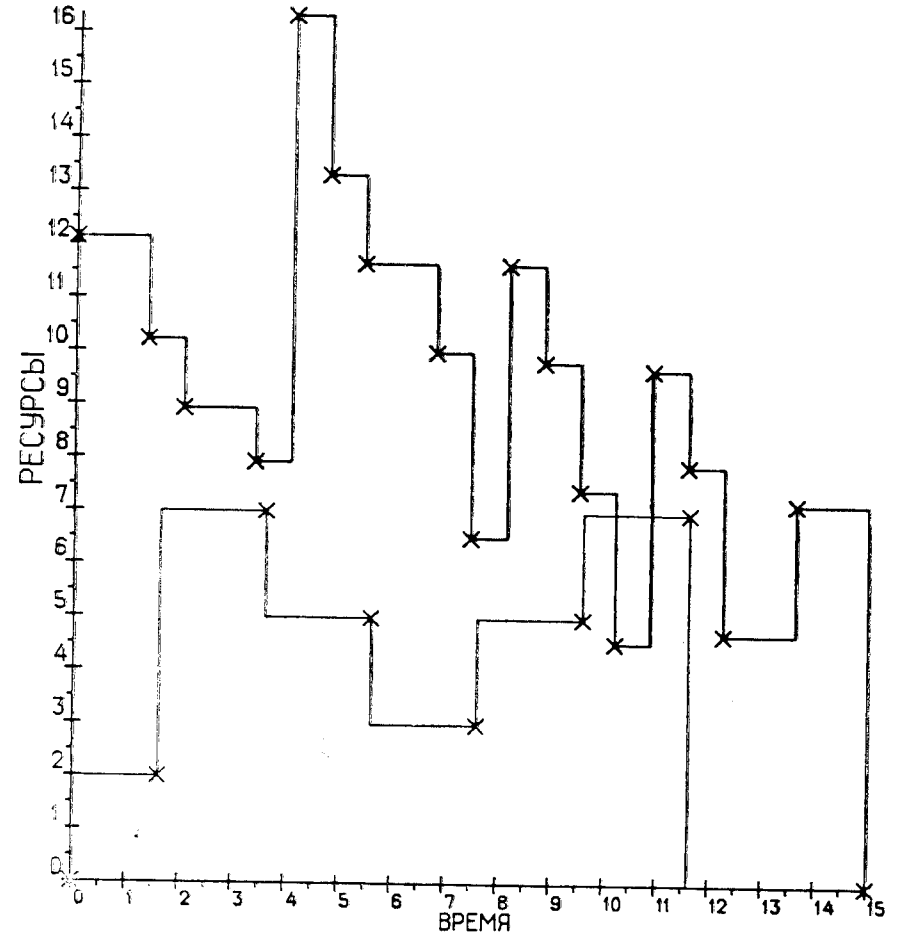


Рис. 3.18. Форма план-графика

фик потребных ресурсов расположен выше графика наличных), в других — избыток наличных ресурсов. Решение заключается в такой перестройке сетевой модели, осуществляемой путем изменения сроков и длительностей работ, интенсивностей потребления



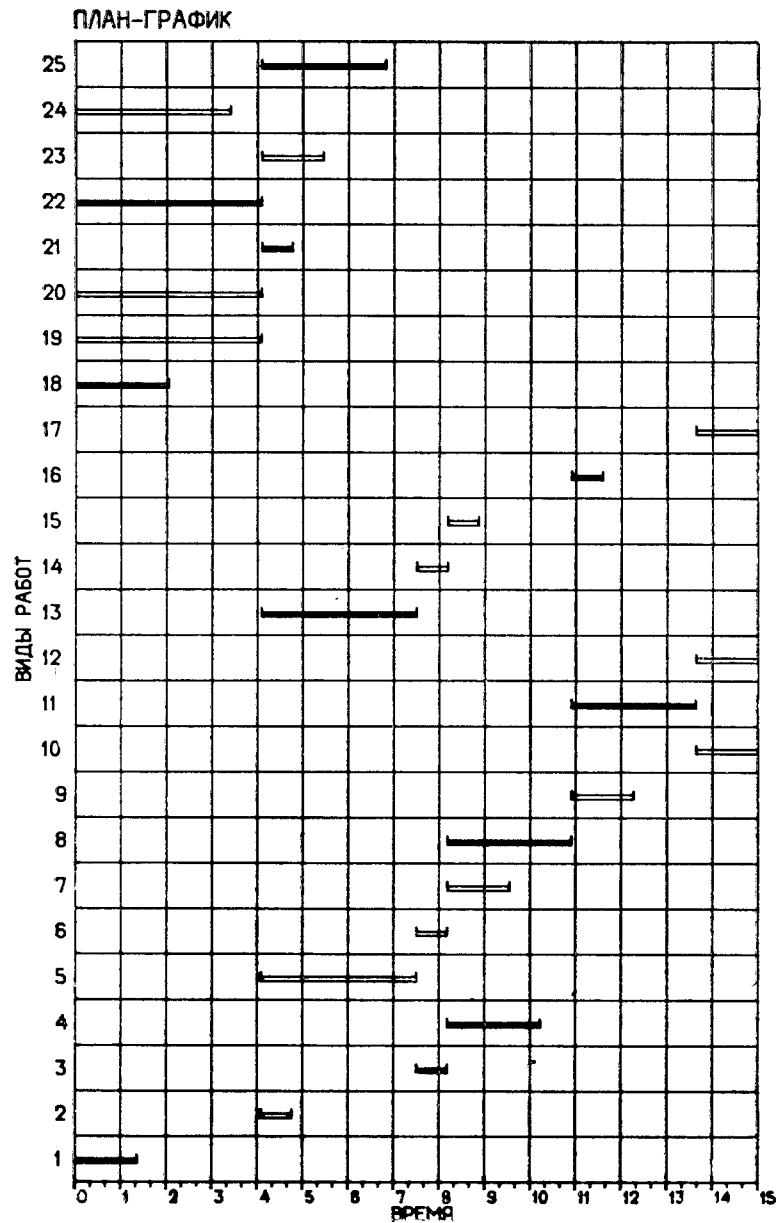


Рис. 3.19 Форма план-графика с выделенными работами, потребляющими однородные ресурсы

ресурсов, а также топологии сети, чтобы полученное новое расписание работ удовлетворяло ресурсным ограничениям.

Поиск вариантов решения осуществляется с помощью портретного представления работ на плоскости «интенсивность потребления ресурсов-время». Прямоугольники могут быть размещены двумя способами: в первом — высота конверта автоматически приравнивается уровню наличных ресурсов, в результате этого продолжительность комплекса работ может увеличиться и возникнет задача такого преобразования портрета, чтобы его основание стало минимальным; во втором — автоматически формируется портрет с минимальным основанием конверта. Поскольку исходный портрет соответствует исходному сетевому графику, после интерактивной оптимизации выбирают приемлемый вариант (из некоторого множества сформированных) по какому-либо показателю качества использования ресурсов. Далее дают указание ЭВМ о продолжении расчета или же определяют новый контролируемый интервал и повторяют аналогичные операции.

При наличии двух видов ресурсов осуществляют преобразование портрета для удовлетворения ограничения только по первому виду ресурса. Если одновременно в данном контролируемом интервале будет удовлетворено ограничение и по второму виду ресурса, переходят к следующему интервалу и т. д. В противном случае осуществляют преобразование портрета с целью удовлетворения ограничения по второму виду ресурса.

При большом количестве видов ресурсов можно устанавливать правила приоритета, автоматически подсчитывать и выводить на дисплей в качестве индикаторов значения показателей качества использования ресурсов. Для облегчения работы пользователя можно автоматизировать процесс размещения прямоугольников портрета на основе методов эвристического моделирования [33]. Решение многокритериальных задач по описанной методике —

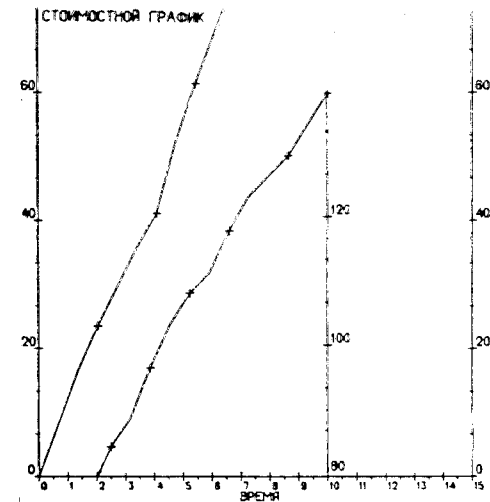


Рис. 3.20. Варианты план-графика

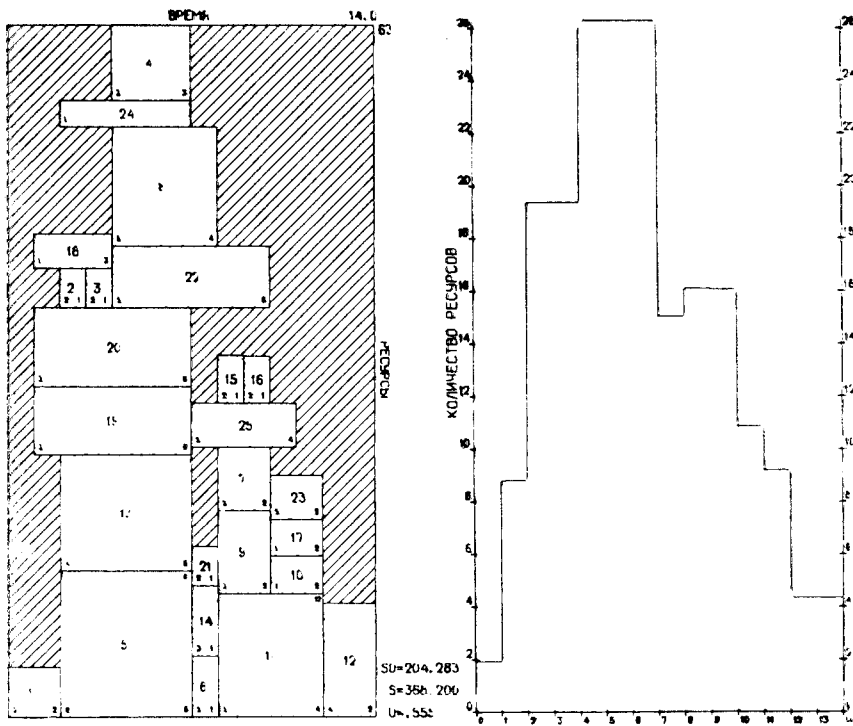


Рис. 3.21. Пеходный вариант строительной программы (фрагмент)

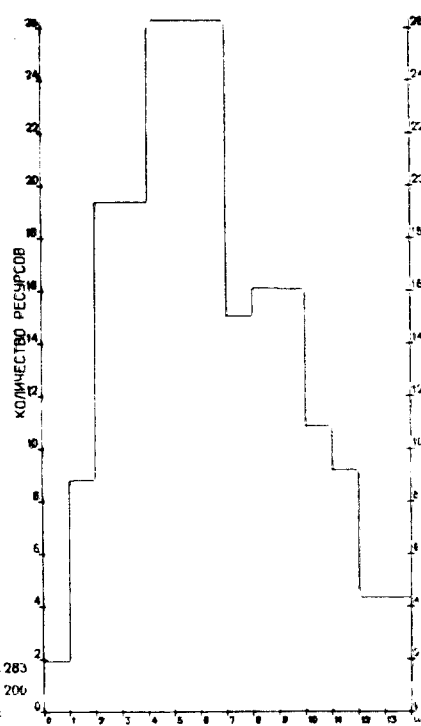


Рис. 3.22.

«зрительное восприятие—мышление (анализ и оценка) — коррективка план-графика» оказывается чрезвычайно эффективной. При этом существенно стимулируется творческая активность человека.

Организаторам и руководителям производства, особенно в условиях АСУ, нужна информация, отражаемая в самых различных формах план-графиков. Поэтому разработан комплекс алгоритмических и программных средств, позволяющий автоматически строить для каждого варианта графика работ двумерные и трехмерные гистограммы, энюры технико-экономических показателей и расхода ресурсов, оперативно вносить необходимые коррективы и с помощью ЭВМ рассчитывать новые варианты графиков. При этом можно идентифицировать однородные ресурсы, осуществить фрагментацию работ, масштабировать выходную информацию (рис. 3.17—3.20). Кроме того, пользователь по своему усмотрению может выбрать в качестве средства взаимодействия с прик-

СЕТЕВОЙ ГРАФИК

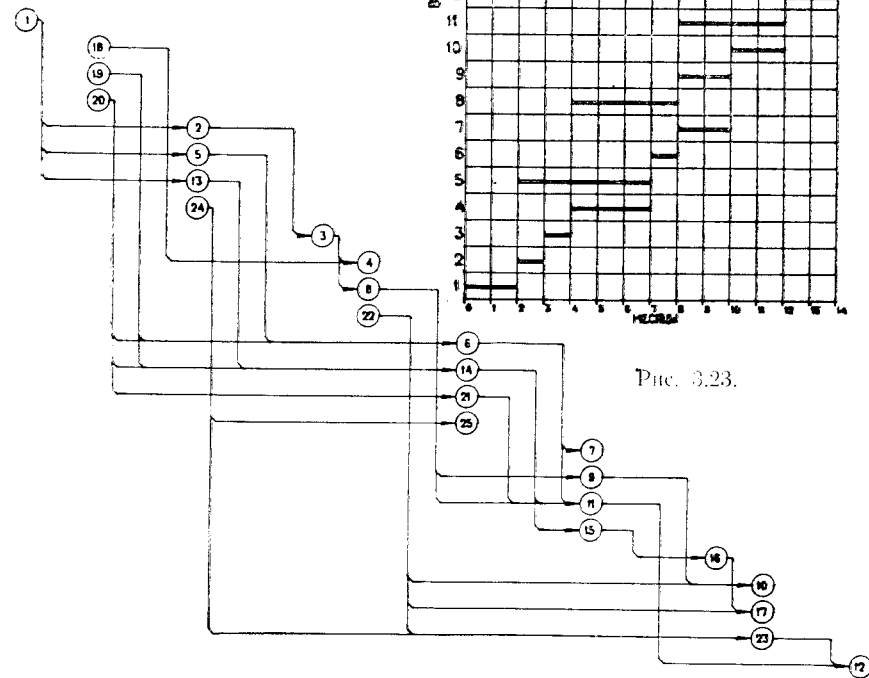


Рис. 3.23.

Рис. 3.24.

ладной программой не только портрет, но и линейный график (перемещать работы на экране дисплея влево или вправо вдоль временной оси с учетом временных и топологических ограничений), а также различные формы индикаторов, сетевых и других план-графиков.

Различные графики с одной временной осью абсцисс можно автоматически сопоставлять между собой, производить взаимную

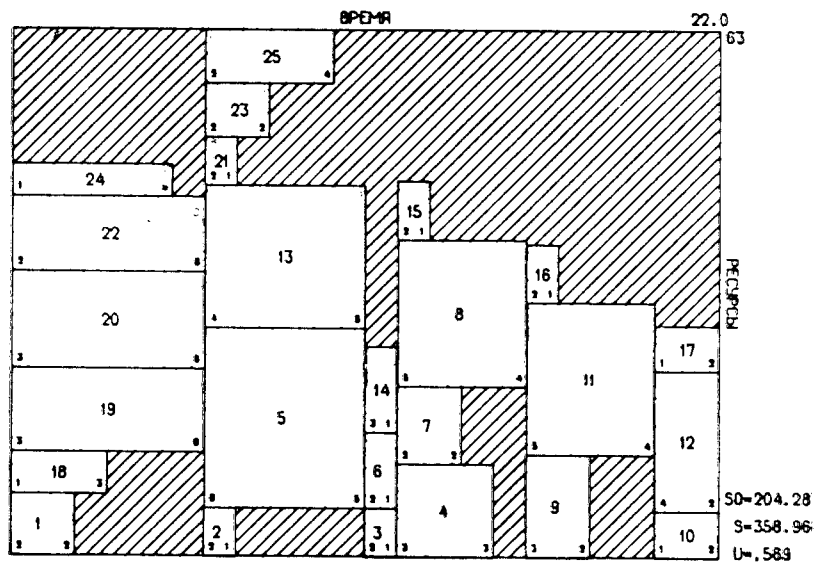


Рис. 3.25. Промежуточный вариант строительной программы (фрагмент)

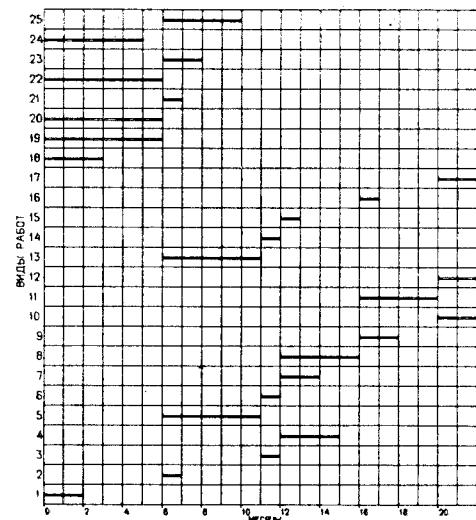


Рис. 3.27.

СЕТЕВОЙ ГРАФИК

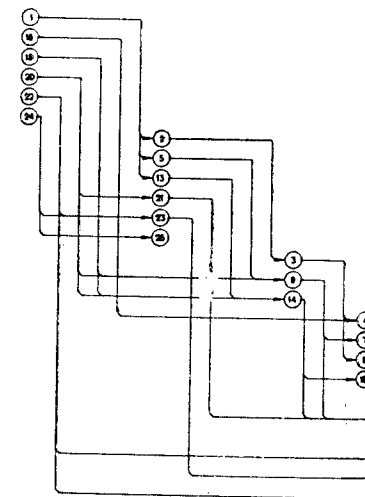


Рис. 3.28.

ПОРТРЕТ МОДЕЛИ

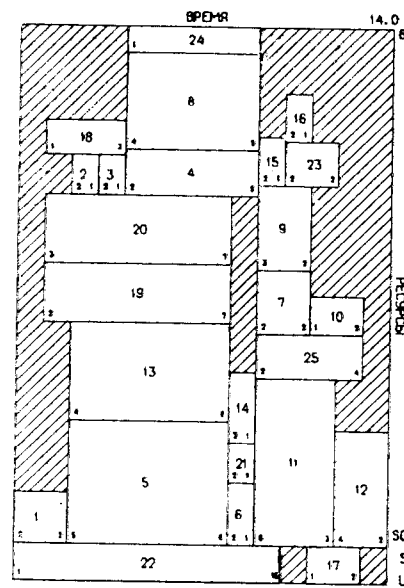


Рис. 3.29. Промежуточный вариант строительной программы (фрагмент)

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕСУРСОВ

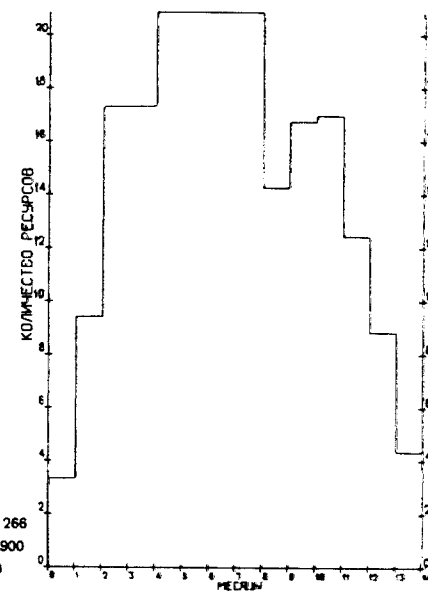


Рис. 3.30.

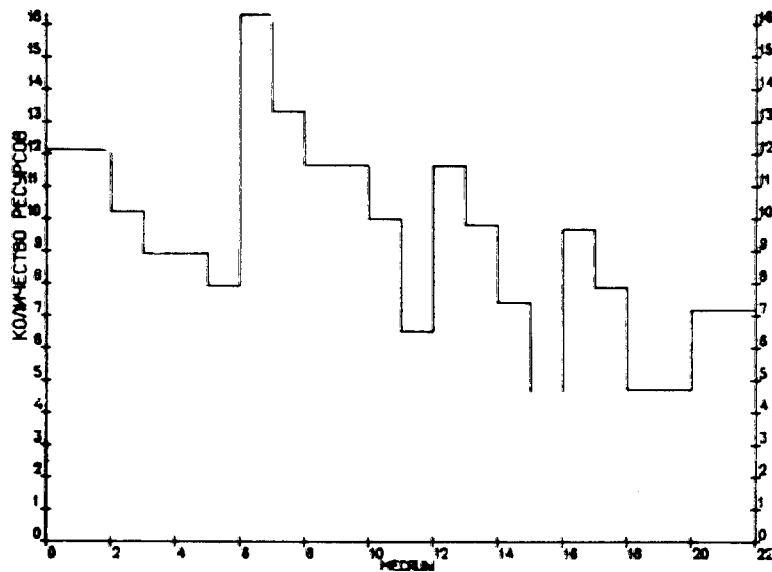


Рис. 3.26.

накладку, композицию и декомпозицию. Каждому индикатору или графику соответствует определенный программный модуль. Такой подход благоприятствует созданию универсальной гибкой системы модулей и допускает последующее ее развитие.

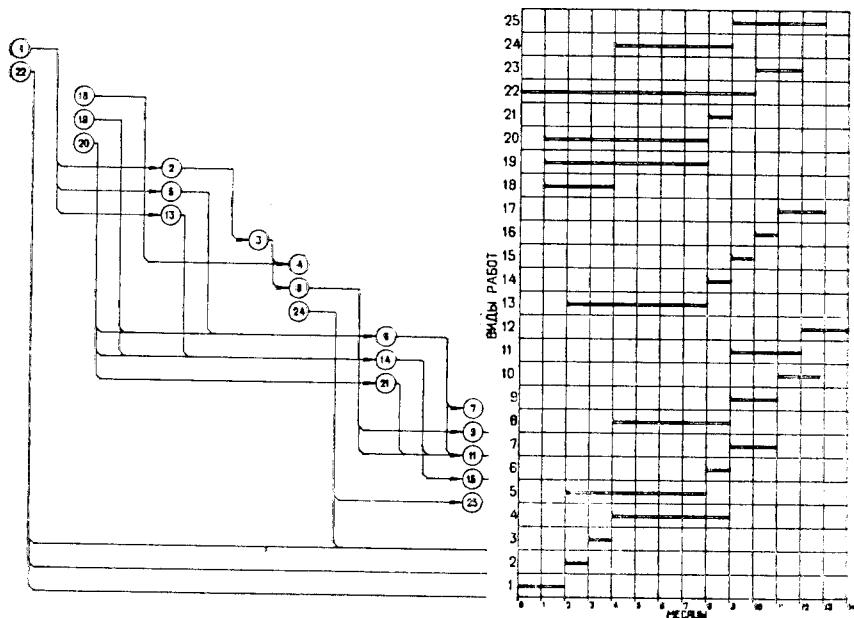


Рис. 3.31.

Разработанный программный комплекс представляет интерес для решения широкого круга оптимизационных многокритериальных задач управления, связанных с выбором и оценкой альтернатив.

Можно привести примеры эффективного использования комплекса при проектировании и оценке целевых и комплексных программ [21], в интерактивном управлении проектированием [13]. На рис. 3.21—3.36 приведены этапы решения задачи выбора рационального варианта реализации строительной программы (СП) на основе различных форм план-графиков.\* Для оценки уровня строительных программ используется показатель  $U$ . Для исходного варианта (фрагмента) СП величина  $U=0,555$  (рис. 3.21). Приемлемый (оптимизированный) вариант характеризуется уже величиной  $U=0,816$  (рис. 3.33). Для каждого варианта СП автоматически строятся линейный, сетевой и ресурсный графики.

\* Работа выполнена в ИНИИДСС совместно с Тимофеевой Н. В.

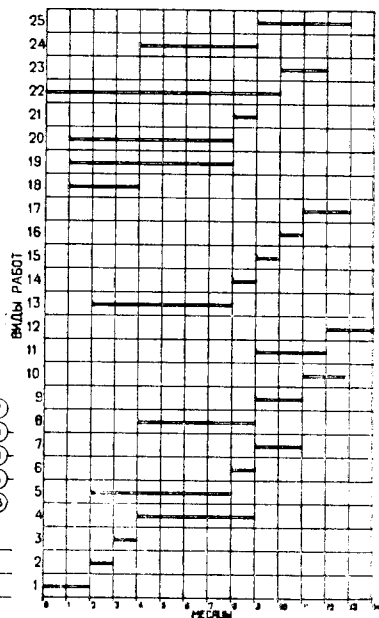


Рис. 3.32.

ПОРТРЕТ МОДЕЛИ

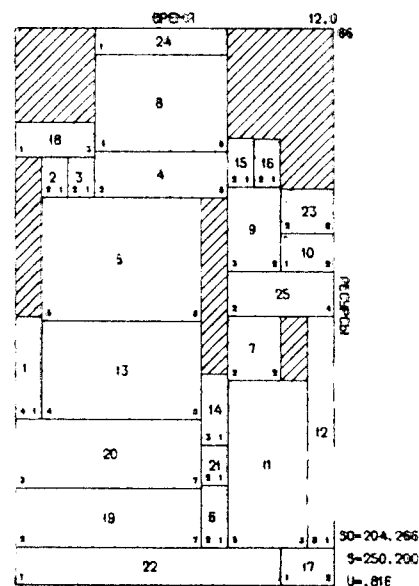


Рис. 3.33. Оптимизированный вариант строительной программы (фрагмента)

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕСУРСОВ

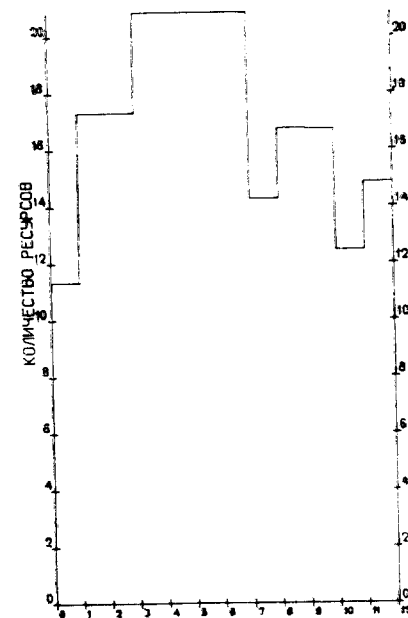


Рис. 3.34.

Эффективность интерактивного метода проектирования определяется простотой его использования, возможностью комплексного анализа и оценки программ.

С помощью разработанного программного комплекса\* можно построить также комбинированные графики, например, линейно-сетевой или модифицированный линейный график, отображающий

$$P = \{t_i^{(P)}, t_i^{(O)}, t_i^{(N)}, t_i^{(NO)}\}_{i=1}^N,$$

где  $P$  — календарный план (расписание работ);

$t_i^{(P)}, t_i^{(O)}$  — ранний срок начала (окончания) работы  $i$ ;

$t_i^{(N)}, t_i^{(NO)}$  — поздний срок начала (окончания) работы  $i$ ;

$i=1, \dots, N$  — последовательность работ календарного плана.

\* Варганетов Э. А., Ваганян Г. А., Джидоян Л. О., Есаян М. Э., Игитян С. М. Разработка графической системы сетевого планирования и управления ГРАФСНУ. Тезисы докладов III Всесоюзной конференции «Управление большим городом». Москва, 1985.

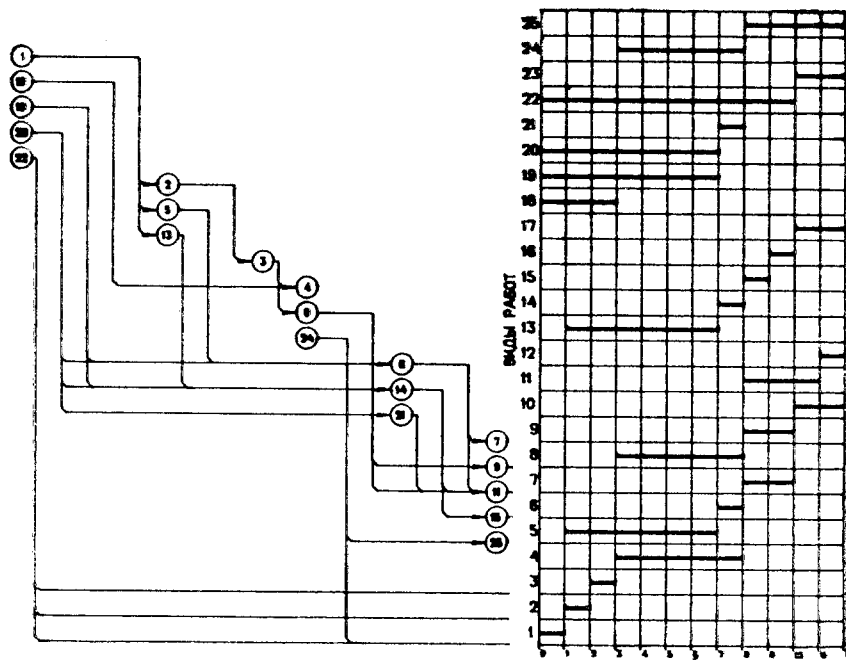


Рис. 3.35.

Рис. 3.36.

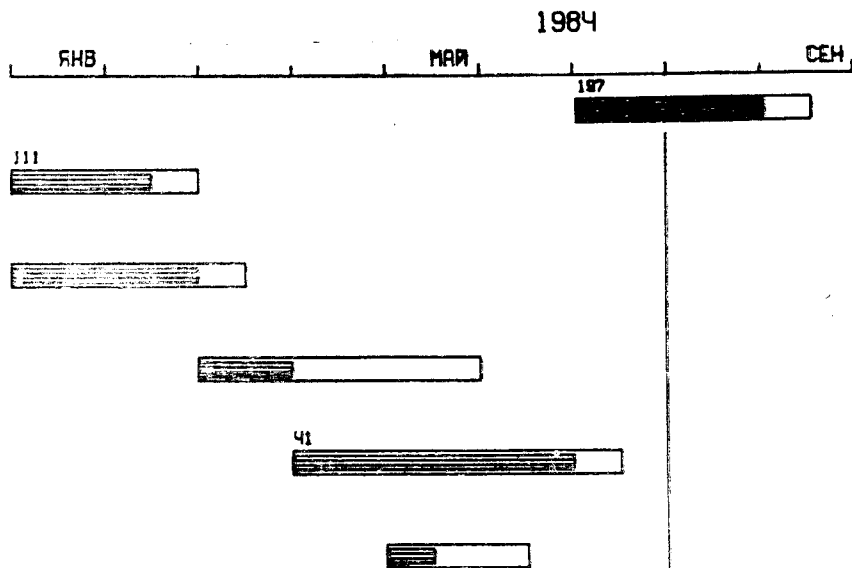


Рис. 3.37. Линейный график с выделением резервов времени

Эта форма позволяет отобразить на линейном графике резервы времени (рис. 3.37). С целью расширения функциональных возможностей графического моделирования задач СПУ разработаны прикладные интерактивные программы расчета временных параметров сетевых моделей для ЭВМ типа ЕС, мини-ЭВМ типов НАИРИ-4/АРМ, СМ-4 и микро-ЭВМ Электроника-60.

### 3.3. Методы тематического картографирования в управлении городским хозяйством\*

Эффективное управление городским хозяйством предусматривает всесторонний анализ информации о процессах промышленного производства, социально-экономического развития, быта, сервиса, охране окружающей среды и т. п. в различных территориальных разрезах — от небольших участков местности для отдельных объектов до всей территории города. С целью повышения наглядности и быстроты восприятия информации, для облегчения процессов анализа и принятия решений в управлении городским хозяйством можно использовать тематические карты, которые создают пространственный образ отображаемых явлений, содержат необходимые количественные и качественные характеристики, позволяют определять координаты, длины, высоты, площади и объемы напесенных объектов, показывают их сочетания, взаимосвязи, особенности и закономерности размещения [14, 30]. Наименования тематических карт указывают тему основного содержания конкретной карты (демографические, исторические, ландшафтные и т. д.). В последнее время появляется все больше новых типов карт, рассчитанных на определенный круг пользователей. Карты используются в качестве основы для инженерного проектирования — транспортного, энергетического, промышленного и сельскохозяйственного, для районных планировок, разработки планов развития экономики, культуры и т. д.

Рассмотрим более подробно некоторые виды тематических карт, использование которых целесообразно в процессах управления городским хозяйством.

К их числу относятся в первую очередь статистические карты, представляющие собой графическое отображение статистических данных в географическом разрезе [16]. Как правило, все эти данные представляются традиционно в виде статистических таблиц, которые не обладают наглядностью, анализ их требует значительных затрат времени руководящих работников. Статистическая карта — это контурная географическая карта, на которой оставлены

\* В работе использованы материалы исследований Г. О. Джидоян, Т. А. Сецькиной, К. А. Хазулян, Н. М. Мешинджян, выполненных под руководством автора в ЕрНИПИ АСХТ.

лишь самые необходимые пространственные ориентиры — государственные границы, контуры административных делений, транспортные и водные артерии и т. д. Цель представления статистических данных на такой географической карте заключается:

— в выявлении закономерностей распределения какого-нибудь одного статистического признака по всей территории города;

— в установлении комплексных показателей каждого отдельного района города или межрайонных связей.

В соответствии с этим статистические карты делятся на два основных вида:

— картограммы, отражающие среднюю интенсивность явлений в пределах территориального деления — изучаемый признак изображается штриховкой, цветом (фоновые картограммы), точками (точечные картограммы) и т. д.;

— картодиаграммы, отражающие суммарную величину явления в пределах территориального деления.

Среди картодиаграмм выделяются:

1) картодиаграммы простого сравнения; изучаемый признак изображается диаграммными фигурами, расположенными в контуре каждого района (наиболее употребительны линейные диаграммы — столбики, полоски, длина которых пропорциональна сравниваемым величинам и площадные диаграммы — квадраты, круги и т. д., площадь которых пропорциональна сравниваемым признакам);

2) графики пространственных перемещений, предназначенные для отображения межрайонных связей, причем, они характеризуют как направления перемещения тех или иных объектов (межрайонные перевозки, миграция населения и т. п.), так и мощность соответствующих потоков.

В этом случае транспортные пути изображаются на географической карте линиями разной толщины, пропорциональными мощности (грузонапряженности, пропускной способности и т. д.).

Своеб. место среди статистических карт занимают центрограммы, отражающие динамику изменения центральной (средней) точки расположения в пространстве определенной совокупности явлений. Формируются они на основе долговременных статистических наблюдений и отражают смещение историко-географических процессов относительно каких-либо центров (этот метод исследования известен как центрографический).

В отечественной градостроительной науке и ее отрасли — теории городского движения на основе центрографии, разработан новый оригинальный графоаналитический метод, использующий привычный для градостроителей язык графических построений [65]. Появление этого метода обусловлено необходимостью определения взаимосвязи между показателями развития транспортных

сетей, обеспечивающих функционирование транспорта города, и его планировочными характеристиками (размером освоенной территории и ее формой; размещением в плане города мест трудового тяготения, жилья, отдыха и т. д.). Основное назначение метода — количественное определение компактности планировочного и транспортно-планировочного решения города. Система числовых показателей позволяет:

— сравнивать варианты планировки и развития транспорта города в целом или отдельных его районов;

— сравнивать существующий план города с его проектным решением;

— определять динамику показателей, характеризующих эволюцию города в процессе его развития;

— определять наиболее удобное для населения расположение центра города (или возможности его развития), районных центров, вокзалов, стадионов, мостов и путепроводов;

— максимально и целенаправленно согласовывать планировочное и транспортное решение города, учитывая максимальное разнообразие способности варьирования первого и технические ограничения второго.

Рассмотренные виды статистических карт, совершенно очевидно, могут быть использованы при решении различных задач управления городским хозяйством, например, для анализа статистических данных, планирования и прогнозирования социально-экономического развития города, транспортных путей, инженерных коммуникаций, охраны природы и окружающей среды.

Использование тематических карт, отражающих застройку в городское хозяйство на разных уровнях (включая подземные), существенно облегчает решение градостроительных проблем. В данном случае тематические карты служат средством отображения реально существующих объектов, а также различных вариантов проектных решений. Как правило, эти карты представляют собой план города или отдельного участка его территории с условными обозначениями на них объектов строительства.

В тематическом картографировании различают также комплексное картографирование, предусматривающее многостороннее и целостное отображение природных и социально-экономических систем различного территориального охвата и сложности.

Рассмотрим более подробно возможность автоматизированного формирования тематических карт в условиях автоматизированных систем управления городским хозяйством (АСУ ГХ).

Органам управления городским хозяйством, в частности исполкомам, целесообразно иметь различные тематические карты по всем интересующим показателям, изготовление же их традиционными методами довольно трудоемко. Автоматизированный выпуск

тематических карт возможен при использовании методов и средств машинной графики [14, 21, 30, 43].

В этом случае процесс изготовления карт разбивается на две стадии:

- 1) создание основы, постоянной для всех карт;
- 2) нанесение на основу функциональных значений.

Основой является карта города с районным разбиением, например, карта г. Еревана с разбиением по административным

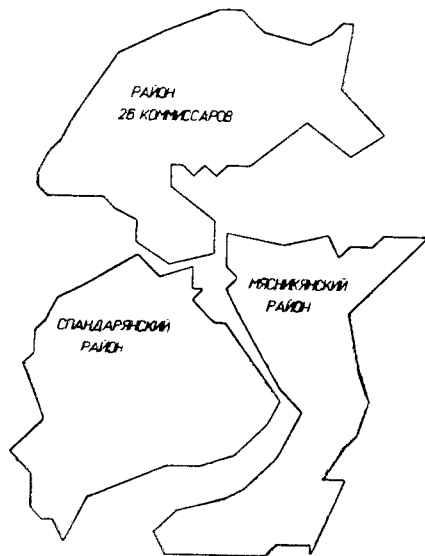


Рис. 3.38. Фрагмент карты г. Еревана

районам (рис. 3.38). Функциональные значения показателей с помощью графических устройств могут наноситься автоматически как на стандартную основу, полученную типографским способом, так и на карту, вычерченную с помощью ЭВМ (в этом случае исходная информация заводится с помощью кодировщика). Функциональные значения тематических карт хранятся в специальной базе данных.

Для повышения оперативности выдачи информации, сопоставления и выявления закономерностей изменения и размещения показателей они могут быть выведены на экран графического дисплея. С помощью светового пера (световых кнопок, техники меню) в режиме диалога с ЭВМ

можно выводить отдельные фрагменты карт (административные районы, промышленные зоны), в случае необходимости давать указания о проведении дополнительных расчетов на ЭВМ.

С учетом функционального состава задач АСУ ГХ можно выделить системы, в которых использование тематического картографирования и средств машинной графики наиболее целесообразно.

К ним относятся:

1) автоматизированные системы управления городом и городским хозяйством на уровне исполкома и его руководства. В данных системах наиболее употребительны статистические карты, отражающие учетно-статистическую информацию в рамках территории города и отдельных его районов. Так, например, в автома-

тизированных системах для контроля и анализа исполнения поручений по районам г. Еревана могут использоваться столбиковые и полосовые диаграммы (рис. 3.39). Результаты анализа исполнения поручений в районном разрезе можно представить в виде двумерных столбиковых диаграмм; уровень организации исполнения поручений руководителями и контролерами — с помощью полосовых двумерных диаграмм. Статистические таблицы могут

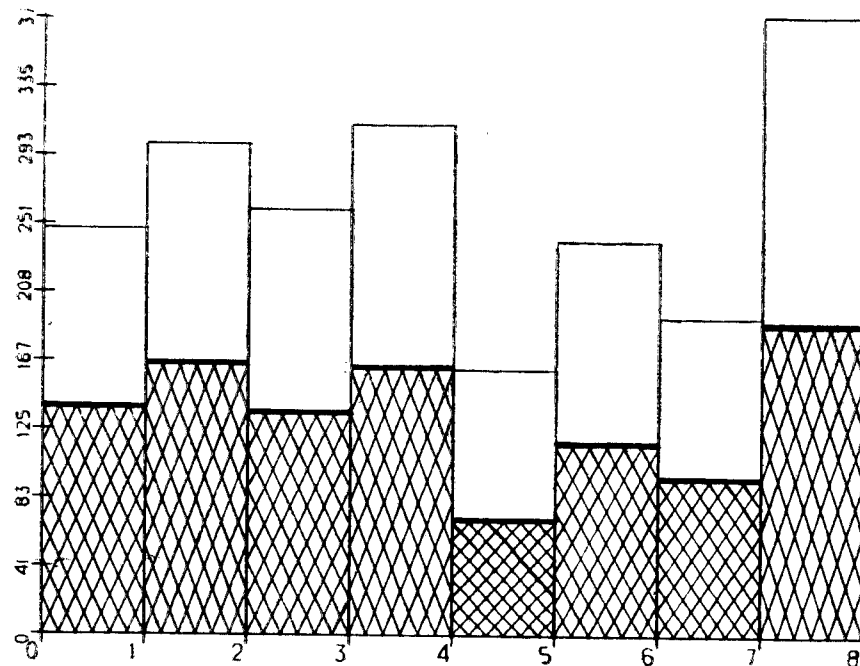
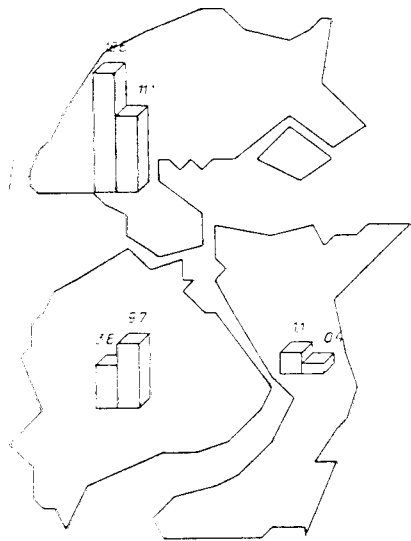


Рис. 3.39. Столбиковая диаграмма

быть представлены в виде картограмм и картодиаграмм, например, сопоставление численности рабочих и служащих с объемом товарной продукции по отдельным районам выполнено с помощью трехмерных сравнительных диаграмм (рис. 3.40).

2) автоматизированные системы управления жилищно-гражданским строительством на территории города. В данных системах целесообразно использование тематических карт, отражающих генплан города, проекты районной и детальной планировки, варианты застройки города с выделением районов озеленения, зон отдыха и т. д. Кроме того, в рассматриваемых системах можно использовать графоаналитический метод оценки градостроитель-

ных исследований, который дает комплексную характеристику транспортных и планировочных решений относительно некоторых центральных (средних) величин. Графической основой данного метода являются различные виды центрограмм: планограммы, километрограммы, изохронограммы и т. д. В Приложении III приводятся соответствующие графики, иллюстрирующие описываемые примеры (возможности);



УСЛОВНЫЕ СООБРАЖЕНИЯ

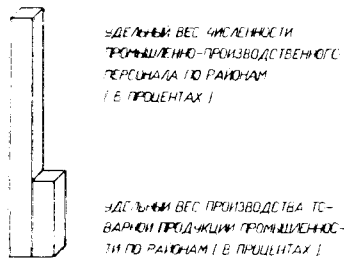


Рис. 3.40. Сравнительная диаграмма

в процессе проектирования дорог, путей и путепроводов, водоснабжения и канализации, газоснабжения, электроснабжения и т. д.;

5) автоматизированная система «Здравоохранение». В данной системе тематические карты целесообразно использовать для анализа учетно-статистических данных в различных территориальных

разрезах, выбора оптимальных маршрутов для машины «Скорой помощи», обозначения на карте различных медицинских учреждений и т. д.;

6) автоматизированная система «Охрана окружающей среды». В данной системе тематические карты могут использоваться для отображения степени загрязнения атмосферы, выделения наиболее опасных источников загрязнения, мест концентрации производственных отходов и т. д.;

7) автоматизированные системы «Спецназначения». В рассматриваемых системах широкое применение могут найти тематические карты с выделением специальных зон и объектов, эпицентров поражения, уровней зараженности и т. д.

В большинстве случаев всю совокупность данных, с которыми приходится работать органам управления городским хозяйством, можно представить в виде двумерных таблиц, содержащих данные, характеризующие сведения о некоторых «объектах». Поэтому в качестве базы данных предлагается форма организации данных в виде объектно-характеристических таблиц. Такого рода организация данных определяет, во-первых, состав поисковых процедур, с помощью которых всегда обеспечивается формирование «справки» необходимых сведений по каждому объекту или по их совокупности и, во-вторых, язык запросов, на котором могут быть запрошены любые сведения об этих объектах из числа имеющихся.

Результаты, полученные в ЕрНИПИ АСУГ с использованием мини ЭВМ (ИЛИРИ—4/АРМ), свидетельствуют о целесообразности организации базы данных в форме объектно-характеристических таблиц и проведении подобных разработок с использованием графических средств не только для АСУ городским хозяйством, но и для решения различных задач отраслевого и территориального планирования и управления [12, 44].

Весьма эффективно автоматически составлять тематические карты для проектирования инфраструктуры объектов, территориально-производственных и аграрно-промышленных комплексов, решения задач размещения трудоспособного населения по областям, распределения различными министерствами и ведомствами капитальных вложений, объемов строительно-монтажных работ по отраслям народного хозяйства (в сравнении по годам) и другие [21].

Возможности автоматизированных систем повышаются при комплексном использовании тематического картографирования и методов цифрового моделирования, позволяющих\*:

возможности автоматизированных систем повышаются при комплексном использовании тематического картографирования и методов цифрового моделирования, позволяющих\*:

возможности автоматизированных систем повышаются при комплексном использовании тематического картографирования и методов цифрового моделирования, позволяющих\*:

возможности автоматизированных систем повышаются при комплексном использовании тематического картографирования и методов цифрового моделирования, позволяющих\*:

возможности автоматизированных систем повышаются при комплексном использовании тематического картографирования и методов цифрового моделирования, позволяющих\*:

возможности автоматизированных систем повышаются при комплексном использовании тематического картографирования и методов цифрового моделирования, позволяющих\*:

возможности автоматизированных систем повышаются при комплексном использовании тематического картографирования и методов цифрового моделирования, позволяющих\*:

\* Гусаков А. А. Научно-технические проблемы проектирования в свете развития инфраструктуры. — В кн.: Экономические проблемы инфраструктуры. — Вильнюс, Минтис, 1981.



— обработать информацию о местности (с карт, планов, аэро- и фотоснимков) и преобразовать ее в цифровые данные;

— автоматически выводить соответствующую графическую информацию;

— дать экономическую оценку территории с точки зрения возможности размещения различных объектов.

Необходимость эффективного использования земельных ресурсов (свободных территорий в городах и населенных пунктах), сокращения отчуждаемых территорий у сельского и лесного хозяйства выдвинули актуальную проблему паспортизации резервных площадок. Создание банка данных о резервных площадках и прикладных программ для тематического картографирования и размещения предприятий с учетом затрат на инфраструктуру даст значительный экономический эффект и позволит [21]:

— рационально решать задачи по размещению групп предприятий и формированию промузлов с учетом минимизации затрат на создание и эксплуатацию инфраструктуры;

— использовать непригодные для сельского хозяйства земли, исключив размещение предприятий на ценных для народного хозяйства землях;

— снизить затраты на проектирование и строительство объектов.

#### 3.4. Интерактивные графические методы в административном управлении

В административном управлении, например, в условиях АСУ ГХ документы, предназначенные для руководства, представляются в основном в виде таблиц с помощью алфавитно-цифровых печатающих устройств и дисплеев. По содержанию и назначению их условно можно разделить на следующие основные группы: оперативный контроль за исполнением поручений; анализ исполнения поручений; оперативный контроль за исполнением решений; анализ исполнения решений. При решении задач контроля и анализа предпочтительно использование не табличных, а графических документов. Как показал анализ, каждая группа используемых документов имеет единый макет (количество граф, их размеры не изменяются, меняются лишь цифровые данные). В этом случае все многообразие форм внутри группы можно свести к графикам одного типа в соответствии с классификацией, принятой в альбоме графических форм.

Практика показывает, что использование средств машинной графики в задачах контроля и анализа должно осуществляться по этапам:

— разработка графических аналогов существующих табличных документов;

— разработка новых графических форм документов;

— разработка графических методов контроля и анализа;

— разработка графической системы контроля и анализа.

Следует отметить, что разделение на этапы носит условный характер, оно отражает последовательность проведения работ по созданию графических систем управления.

Первый этап — разработка графических аналогов существующих табличных документов — не требует изменения действующей системы анализа и контроля. Графики в данном случае служат средством более наглядного представления имеющейся информации. Причем, информацию, представленную в различных графиках, можно агрегировать или дезагрегировать по желанию пользователя. Использование графических аналогов таблиц наиболее целесообразно при анализе данных об исполнительской деятельности в административном управлении. В настоящее время этот анализ носит констатирующий характер.

Применение иерархической системы взаимосвязанных модульных графиков значительно облегчит анализ. Так, например, множество поручений можно представить совокупностью графиков для комплексного последовательного и детального анализа каждого подмножества поручений.

Что касается задач контроля, то использование графических методов обеспечит не только отражение хода исполнения поручений, но и «предупреждение» о возможном опережении или отставании. К числу таких методов относятся, прежде всего, сетевые, устанавливающие строгую последовательность выполнения поручений, сроки их начала и окончания.

Результаты расчета временных параметров сети можно представить с помощью карты хода работ (КХР), «треугольника» Кнесселя и т. д. Основное назначение этих моделей — установление отклонений от заданных сроков выполнения. Например, рассматривая данные, указанные в карте хода работ (рис. 3.41), руководитель анализирует положение в контролируемый период времени, взвешивая отставание и, что не менее важно, тенденцию к отставанию (или опережению), а также определяет время, оставшееся до запланированного срока завершения работы. В зависимости от конкретных обстоятельств он выбирает наиболее важные участки, требующие его внимания, и запрашивает по ним дополнительные данные.

Автоматизированное построение КХР позволяет обеспечить оперативность передачи и обработки отчетных данных в удобной и наглядной для руководителя форме, а также возможность принятия своевременных мер воздействия на ход выполнения работ.

Представляет практический интерес формирование с помощью ЭВМ графика учета хода работ — «треугольника» Кнесселя, ко-

торый впервые применил его в заводской практике еще в 1911 году [31]. Данный график (рис. 3.42) позволяет сразу определить места, где фактический ход работ опережает плановые сроки (кривая В° расположена левее А°) или отстает от них (кривая В° расположена правее А°).

Для решения задач организации, контроля и анализа исполнения решений предлагается использовать модифицированные интерактивные варианты методов ЛОБ и Тернер [70].

Суть интерактивного метода ЛОБ заключается в использовании трех взаимосвязанных графиков: цели; сети поручений; гис-

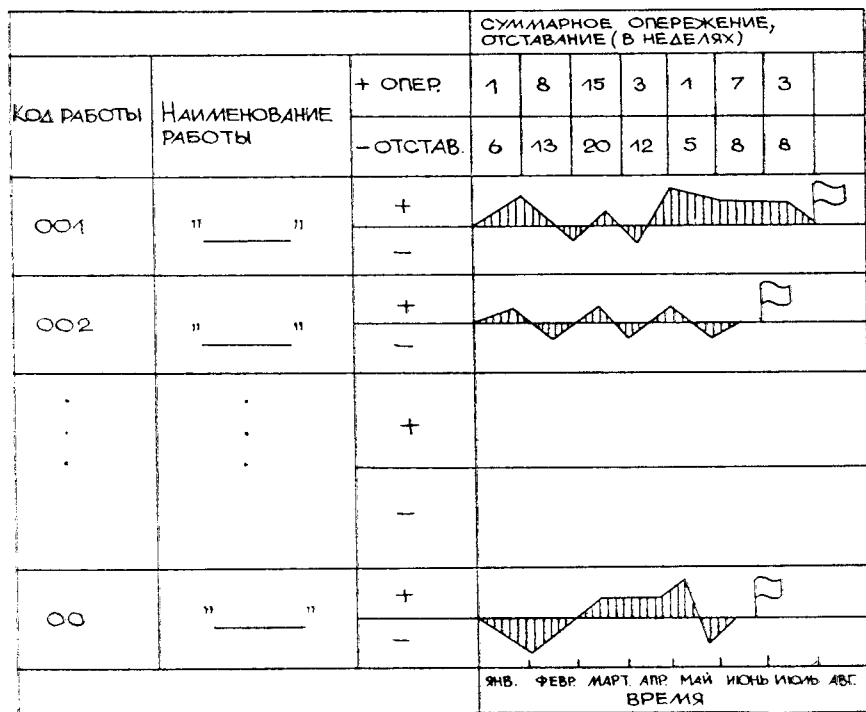


Рис. 3.41. Карта хода работ. Маркером (флажком) отмечается запланированный срок его завершения

тограммы учета выполнения поручений в контролируемый период времени (в %) с линией баланса. Однако его применение возможно в условиях типизации решений и поручений, когда набор поручений, входящих в состав решения, остается постоянным, когда

известны последовательность и продолжительность их выполнения.

В методе Тернер используется комбинированная форма представления сетевого и линейного графика. Текущий контроль за ходом исполнения решения осуществляется с помощью линии контроля.

Рассмотрим пример (рис. 3.43), где в состав одного решения входит 8 поручений. Линия контроля характеризует состояние исполнения решения на 31 января. Календарный график представлен в неделях, сверху прописными буквами указаны mnemonicские обозначения месяцев, между первыми двумя — указан год. Снизу на второй строке расположены числа всех понедельников данных месяцев с делениями в виде жирных черточек, находящихся друг от друга на некотором постоянном расстоянии. От делений первых понедельников каждого месяца проводится вертикальная тонкая черта во всю высоту графика; внизу цифра — идентифицирует месяц. (Аналогичным образом календарный график можно отобразить по месяцам, кварталам, годам).

Поручения изображаются прямоугольниками, длина которых зависит от продолжительности выполняемой работы; сроки выполнения поручений представляются сверху в скобках (20, 25, 10 дней). Наименование поручения выводится у нижнего основания прямоугольника.

Сверху слева над поручением указывается его шифр (0132, 0133, 0135 и т. д.). Каждый ряд числа может выражать как-либо признаки (ответственный исполнитель, подразделение и т. д.).

Прямоугольник с линией в середине обозначает поручение, лежащее на критическом пути. Через прямоугольник с наклонной штриховкой обозначено поручение, выделенное из всего комплекса решений. Цифра внутри прямоугольника (около правой стороны) определяет резервное число дней (на критическом пути резервных дней нет). Прямоугольник с горизонтальной штриховкой обозначает полностью завершенное поручение, а с горизонтальной неполной штриховкой — частично завершенное поручение.

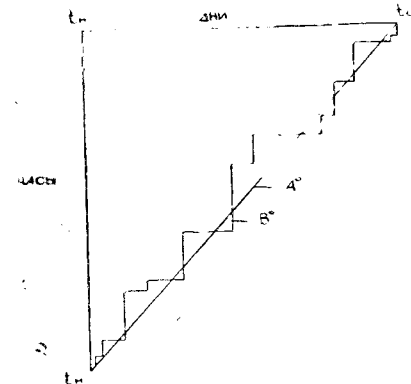


Рис. 3.42. Треугольник Киселья ( $t_n$  — начало работ;  $t_o$  — окончание работ; А° (В°) — линия нормального (фактического) выполнения)

Флажок — специальный символный маркер для обозначения или выделения какого-либо поручения или лимита времени.  
 Стрелка выражает зависимость одного поручения от другого, например, поручение 0136-ое может быть начато после окончания 0133-го поручения, а 0135-ое не зависит от окончания какого-либо поручения (рис. 3.43).

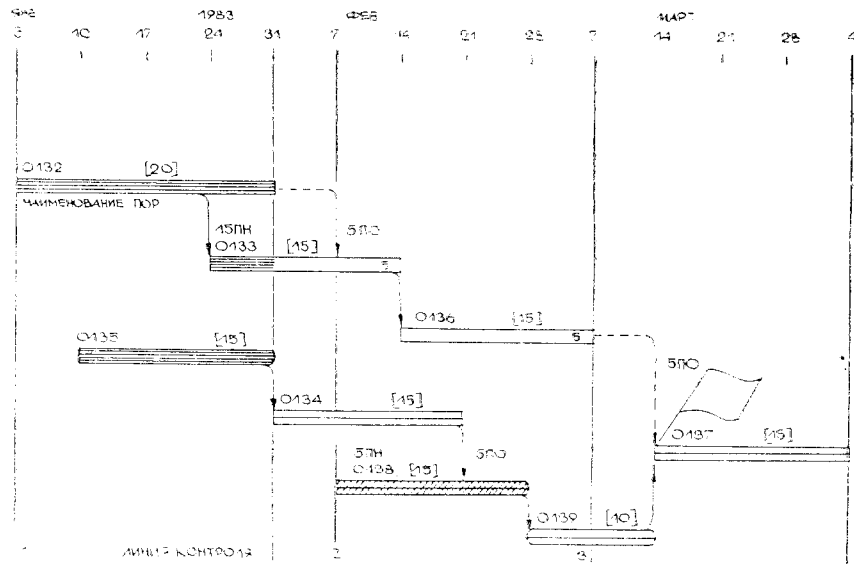


Рис. 3.43 Комбинированная форма представления сетевого и линейного графика

Пунктирная линия означает допустимую задержку окончания например, 0132-ого поручения на 1 неделю и называется «плавающей».

ПН — позднее начало.

Поздний срок начала 0133-ого поручения наступит после трех рабочих недель (или через 15 дней) от начала 0132-ого поручения.

ПО — позднее окончание. Поздний срок окончания 0138-ого поручения наступит через 5 дней после окончания 0134-ого, но не более.

Для автоматизированного контроля за ходом выполнения решения необходимо:

— указать тип календарного графика (в неделях, месяцах, кварталах):

- составить матрицу последующих (предыдущих) поручений;
- для каждого поручения указать сроки начала и окончания;
- указать дату контроля и контролируемый период.

Кроме того, в ЭВМ необходимо периодически вводить информацию о фактическом выполнении поручений.

Графический метод управления ЛОБ (Line of balance) был разработан в 1974 г. американской фирмой «General Electric» для применения в промышленности [70]. Метод ЛОБ предпочтительно использовать с точки зрения оценки состояния выполнения проекта (плана) и удобства использования информации для контроля.

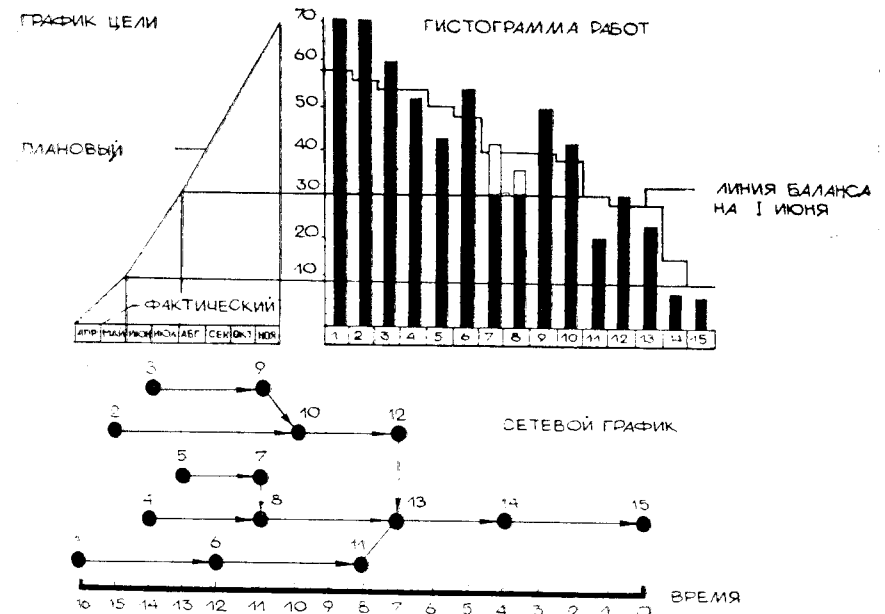


Рис. 3.44. Графический метод ЛОБ

В нем используются: график цели, гистограмма работ с линией баланса и сетевой график в масштабе времени. Несмотря на высокую эффективность, метод ЛОБ широко не используется в практике. Фирма намерена усовершенствовать его за счет применения ЭВМ и графических устройств.

Исследования показали, что эффективность метода значительно возрастает при использовании интерактивных режимов работы.

Пусть график цели (рис. 3.44) представляет собой календарный график производства и отправки 70 единиц продукции на

СВЕДЕНИЯ  
О ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОМ УРОВНЕ ПРОИЗВОДСТВА НА 1 НОЯБРЯ 1978 г.  
ПО СТРОИТЕЛЬНЫМ МИНИСТЕРСТВАМ И ВЕДОМСТВАМ СССР

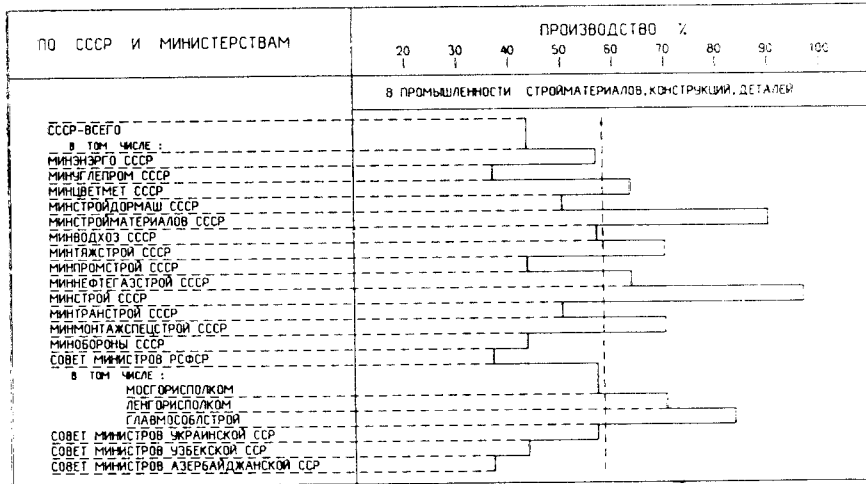


Рис. 3.45. Сведения по ТЭУ производства

ИСПОЛНИТЕЛИ	КОЛИЧЕСТВО ПОРУЧЕНИЙ	ОТНОСИТ. КОЭФ. ИСПОЛ.
ГОРПЛАН	324	0,97
ЕРЕВАНСТРОЙ	295	0,47
ЕРЕВАНПРОЕКТ	287	0,42
ГОРОНО	260	0,90
ЗАРАВОТДЕЛ	195	0,96
ОТДЕЛ ТОРГ. И БЫТА	152	0,97
ОТДЕЛ КУЛЬТУРЫ	141	0,90

Рис. 3.46. Диаграмма поручений

период с 1-го апреля по 1-ое декабря. Последовательность работ для производства единицы продукции представлена в виде сетевого графика в масштабе времени (от 16 до 0 недель).

Линия баланса изображена в виде ломаной и может быть автоматически построена для любой даты между 1-ым апреля и 1-ым декабря. Высота горизонтального отрезка линии баланса над номером каждой работы показывает сколько из 70 единиц продукции должно быть соответственно выполнено. Для примера

линия баланса отражает ход производства на 1-ое июня. При этом график цели отображает количество единиц продукции (в данном случае 10), которые должны быть готовы на 1-ое июня (для выполнения работы 15). Для работы 11 на 1-ое июня долж-

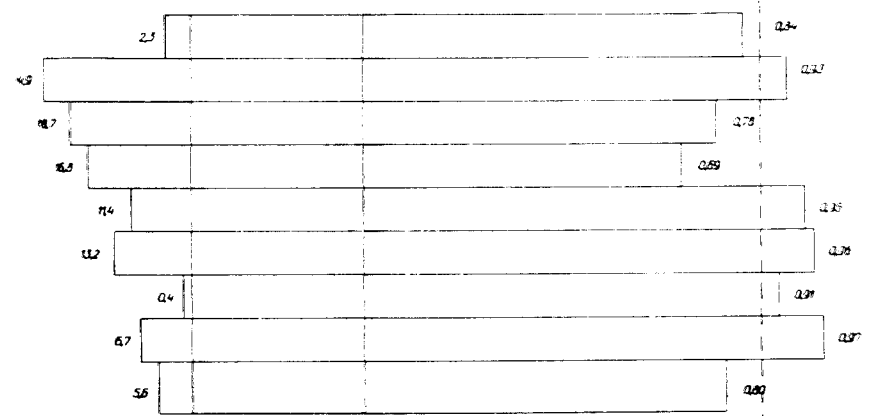


Рис. 3.47. Диаграмма анализа исполнения

но быть готово 30 единиц продукции, т. к. на сетевом графике согласно оси времени после 1-го июня (окончания работы 11) до окончательного изготовления единицы продукции лежит 8 недель, т. е. почти 2 месяца. По графику же цели в этот момент (1-го

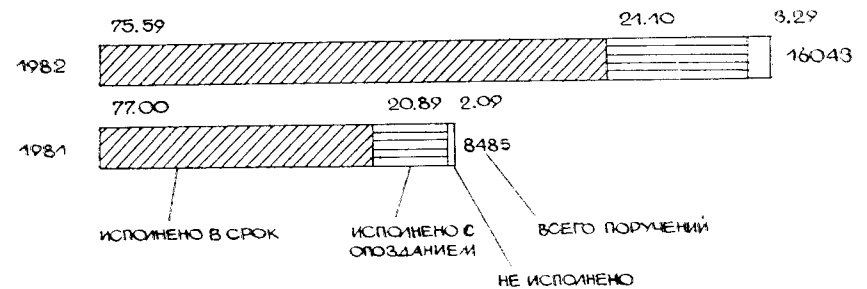


Рис. 3.48. Анализ поручений

августа) должно быть готово 30 единиц продукции. Подобным образом определяются все ординаты горизонтальных отрезков линии баланса.

С помощью гистограммы работ и линии баланса осуществля-

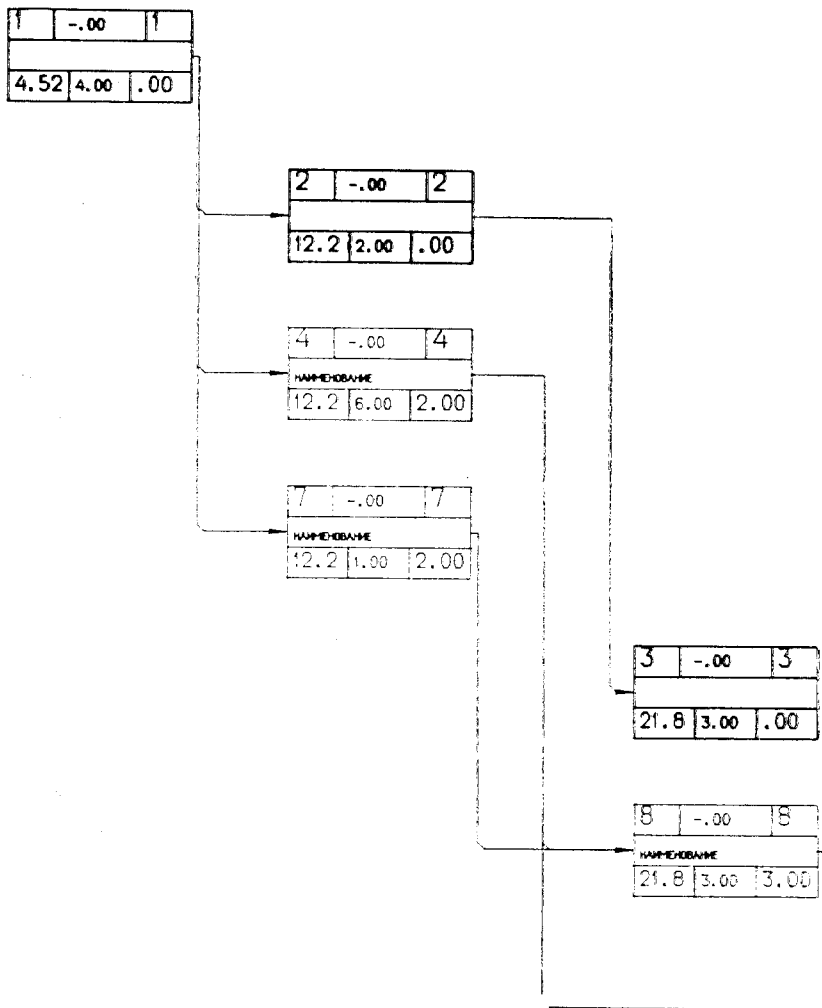


Рис. 3.49. Сетевой график решений (фрагмент)

ется контроль за выполнением работ. Площади заштрихованных участков столбиков пропорциональны количеству единиц продукции ( в % ), полученных при выполнении соответствующей работы, например, на 1-ое июня. Незаштрихованные участки столбиков

указывают, сколько единиц продукции на 1-ое июня имеют для соответствующей работы готовность 90%.

Линия баланса и гистограмма работ позволяют визуально определить, для каких работ имеется отставание, какие работы являются критическими и выполнение каких работ необходимо форсировать. Существенное отставание на 1-ое июня имеют работы — 7, 8, 11. Однако с работой 7 (как видно из незаштрихованного участка столбика) дело обстоит лучше, чем с работой 8. С опережением идет работа 9. Следовательно, можно рассмотреть вопрос о целесообразности распределения части ресурсов с 9-ой на 11-ю работу и т. п.

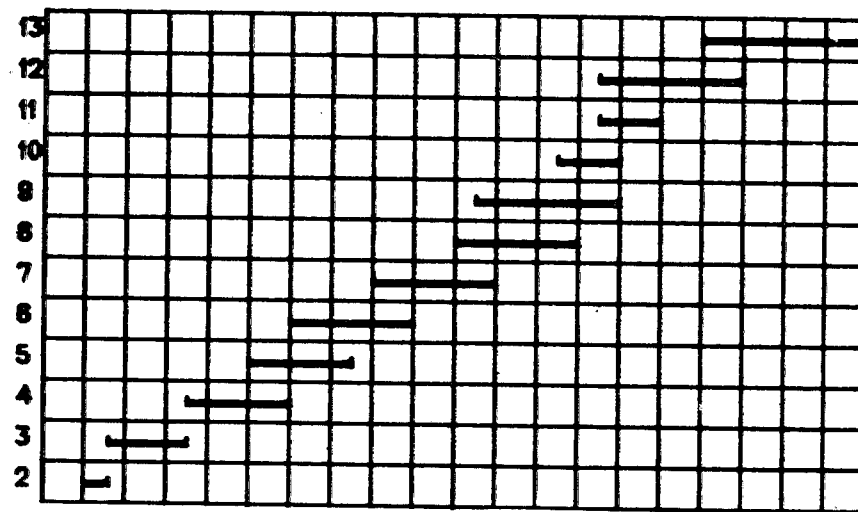


Рис. 3.50. Линейный график поручений, входящих в состав одного решения в сети решений

Для получения приемлемого варианта распределения ресурсов целесообразно в интерактивном режиме осуществить корректировку параметров сети.

Для каждого вида продукции можно автоматически формировать гистограммы работ и соответствующие линии баланса. При необходимости эти графики совмещают или выделяют на них виды продукции, производство которых находится в критической стадии.

В задачах оперативного управления при построении графиков быстроизменяющихся зависимостей и сравнении относительных из-

менений переменных, выраженных в различных единицах измерения, удобно использовать логарифмические и полудогарифмические шкалы. Последние незаменимы для отображения процентных отношений величин. Они правильно отражают относительные изме-



Рис. 3.51. Пример компоновки текстовой информации

нения переменных и одновременно указывают их абсолютные величины.

С помощью средств, включенных в интерактивную графиче-

скую систему управления, можно выводить различные графики с осями координат с логарифмической шкалой. Оси маркируются с заданным шагом. Размерные надписи могут располагаться по одну или по другую сторону от соответствующей оси как вдоль осей, так и перпендикулярно им. Через основные деления на осях может быть проведена сетка. Пределы изменения аргумента и функции на графике указываются пользователем.

На рис. 3.45—3.50 приведены примеры, иллюстрирующие некоторые возможности предлагаемых графических средств.

Большие перспективы представляет автоматизация подготовки и корректировки аналогичных и других форм графиков при

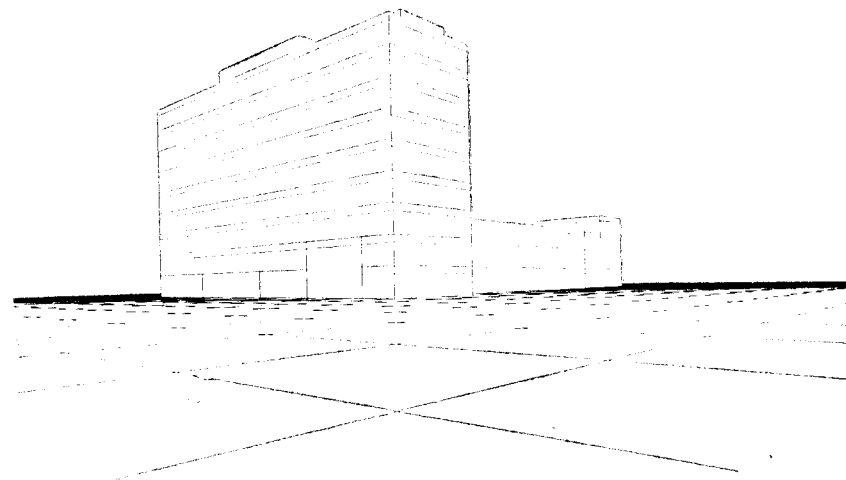


Рис. 3.52. Текущий архитектурный проект

организации и проведении оперативных совещаний. Это позволит с высокой степенью четкости, ясности, убедительности и предметности оперативно решать возникающие вопросы.

Известно, что всякое невыполнение принятых решений, либо исполнение неэффективных решений в действительности представляет собой время — время машины, время рабочих и служащих, время обслуживания населения, время хранения изделий и материалов, время потребное для учета, контроля и т. д. Всякая задержка или простой в любом из указанных пунктов означает потерю и ведет к высоким издержкам. По мере выяснения значения этих простоев в их денежном выражении будет расти интерес к интерактивным графическим методам управления, которые поз-

воляют наглядно вести анализ функций типа «столмость—время», быстро устанавливать место и причину расстройств в нормальном ходе процесса. Графические изображения позволяют руководителям сразу видеть, в каком отношении находится фактическое и запланированное время. При этом графики могут быть построены так, что можно не только фиксировать каждое нарушение рав-



*Б. С. Сартра*

Рис. 3.53. Кадр, полученный с помощью ЭВМ

новесия, но и быстро найти пути для его скорейшего восстановления.

Упрощается деловой язык управленческих работников. На диаграмме, графике можно сразу определить желаемую цель, по-

ставить задачу, например, указав на определенную точку (координаты на плоскости), минуя соответствующее словесное описание.

Развитие и автоматизация структурной лингвистики, создание машинных каталогов терминов (применяемых в управленческой деятельности), выражений и словосочетаний делает реальным в ближайшем будущем процесс компоновки текстового управленческого материала и соответствующей деловой корреспонденции на новый уровень, освободив человека от необходимости личного участия во всех завершающихся этапах этого процесса — коррекции формулировок, изъятия повторений, проверки логической связности, поиска грамматических ошибок и т. п. На практике уже предпринимаются несимвольная компоновка и правки текста на экране ЭЛТ с последующей выдачей его на печатающее устройство. Впервые создан комплект программ, позволяющий выводить из ЭВМ тексты на армянском языке с помощью графических устройств\*. Рис. 3.51 иллюстрирует некоторые возможности разработанных программ.

Автор убежден, что с появлением персональных графических систем (рабочих мест) станет реальностью постановка и решение новых задач не только в области управления, но и в научных исследованиях, проектировании, медицине, в системе непрерывного образования: организации обучения и повышении квалификации.

Представим, что у нас есть персональная или домашняя графическая система (ДГС), оперирующая нашим знанием, имеющая размер и форму обычной тетради. Предположим, что она обладает достаточной способностью, чтобы следить и регистрировать наши чувства зрения и слуха, достаточной возможностью хранить для дальнейшего воспроизведения соответствующую информацию (эквивалентную тысячам страниц машиннописного текста) в форме: стихов, писем, рецензов, рисунков, музыки, мультипликационных фильмов.

С помощью подобного ДГС:

**архитектор** смоделирует трехмерное пространство для визуальной оценки и корректировки своих текущих проектов, которые могут быть удобно запомнены и оперативно выведены (рис. 3.52);

**врач** будет иметь при себе список всех своих пациентов с историейми болезней, свои рабочие записки и т. д.;

у **мультипликатора** будет инструмент, который позволит сделать наброски рисунков, их корректировку (без традиционных карандаша и резинки). Вместо тщательной вырисовки кадра-за-

\* Варпанетов Э. А., Львов В. А., Ваганян Г. А., Чесноков В. А., Гаспарян Л. А., Виногина Л. Н. Расширение возможностей вывода текстовой графической информации. Науч. тр. ЦНИИпроект. М., 1982, вып. 2.

кадром и промежуточных моментов он сообщит системе свои желания и покажет, что ей делать (рис. 3.53):

**композитор** сможет прослушивать свое произведение в процессе творения, избегать неприятные процессы переделки партитуры и исполнения партии вручную (роль нотной тетради будет играть планшет ввода, позволяющий преобразовать нотные записи в соответствующие коды для ЭВМ с целью дальнейшего звукового их воспроизведения);

**обучение музыке** облегчится благодаря тому, что можно будет слышать и улавливать собственные попытки игры и сравнивать их с игрой большого мастера. Возможность выразить музыку в видимой форме позволит научиться композиторству и, главное, самооценке, не дожидаясь приобретения технического мастерства, навыков в игре.

У многих любителей (и не любителей) музыки отсутствует возможность игры на таких больших и известных музыкальных инструментах прошлого, как орган Баха, пианино Бетховена. Такая возможность откроется у любого и у себя дома, благодаря ДГС;

**домашние и деловые записи, счета, бюджет, рецепты и т. д.** могут быть легко запомнены и управляемы. Они могут находиться в портфеле с человеком и помогать ему принимать правильные решения;

**для учащихся** ДГС откроет новый мир, ограниченный только их воображением и изобретательностью. С ее помощью можно будет показать сложные, внутренние и внешние исторические связи и отношения событий, что невозможно реализовать в книгах. Математический язык оживет, и дети откроют удивительные вещи. Можно будет проводить эксперименты, демонстрировать, допустим, слишком дорогую и сложную лабораторную работу, вести разборку стиля прозы и поэзии, облегчить редактирование собственных сочинений, рисовать, конструировать различные объекты, познакомиться со взглядами известных, ученых, педагогов. Домашняя графическая система поможет направить естественные действия детей в русло творческого мышления и планирования, зрительно представить следствия и действия закономерностей природы, овладеть знаниями о культуре и искусстве, изучать самостоятельно иностранные языки и т. д. ДГС может оказаться великолепными воротами в богатый мир известного для динамического рассмотрения великих открытий прошлого и представления их в таком виде, в каком невозможно сделать в обычных статических средствах, как книги или фотографии.

ДГС можно рассматривать как эффективный инструмент для правильной организации свободного времени и досуга, развития интеллектуальных, творческих способностей, как средство для

изобретательства и рационализаций и т. п. Трудно переоценить ее возможности для проведения медико-диагностических исследований в домашних условиях, для психофизиологической саморегуляции, оптимальной подготовки человека к выполнению тех или иных функций. А если подключим ДГС через разные средства связи, радио и телекоммуникационные каналы в республиканскую государственную сеть, то обеспечим еще большие возможности в постановке и решении качественно новых задач.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описанные в книге различные графические модели и методы управления и примеры их применения в различных задачах управления, планирования, организации и контроля позволяют сделать вывод о целесообразности и необходимости использования методов и средств машинной графики, графических рабочих мест и систем в практике работы руководителей, организаторов, плановых и управленческих работников.

Основные черты, выгодно отличающие предлагаемые графические методы и модели от других автоматизированных методов управления, следующие:

— простота, благодаря которой графические изображения и соответствующие алгоритмы работы легко усваиваются и доступны рядовым планово-управленческим работникам;

— наглядность, в силу которой отклонение от цели или нормы, планового (эталонного) показателя в процессе управления, производства работ воспринимается быстрее и интенсивнее, чем в том случае, когда они выражены с помощью цифр и слов, нуждающихся в дополнительном анализе и сопоставлении;

— компактность позволяет интегрированно представлять на небольшом пространстве все существенные стороны производственного, управленческого процесса;

— экономичность, выражающаяся в том, что освобождает человека от выполнения рутинной и трудоемкой работы по вычерчиванию графической информации;

— интерактивность, позволяющая использовать простые входные (диалоговые) языки и методы взаимодействия человека и ЭВМ.

Пользователю интерактивных графических систем нет необходимости знать сложные специализированные языки программирования.

Эти преимущества обеспечивают своевременное внесение кор-

рективов в процесс управления и в работу различных управленческих органов, эффективное предвидение будущего и падающего воздействия на ход выполнения работ. Обеспечиваются также необходимые условия для применения опыта, творческих возможностей человека на этапах постановки задач, корректировки хода их решения и оценки конечных результатов.

Чтобы лучше уяснить то практическое значение, какое приобретает наглядность действующих факторов в управленческой деятельности при принятии наиболее ответственных и важных решений, напомним о примере использования графических изображений в военном деле.

В основе ведения войны лежали графические методы: если с их помощью можно было руководить операциями, испытывавшими влияние со стороны бесконечного множества случайностей и непредвиденных факторов, то что мешает широкому применению интерактивных графических методов в административном управлении, управлении производством, городским хозяйством, социально-экономическими системами.

Применение графических методов, на наш взгляд, существенно повлияет на укрепление дисциплины труда и на повышение ответственности за результаты работы, открывает новые возможности для целенаправленного управления.

Отмечая замедления и расстройства в ходе принятия и исполнения решений, графики позволяют вскрывать определенные недочеты и в области организации. Поэтому интерактивные графические методы смогут служить эффективным инструментом для улучшений организации и структуры органов управления.

Их удобно использовать также в обучающих системах как средство познания закономерностей оптимизации управления, исследования динамики и вариации ее показателей во времени и в пространстве. Широкое использование интерактивных графических методов и моделей управления в значительной степени облегчит задачи оперативного контроля и прогнозирования.

Иными словами, интерактивная машинная графика может стать необходимым средством, наглядно показывающим элементы хозяйственных, производственных, экономических, организационных, социально-психологических (и даже политических) операций в разрезе их соотносительности (или сравнения), последовательных изменений (или результатов) и отклонения от установленных целей, норм (стандартов). Развитие средств вычислительной техники и телекоммуникаций, использование микропроцессоров и микро-ЭВМ ведет к расширению возможностей интерактивных графических систем, повышению их надежности, удешевлению и миниатюризации.

По оптимистическим прогнозам в недалеком будущем руково-

датель, вооруженный радиотелефоном, миниатюрной телскамерой и телеэкраном, будет иметь возможность оперативно передавать информацию о процессе производства вышестоящему руководству, обращаться за «помощью» к ЭВМ, уточнять чертежи, принимать на месте необходимые решения.

Ожидается бурный рост потребностей в персональных графических системах, которые найдут также активное применение во многих сферах общественной жизни: в домашних условиях, в быту, в сфере услуг, культуры, искусства и т. д.

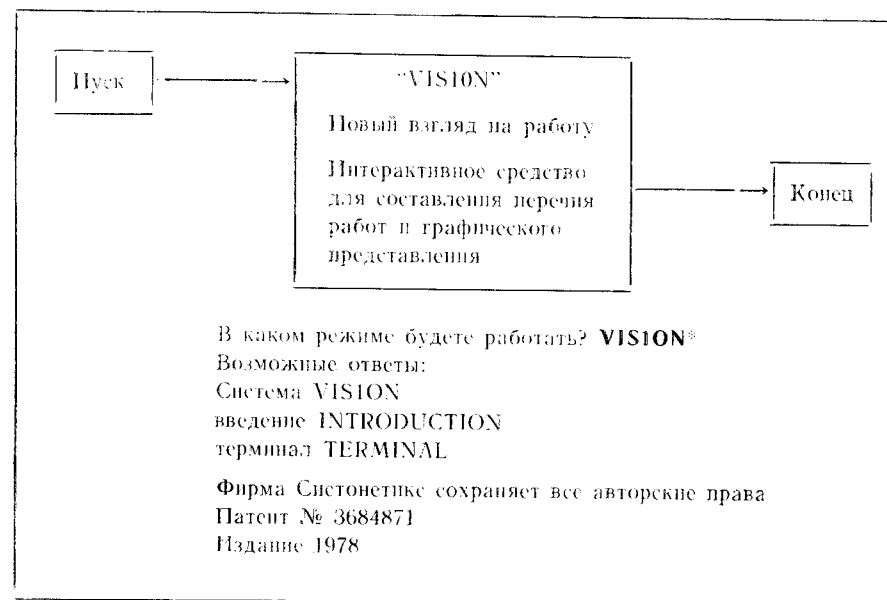
## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение I

#### Схемы текстовой информации, выводимой на экран дисплея системой VISION

Ниже приводятся шесть примеров изображений на экране дисплея, которые дают представление о простоте применения системы VISION, а также показывают ее возможности.

Схема I — Исходное состояние системы VISION



\* Жирным шрифтом здесь и далее обозначается информация, вводимая пользователем.

Показанное изображение появляется на экране дисплея сразу же после инициализации системы, как только будет выполнена простейшая пусковая процедура. Система через экран дисплея просит пользователя выбрать режим работы: переход к системе VISION, введение или терминал. Для перехода к системе VISION пользователь должен просто набрать на клавиатуре слово «VISION», которое появится на экране на месте курсора (яркого прямоугольника), и нажать кнопку ввода. После этого система выведет на экран дисплея список возможностей системы VISION.

Схема 2 — Возможности системы VISION

ВОЗМОЖНОСТИ СИСТЕМЫ	
НАЗВАНИЕ ПРОЕКТА TANK	СОСТОЯНИЕ NEW
	ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ КНОПКА
ОПИСАНИЕ ПРОЕКТА	MOD
ОБРАБОТКА ДАННЫХ ПРОЕКТА:	
СОСТАВЛЕНИЕ ПЕРЕЧНЯ	SCH
ВЫВОД ОТЧЕТА	RPT
ВЫЧЕРЧИВАНИЕ ГРАФИКА	GRP
ОТОБРАЖЕНИЕ ПРОЕКТА	OUT

На экран дисплея выводится текст, предлагающий пользователю нажать функциональную кнопку с надписью, указанной для каждой из перечисленных возможностей. Например, для внесения изменений в исходные данные проекта необходимо нажать кнопку «MOD». После этого на экране дисплея появится список возможностей проекта.

На экране дисплея отображается список различных баз данных, используемых в системе VISION. Пользователь должен напечатать любой символ против строки с обозначением данных, которые он хочет изменить. В показанном примере напечатан символ X в строке «Информация о работах». После этого на экране появится список данных о связях работ или данные о предстоящих работах в зависимости от того, какой был выбран вид

ВОЗМОЖНОСТИ ПРОЕКТА

ПРОВЕРКА ДАННЫХ ДЛЯ ИЗМЕНЕНИЯ (Можно использовать ЛЮБОЙ символ)

- ИНФОРМАЦИЯ О РАБОТАХ **X**
- РЕСУРСЫ/ЗАТРАТЫ ДЛЯ РАБОТ
- БИБЛИОТЕКА РЕСУРСОВ
- СПИСОК КОДОВ РАБОТ
- КАЛЕНДАРЬ ДЛЯ ПРОЕКТА
- ОГЛАВЛЕНИЕ ПРОЕКТА

СОХРАНЯТЬ ИЗМЕНЕНИЯ? **НЕТ**  
 ПРОСЛЕЖИВАТЬ ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ? **НЕТ**  
 ИЗМЕНЯТЬ ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ? **НЕТ**

сетевого графика — по связям или по предшествующим работам. В любом случае на экране отображаются имеющиеся данные в базе данных, которые могут быть изменены пользователем. Конечно, каждые новые вводимые данные проверяются на допустимость по ряду параметров. В случае ошибки пользователю выдается соответствующее сообщение и даются рекомендации по коррекции вводимых данных.

После окончания ввода исходных данных или их изменения снова на экран дисплея выводится список возможностей системы. Теперь, например, для составления перечня работ нажимается соответствующая функциональная кнопка «SCH». На экране появится изображение перечня вопросов для выполнения действий по составлению перечня.

Для составления типового перечня необходимо ответить «ДА» («YES») только на один вопрос «вычислять даты?» («CALCULATE DATES?»). Если ни на один другой из предложенных вопросов ответа не будет, то по умолчанию расчеты выполняются по типовой схеме. После окончания расчетов пользователь должен задать режим вывода данных, как показано на схеме 5.

Напечатанный символ X показывает, что пользователь желает вывести логические связи работы в режиме просмотра на экране, используя имеющийся файл данных с перечнем работ. После нажатия кнопки ввода на экране дисплея появится описание

Схема 4 — Составление перечня

СОСТАВЛЕНИЕ ПЕРЕЧНЯ	
Название проекта TANK	Тип перечня PDM
Вариант модификации I	Текущий перечень
Дублировать подсеть? <b>НЕТ</b>	
Дата 09 ОКТ 78	Дата окончания проекта 29 НОЯ 78
Вычислять даты? <b>ДА</b>	По всем работам или по частям? <b>ВСЕ</b>
Составлять файл целей? <b>НЕТ</b>	
Разделять ресурсы по уровням? <b>НЕТ</b>	
Номер области кодов приоритета работ Сортировка (по раннему или позднему началу) Имена ресурсов, разделяемых по уровням Все или только выделенные работы?	
Переименовывать проект? <b>НЕТ</b>	Новое название проекта
Сжимать основной файл? <b>НЕТ</b>	

Схема 5 — Результаты работы системы

ВЫВОД РЕЗУЛЬТАТОВ	
КАКУЮ ИНФОРМАЦИЮ ОТОБРАЖАТЬ? (Можно использовать ЛЮБОЙ символ)	
Логические связи работ	<b>X</b>
Использование ресурсов	
Основные файлы: библиотека ресурсов	<b>X</b>
библиотека заголовков	
оглавление проекта	
ОТСРОЧЕННЫЕ СООБЩЕНИЯ: (Можно использовать ЛЮБОЙ символ)	
Работы по проекту	
Ресурсы для работ	<b>D</b>
Использование ресурсов	<b>X</b>
Сравнение результатов	<b>D</b>
Анализ ресурсов и затрат	

первой работы в обрабатываемой сети. Затем пользователь может последовательно, одну за другой, просмотреть подобным образом все работы, входящие в рассчитываемую сеть.

Схема 6 — Логическая структура работы\*

ЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА РАБОТЫ	
НАЗВАНИЕ РАБОТЫ TNK030 КАЛЕНДАРЬ № 1 КОД TANKCONPROC30300	
ОПИСАНИЕ: ПРОИЗВОДСТВО И ДОСТАВКА БАКОВ НАМЕСТО МОНТАЖА	
ИСХОДНАЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ 20 Д ОСТАЛОСЬ 11 Д	
ПРОЦЕНТ ВЫПОЛНЕНИЯ 45	
ОГРАНИЧЕНИЯ	
РЕСУРСЫ: Название PURC	Раннее SNE 17ОКТ79 Позднее
TNKS	Код TTC3701P Бюджет 24.0 Фактич. 11.0
ФН 03ОКТ78 РО 300КТ78	TTC3201M 2.0 1.5
ИЗМЕНЕНИЯ 4ПН 09ОКТ78 ПО 03НОЯ78	
ПРЕДШЕСТВУЮЩИЕ РАБОТЫ	ПОСЛЕДУЮЩИЕ РАБОТЫ
(название, вид задержки, задержка, продолжительность)	
TNK010 FS 0 0	TNK100 FS 0 0
Какая работа будет просматриваться следующей? TNK100	

На экране показан заполненный бланк состояния работы, список предшествующих работ размещается в нижнем левом углу, список последующих — в нижнем правом углу. В нашем примере показана работа с именем TNK030, которая выполнена в данный момент на 45%.

Основная предшествующая работа имеет имя TNK010. Из нижней строки текста на экране видно, что в качестве следующей рассматриваемой работы пользователь выбрал работу с именем TNK100 и изображение логической структуры этой работы появится на экране сразу же, как пользователь нажмет

\* Сокращения: ФН — фактическое начало;  
 РО — раннее окончание;  
 ПН — позднее начало;  
 ПО — позднее окончание.

кнопку ввода («ENTER»). После того, как пользователь закончит просмотр всех работ, он нажимает кнопку «выполнено» («DONE») для возврата системы в исходное состояние (схема 2). Теперь он может продолжать выполнять другие операции, например, отпечатать общий отчет, вычертить сетевой график или гистограммы, и, возможно, перейти на исследование другого сетевого графика или провести анализ в другом режиме.

### Технические средства машинной графики

Графический экранный пульт СМ 7316.  
 Графический полутоновый дисплей ДГП К331—1.  
 Интеллектуальный графический видеотерминал ЭПГ—2СМ.  
 Устройство вывода графической и печатной информации (УВГПИ) СМ 6403.  
 Полуавтоматическое планшетное устройство считывания и преобразования графической информации СМ 6402.01.  
 Терминал подготовки и ввода графических данных СМ 6404.  
 Комплекс АРМ2—01.  
 Система отображения и интерактивной обработки изображений «Спектр—Д».

### Графический экранный пульт СМ 7316

Графический экранный пульт СМ 7316 предназначен для отображения на экране ЭЛТ графической, алфавитно-цифровой и совмещенной информации, для автономного редактирования этой информации, для обеспечения взаимодействия пользователя с ЭВМ в интерактивном режиме.

Экранный пульт состоит из устройства индикации на базе ЭЛТ с коротким послесвечением и устройства управления. Принцип управления лучом — координатный. Способ вычерчивания векторов — цифро-аналоговая интерполяция, а символов — штриховой. Принцип реализации устройства — микропрограммируемый мультиплексор с общей оперативной памятью для хранения и регенерации дисплейного файла.

Пульт может использоваться в составе управляющих вычислительных комплексов (УВК) системы малых ЭВМ (СМ ЭВМ) и других ЭВМ в автоматизированных системах управления, системах автоматизации научных исследований и проектирования.

СМ 7316 предоставляет пользователю широкие возможности

по отображению и многофункциональному редактированию изображений повышенной плотности, по созданию на его основе многоультиковых рабочих мест.

По сравнению с другими устройствами данного класса экранный пульт СМ 7316 имеет следующие отличительные особенности:

— отображает без мерцания реальные объекты значительной сложности, содержащие до 5—6 тыс. элементов изображения (символов, векторов, точек);

— реализует операцию быстрого (20—40 мс) вырезания «окна» при 2-, 4-, 8-кратном масштабировании, что даст возможность оператору работать с любым участком изображения в увеличенном масштабе, повышает автономность устройства и обеспечивает значительную экономию машинного времени при работе в системах машинной графики;

— имеет развитую систему автономного редактирования графической и алфавитно-цифровой информации, в том числе: динамическое «просмотровое окно», «резиновая нить», сдвиг и мультиплицирование фрагментов изображения, что существенно расширяет функциональные возможности устройства.

Графический экранный пульт СМ 7316 конструктивно выполнен на базе унифицированных тумбы (устройство управления) и стола (устройство индикации) с расположенными на нем монитором и блоком клавиатуры.

#### Технические данные

Тип используемой ЭЛТ	61ДМ2П
Размер рабочего поля экрана, мм	340×340
Формат адресуемого раstra, точек	2048×2048
Количество типов линий	4
Количество одновременно выводимых на экран символов без мерцания (произвольный текст)	4096
Ассамбля символов	111
Количество ориентаций символов	4
Количество размеров символов	$\frac{1}{2}$
Размер символов при выводе произвольного текста, мм	$3,8 \times \frac{1}{2}$
Количество градаций яркости для выделения	3
Емкость буферной памяти, байт	32К
	Общая шина, ИРПР

Средства ввода и редактирования Управляемый маркер клавиши редактирования, алфавитно-цифровая и функциональная клавиатуры, «просмотровое окно» и масштабирование

Питание от сети переменного тока	
напряжение, В	220
частота, Гц	$50 \pm 1$
Потребляемая мощность, кВА	$\leq 0,9$
Средний срок службы, лет	$\geq 10$
Габаритные размеры устройства, мм	1225×1800×808
Масса устройства, кг	250

#### Графический полутоновый дисплей ДГП К331-1

Графический полутоновый дисплей ДГП К331-1 предназначен для отображения на экране ЭЛТ, редактирования и другой обработки графических и полутоновых монохромных и многоцветных изображений. Дисплей построен по агрегатно-модульному принципу с использованием конструктивов СМ ЭВМ второй очереди. Управление осуществляется с помощью микропрограммируемого контроллера СМ 4401 (СМ 50/60—1).

#### Интеллектуальный графический видеотерминал ЭПГ—2СМ

Интеллектуальный графический видеотерминал ЭПГ—2СМ предназначен для отображения графической информации в системах машинной графики, построенных на базе СМ ЭВМ. От аналогичных устройств данный терминал отличается большим объемом информации, выводимой на экран, наличием аппаратных функций преобразования изображения, возможностью работы в автономном режиме.

В состав терминала входят: графический монитор, дисплейный процессор, микро-ЭВМ СМ1300, блок сопряжения с основной машиной. Имеется возможность синхронизации от сети и внешнего источника.

Размер изображения, мм	240×240
Количество адресуемых точек	1024×1024
Число градаций яркости	8
Набор символов	128

#### Устройство вывода графической и печатной информации (УВГПИ) СМ 6403

Устройство вывода графической и печатной информации (УВГПИ) СМ 6403 предназначено для оперативной регистрации и визуального отображения графической информации, алфавитно-цифровых и специальных символов на электростатическую бумагу.

Устройство СМ 6403 применяется для вывода графиков, сейсмограмм, строительных и машиностроительных чертежей, электрических схем, метеорологических карт и т. д. при работе в составе с ЭВМ.

Отечественных аналогов не имеет.

Конструктивно выполнено в виде тумбы.

УВГПИ разработано в трех исполнениях:

СМ 6403 — с выходом на интерфейс ИРПР;

СМ 6403.01 — с выходом на интерфейс ОБЩАЯ ШИНА, устройство может работать в составе УВК СМ3, СМ4;

СМ 6403.02 — с выходом на интерфейс 2К, устройство может работать в составе УВК СМ1, СМ2.

### Основные технические характеристики

Способ регистрации	Электростатический, безударный
Носитель информации	Электростатическая бумага
Цвет изображения	Черный
Ширина поля записи, мм	600
Количество точек в строке	2400
Разрешающая способность по горизонтали и вертикали, точек/мм	4
Расстояние между центрами точек, мм	$0,25 \pm 0,1$
Максимальная скорость записи, строк/мин	12000
Количество знаков в строке, формируемых внутренним знакогенератором	300
Размер знаков и символов, мм	
высота	2,5
ширина	1,75
Максимальная скорость протяжки носителя, мм/с	50
Выбег носителя до появления изображения, мм	150
Электропитание осуществляется от промышленной сети переменного тока	
напряжением, В	220
частотой, Гц	$50 \pm 1$
Потребляемая мощность, кВА	0,8
Габаритные размеры, мм	$1050 \times 900 \times 800$
Масса, кг	200

### Полуавтоматическое планшетное устройство считывания и преобразования графической информации СМ 6402.01

Полуавтоматическое планшетное устройство считывания и преобразования графической информации СМ 6402.01 может использоваться в составе систем автоматизированного картографи-

рования и проектирования и позволяет значительно снизить трудоемкость проектно-конструкторских работ и повысить их качество.

### Технические данные

Размеры рабочего поля планшета, мм	$850 \times 600$
Наибольшая разрешающая способность, мм	0,1
Погрешность преобразования координат, мм	0,5
Шаг координатной сетки — переменный, принимающий значения, мм	1; 1,25; 2,5; 5,0
Скорость преобразования координат в режимах, точек/с:	
дискретном	4800
непрерывном	100

### Терминал подготовки и ввода графических данных СМ 6404

Он предназначен для считывания и кодирования, предварительной обработки, накопления и ввода в ЭВМ графической и символьной информации, содержащейся в графиках, схемах, чертежах и т. д. Терминал применяется в комплексе автоматизированных рабочих мест АРМ 2—01 и может быть использован в АСУ, САПР, АСНИ и АСПР.

Технические характеристики, обеспечиваемые терминалом в процессе считывания графической информации:

Размеры рабочего поля планшета, мм	$850 \times 600$
Разрешающая способность, мм	0,1
Погрешность считывания, мм	$\pm 0,4$
Максимально возможная скорость считывания, точек/с	100
Толщина носителя графической информации, мм	$\leq 2,5$
Вид связи съемника с рабочим полем планшета	Индуктивный

Технические характеристики, обеспечиваемые терминалом в процессе кодирования графической информации:

Режимы кодирования	Дискретный и непрерывный
Количество позиций матрицы условных обозначений	256
Округление значений координат в шаг координатной сетки, мм	1,0; 1,25; 2,5; 5,0
Тип интерфейса	ОБЩАЯ ШИНА, ИРПР

Электропитание от однофазной сети переменного тока

напряжением, В  
частотой, Гц

Потребляемая мощность, ВА

Масса терминала, кг

Площадь для размещения терминала, м<sup>2</sup>

220

50±1

≤ 700

200

≤ 10

### Комплекс АРМ2—01

Комплекс АРМ2—01 предназначен для решения задач автоматизированного проектирования, включающих диалог нескольких пользователей с ЭВМ, преобразование и редактирование графической информации, а также взаимодействие со старшей машиной типа ЕС ЭВМ.

АРМ2—01 обеспечивает функционирование двух типов рабочих мест операторов:

— на базе терминала подготовки и ввода графических данных для ввода больших массивов графической информации, а также ее редактирования и задания директив выполнения функциональных программ;

— на базе графического экранного пульта для ввода, отображения, редактирования графической и текстовой информации и задания директив.

В системе допускается от одного до четырех рабочих мест каждого типа.

Для вывода графической и смешанной информации используется графопроектор.

Комплексу может использоваться в различных областях применения машиной графики.

Основные отличительные особенности комплекса АРМ2—01:

— обеспечивается многопультная работа, т. е. параллельная и независимая работа нескольких пользователей за терминалами ввода и графическими экранными пультами при одновременном решении нескольких различных задач;

— предоставляется возможность кодировать, проектировать, отображать на экранном пульте и редактировать достаточно сложные объекты проектирования;

— каждое рабочее место (на базе терминала подготовки и ввода или на базе графического экранного пульта) предоставляет возможность редактировать графическую информацию и вести диалоги с ЭВМ на языках директив.

АРМ2—01 состоит из УВК СМ4 с операционной системой ОС РВ-АРМ и графической периферии: до четырех интеллектуальных графических экранных пультов, до четырех терминалов под-

готовки и ввода графических данных, один или два графопроектора.

### Технические средства комплекса

Базовая ЭВМ комплекса

УВК СМ 1407 (СМ 1407.01)

Операционная система

ОС РВ — АРМ

Объем ОЗУП, Кслов

128

Типы рабочих мест

Терминалы подготовки и ввода графических данных СМ 6404 и экранные пульта СМ 7316

Количество терминалов СМ 6404

До 4

Количество терминалов

СМ 7316, шт

До 4

Удаление рабочих мест, м

До 15

Базовое программное обеспечение (БПО) АРМ 2—01 позволяет:

— управлять вычислительным процессом, обеспечивающим параллельное решение задач с учетом многоуровневых приоритетов;

— описывать с помощью СМ 6404 на проблемно-ориентированном языке и вводить в ЭВМ графическую и текстовую информацию;

— вести диалог с ЭВМ на языке директив с любого рабочего места;

— вводить, выводить, отображать и осуществлять редактирование (программное, в дополнении к аппаратному) и преобразовывать графическую и текстовую информацию с использованием графических экранных пультов;

— редактировать графическую и алфавитно-цифровую информацию с любого рабочего места;

— формировать на магнитном диске оперативный архив результатов проектирования;

— обслуживать библиотеку стандартных элементов;

— выводить графическую и алфавитно-цифровую информацию на твердую копию с учетом номера инструмента, требуемых типов линий, масштаба поворота и стиля начертания символов;

— обмениваться файлами с машинами типа ЕС ЭВМ.

Занимаемая площадь не более 120 м<sup>2</sup>.

### Система отображения и интерактивной обработки изображений «Спектр—Д»

Система отображения и интерактивной обработки изображений «Спектр—Д» предназначена для цветного и черно-белого отображения на экране ТВ — монитора видеoinформации цифровых изображений, а также для получения и интерактивной обработки



изображений, поступающих в виде цифрового или аналогового сигнала.

Применяется для сбора и переработки данных дистанционных измерений, полученных с помощью спутников, для комплексного изучения и рационального использования природных ресурсов Земли (термография, сейсмография, микроскопия, метеорология, агрономия, астрономия, медицина, конструирование, обработка изображений).

Конструктивно система «Спектр—Д» состоит из одной стойки и одной тумбы. На тумбе расположены: видеоконтрольное устройство, клавиатура, трекбол.

Система выполнена на уровне лучших зарубежных образцов.

#### Технические данные

Количество элементов разложения	512×512
Тип развертки	черезстрочная, прогрессивная
Разрядность шины данных процессора	24 разряда
Разрядность шины адреса	24 разряда
Количество операций, млн /с	1
Питание: трехфазная цепь переменного тока, В	220
Габаритные размеры, мм	1600×600×700
Масса, кг	220

# А Л Ь Б О М Ф О Р М

Группа I. Иллюстративные графики показательного типа	151
Группа II. Иллюстративные графики функциональных зависимостей	154
Группа III. Сравнительные диаграммы	155
Группа IV. Динамические диаграммы	159
Группа V. Статистические карты	162
Группа VI. Плановые графики	165
Группа VII. Сетевые графики	165

**Группа I.** Иллюстративные графики показательного типа, характеризующие состав объекта и взаимосвязи его частей. К их числу относятся различные схемы: классификационные, структурные, компоновочные, схемы планировки оборудования, блок-схемы алгоритмов и программ, схемы информационных потоков и т. д. Графики этой группы не дают количественных характеристик изучаемых объектов, их основное назначение — наглядное представление структуры, взаимного расположения, последовательности, направления перемещений информации. В данном альбоме представлены следующие виды графиков:

Рис. П. 1. — Классификационная схема, при построении таких схем необходимо выделить признаки классификации (в данном случае это возраст и класс).

Рис. П. 2. — Схема планировки микрорайона, в которой используются условные графические изображения реальных объектов.

Рис. П. 3. — Схема информационных потоков, отражающая направление перемещения информации на предприятии.

Рис. П. 4. — Оперограмма, ее основное назначение — отражение этапов прохождения документов и операций, совершаемых с ними [39].

**Группа II.** Иллюстративные графики функциональных зависимостей между отдельными параметрами. Следует отметить, что в данной группе не рассматриваются аналитические графики, не используемые в математической статистике (графики типа кривых и поверхностей распределения, выравнивающих и интерполяционных кривых эмпирических закономерностей; с помощью этих графиков определяются различные статистические характеристики временных рядов: дисперсия, среднее квадратическое отклонение, мода, медиана и т. д.) [15, 23]. В альбоме представлены графики, которые используются для анализа некоторого явления в планируемом периоде (квартал, полугодие, год), они

облегчают процесс принятия решений, разработку нормативов, учет и т. п.:

Рис. П. 5. — График функциональной зависимости двух параметров.

Рис. П. 6. — График функциональной зависимости трех параметров.

Рис. П. 7. — Интегральная информационная модель управления [55]. В данной графической интерпретации плоскость  $L_t$  является плоскостью управления,  $L$  — уровень управления,  $t$  — время управления. Процесс управления представляется как движение некоторой абстрактной точки в плоскости управления с уровня на уровень, траекторией этой точки является график функции управления (ступенчатая функция). Цифры в кружках и заштрихованные зоны характеризуют области взаимодействия человека и ЭВМ:

I — область нормального процесса управления, вмешательство человека необязательно.

II — область возможной аварийной ситуации, вмешательство человека необходимо.

III — область вероятной аварийной ситуации, вмешательство человека необходимо.

IV — аварийная область, вмешательство человека уже не имеет смысла.

Статистические графики показательного типа, предназначенные для изображения конкретных статистических данных, образуют две большие группы: диаграммы и статистические карты. Диаграммы в свою очередь подразделяются на сравнительные и динамические, в силу их многочисленности и разнообразия в настоящем альбоме они выделены в самостоятельные группы.

**Группа III.** Сравнительные диаграммы. Они предназначены для сравнения статистических совокупностей по какому-либо варьирующему признаку, объектом сравнения являются величины отдельных показателей (площади, объемы геометрических фигур). Среди сравнительных диаграмм выделяются столбиковые, полосовые, структурные:

Рис. П. 8. — Столбиковая диаграмма простого сопоставления.

Рис. П. 9. — Столбиковая трехмерная диаграмма.

Рис. П. 10. — Полосовая диаграмма.

Рис. П. 11. — Двусторонняя полосовая диаграмма.

Рис. П. 12. — Структурная полосовая диаграмма, отражающая сокращение доли обслуживающих категорий по мере увеличения масштабов производства.

Рис. П. 13. — Структурная (секторная) диаграмма удельных весов. Ее применение целесообразно в том случае, если совокупность делится на небольшое число частей (4—5), различия сравни-

ваемых частей должны быть существенны, иначе диаграмма теряет выразительность.

**Группа IV.** Динамические диаграммы. Среди них выделяются три основных вида: линейные координатные диаграммы, диаграммы на логарифмической сетке, круговые диаграммы (в полярных координатах). Для отражения динамики экономических показателей наиболее употребительны линейно-координатные диаграммы, имеющие несколько разновидностей. В настоящем альбоме приведены некоторые из них:

Рис. П. 14. — Линейная координатная диаграмма, характеризующая динамику изменения одного показателя (рост численности научных работников по годам).

Рис. П. 15. — Столбиковая динамическая диаграмма, отражающая изменение одного показателя. Ее отличие от диаграммы простого сопоставления заключается в том, что календарные даты расположены не в произвольном порядке, а строго регламентированы.

Рис. П. 16. — Столбиковая динамическая диаграмма, отражающая изменение нескольких показателей.

Рис. П. 17. — Круговая диаграмма, отражающая затраты труда по месяцам (в процентах к среднегодовому уровню).

Рис. П. 18. — Конъюнктурная диаграмма, характеризующая кратковременные изменения экономических показателей или их колебания.

Рис. П. 19. — Динамическая диаграмма в трехмерной системе координат. График имеет следующие оси координат: ось времени, ось-вариант признака (урожайность картофеля и сахарной свеклы), ось частот, направленная вертикально. Поскольку и по оси времени, и по оси значений признака откладываются не точечные значения, а интервалы, в пересечении образующие параллелограммы координатной сетки, то и частоты изображаются прямоугольными параллелепипедами.

**Группа V.** Статистические карты, представляющие собой графическое изображение статистических данных в географическом разрезе, подразделяются на три основных вида:

— картограммы, отражающие среднюю интенсивность явления в пределах территориального деления;

— картодиаграммы, отражающие суммарную величину явления в пределах территориального деления;

— историко-географические карты (центрограммы), характеризующие перемещение каких-либо явлений или объектов в пространстве за длительный период времени [16].

В альбоме представлены следующие виды статистических карт:

Рис. П. 20. — Картограмма размещения посевных площадей картофеля.

Рис. П. 21. — Картодиаграмма анализа исполнения поручений по районам.

Рис. П. 22. — Дерево кратчайших путей — основа для построения одной из разновидностей центрограмм — изохронограммы. Однажды нанесенная исходная информация (транспортная сеть) позволяет с небольшими затратами времени получить серию изохронограмм для большого числа точек пространства.

Рис. П. 23. — Центрограмма (изохронограмма) трудности сообщения с центром города.

**Группа VI.** Плановые графики. В альбоме представлена следующая форма календарного графика:

Рис. П. 24. — Ленточная диаграмма (календарный график).

Плановые графики широко используются в оперативном, текущем и перспективном планировании, для контроля и анализа хода выполнения планов, они служат действенным инструментом в процессе принятия управленческих решений. Укрупненно среди них можно выделить следующие виды: учетно-контрольные и календарные графики, ленточные диаграммы, циклограммы, сетевые графики и их модификации. В данном альбоме сетевые графики ввиду их многочисленности и специфики формирования выделены в отдельную группу.

**Группа VII.** Сетевые графики, широко применяемые в процессах управления. Развитие вычислительной техники позволило решить проблему автоматического формирования и вывода сетевых графиков, увеличило многообразие их форм. В альбоме представлены следующие виды сетевых графиков типа «работы-вершины», выполненные с помощью ЭВМ:

— Сетевой график традиционной формы (рис. П.25).

— Сетевой график новой формы (рис. П.26). Выделяются графики с диагонально расположенными вершинами (рис. П.27), графики с горизонтально расположенными вершинами (рис. П.28), графики с текстовой информацией в вершинах (рис. П.29); портретные изображения.

— Комбинированные графики (линейно-сетевые).

На практике удобно использовать также смешанные графики (рис. П.30—П.33), предназначенные для оптимизации управленческих решений. Совместное использование различных видов графиков (портретного изображения, календарного графика, диаграммы распределения ресурсов и графика функциональной зависимости стоимости от времени) позволяет в интерактивном режиме производить оптимизацию по заданному критерию. Все графики связаны с общей базой данных.

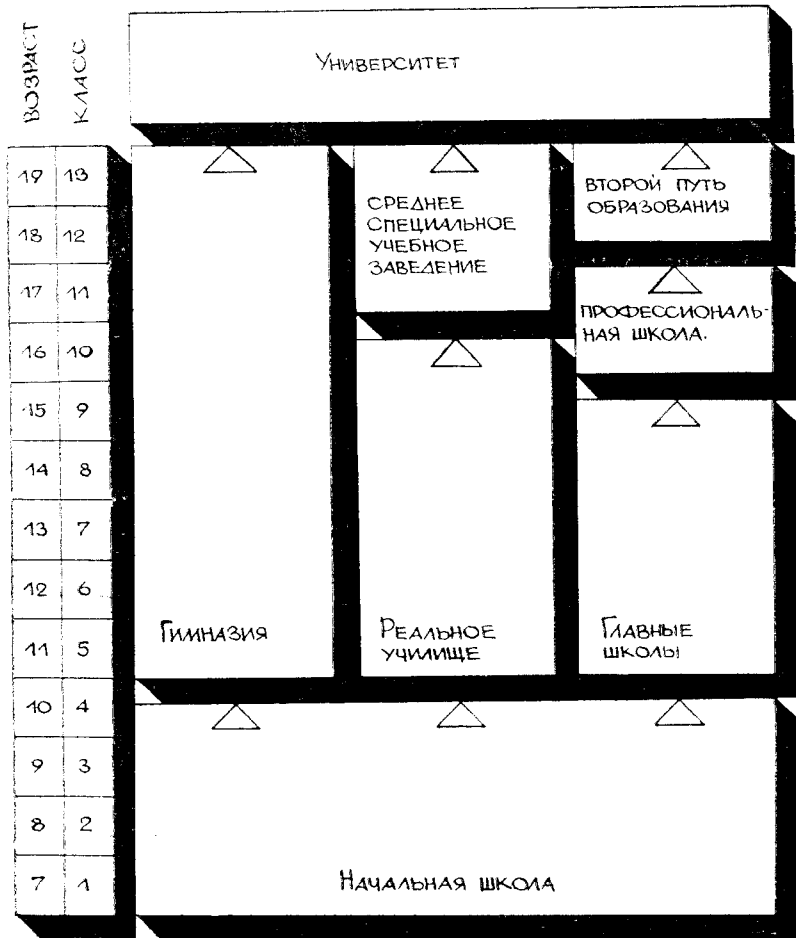
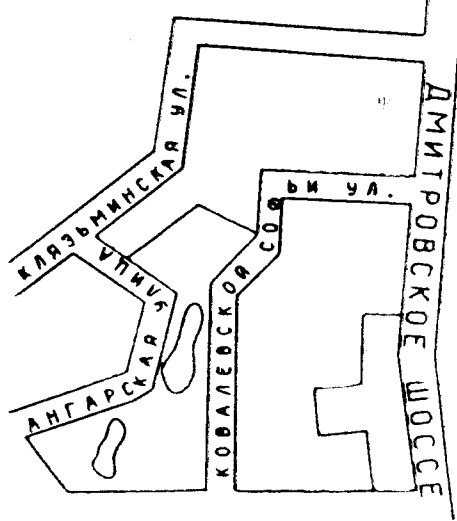


Рис. П.1. Система образования



Микрорайон города Рис. П.2. План микрорайона

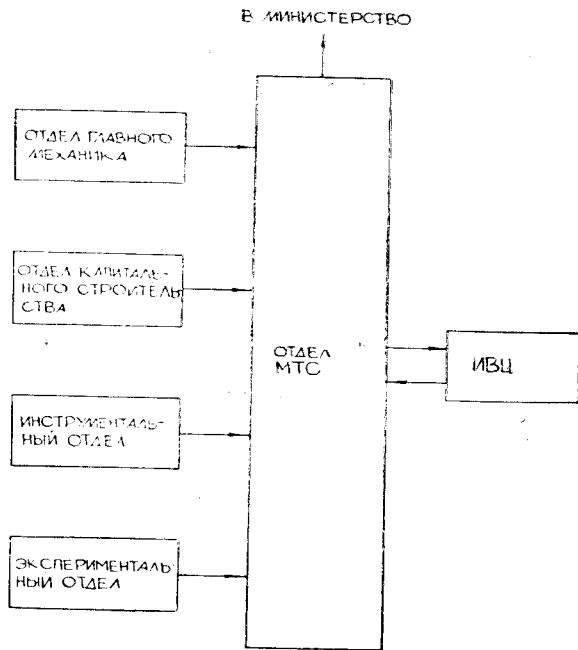


Рис. П.3. Схема потока информации по предприятию

	ИСПОЛНИТЕЛИ						
	ЭКСПЕДИЦИЯ	КАНЦЕЛЯРИЯ	РУКОВОДСТВО	СТРУКТУРНОЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЕ	СЕКРЕТАРЬ	НАЧАЛЬНИК СТРУКТУРНОГО ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ	ИСПОЛНИТЕЛЬ
1. ПРИЕМ ДОКУМЕНТОВ	○						
2. ПЕРВОНАЧАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ПОСТУПАЮЩИХ ДОКУМЕНТОВ	○						
3. ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ РАССМОТРЕНИЕ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСТУПИВШИХ ДОКУМЕНТОВ		○					
4. РЕГИСТРАЦИЯ ДОКУМЕНТОВ		○					
5. РАССМОТРЕНИЕ ДОКУМЕНТОВ			○				
6. НАПРАВЛЕНИЕ ДОКУМЕНТОВ В СТРУКТУРНОЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЕ		○		○			
7. РАССМОТРЕНИЕ ДОКУМЕНТОВ						○	
8. ИСПОЛНЕНИЕ ДОКУМЕНТОВ							○
9. СОГЛАСОВАНИЕ И ПОДПИСАНИЕ ОТВЕТНЫХ ДОКУМЕНТОВ							○
10. ПОДГОТОВКА ДОКУМЕНТОВ К ОТПРАВКЕ						○	
11. ОТПРАВКА ДОКУМЕНТОВ	○						

Рис. П.4. Оперограмма (путь прохождения документа)

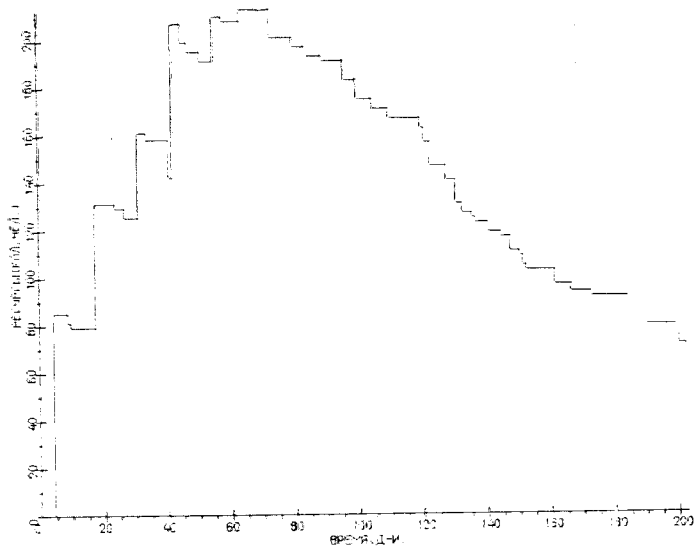


Рис. П.5. График функциональной зависимости двух параметров

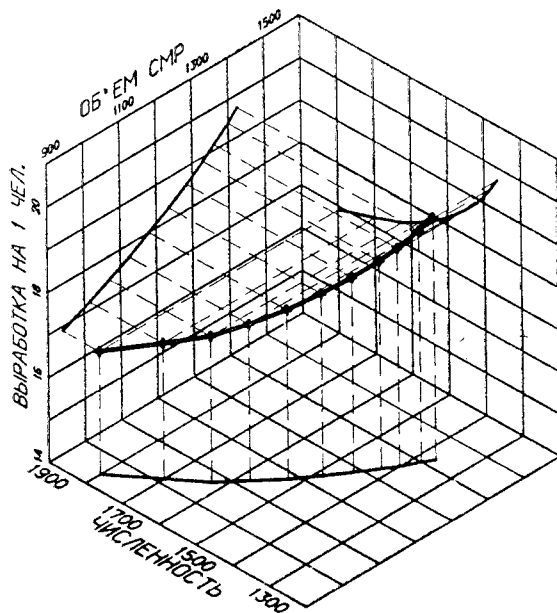


Рис. П.6. График функциональной зависимости трех параметров

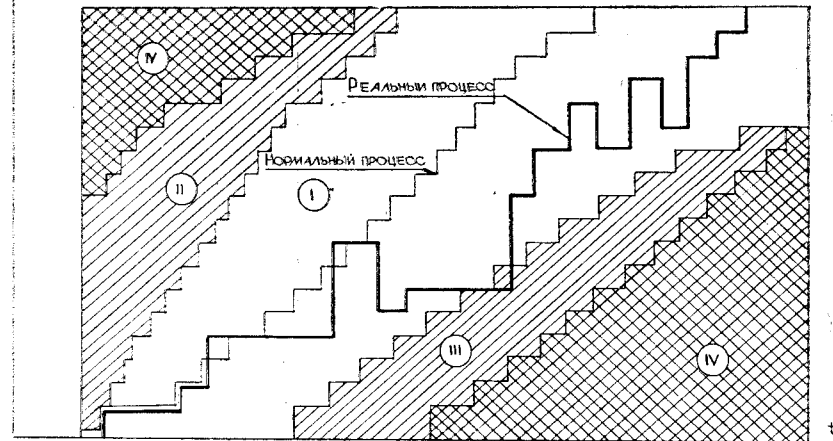
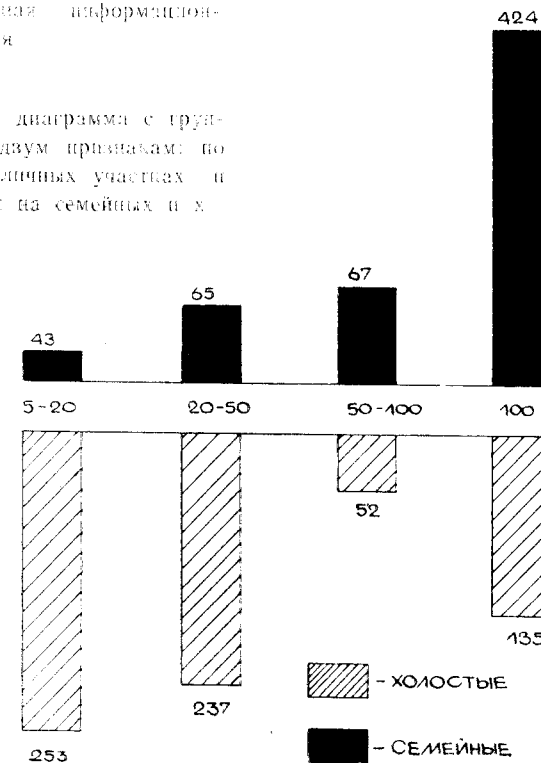


Рис. П.7. Интегральная информационная модель управления

Рис. П.8. Столбчатая диаграмма с группировкой данных по двум признакам: по числу рабочих на различных участках и распределению рабочих на семейных и холостых



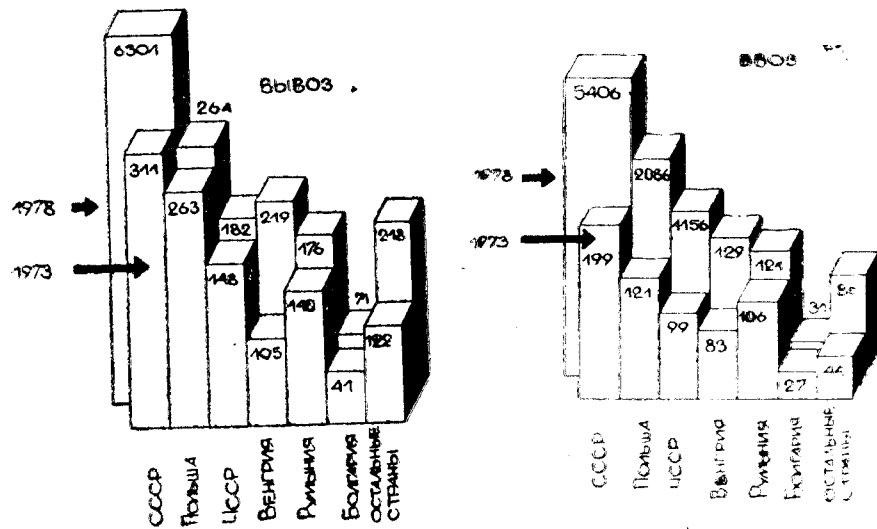


Рис. 11.9. Торговля

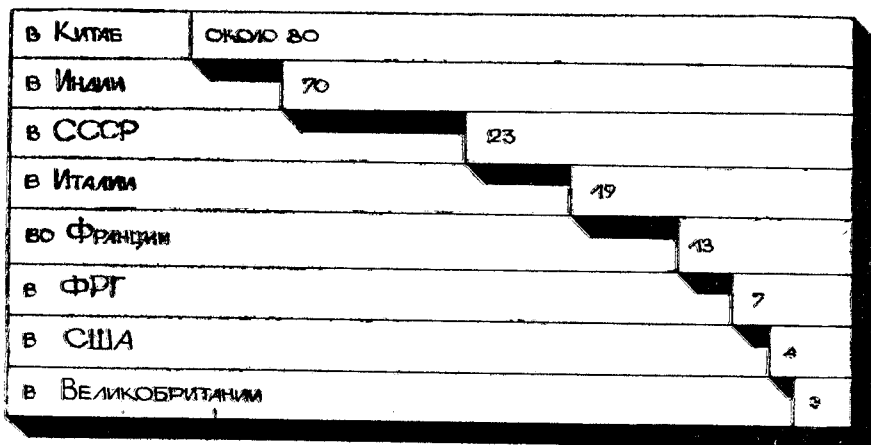


Рис. 11.10. Количество занятых в одной из отраслей хозяйства

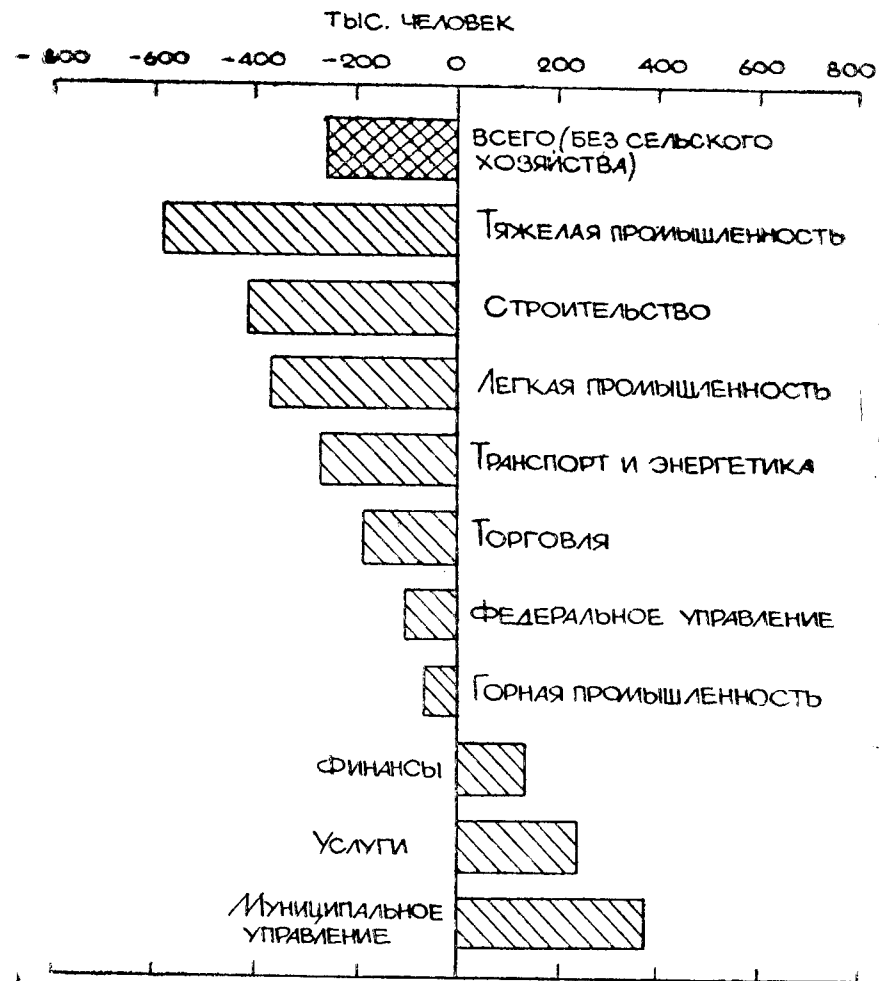


Рис. 11.11. Двусторонняя полосовая диаграмма чистых отклонений. Изменение абсолютной численности персонала, занятого в несельскохозяйственном секторе американского хозяйства

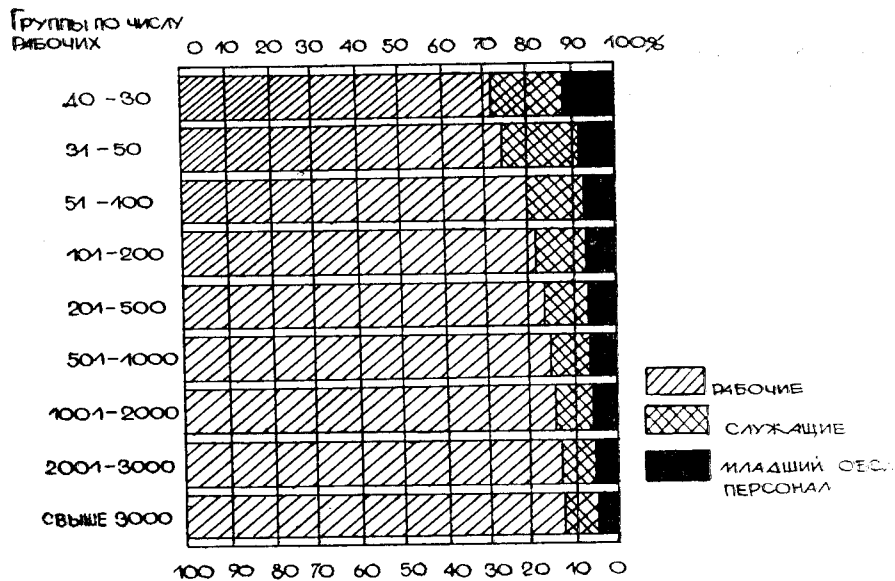


Рис. 11.12. Диаграмма удельных весов основных категорий персонала на промышленных предприятиях с разным числом занятых рабочих

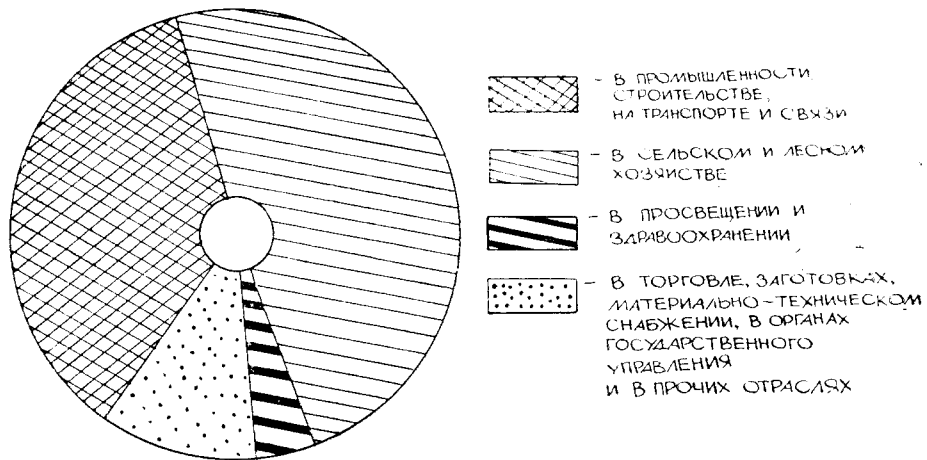


Рис. 11.13. Секторная диаграмма, показывающая распределение населения занятого в народном хозяйстве по отраслям

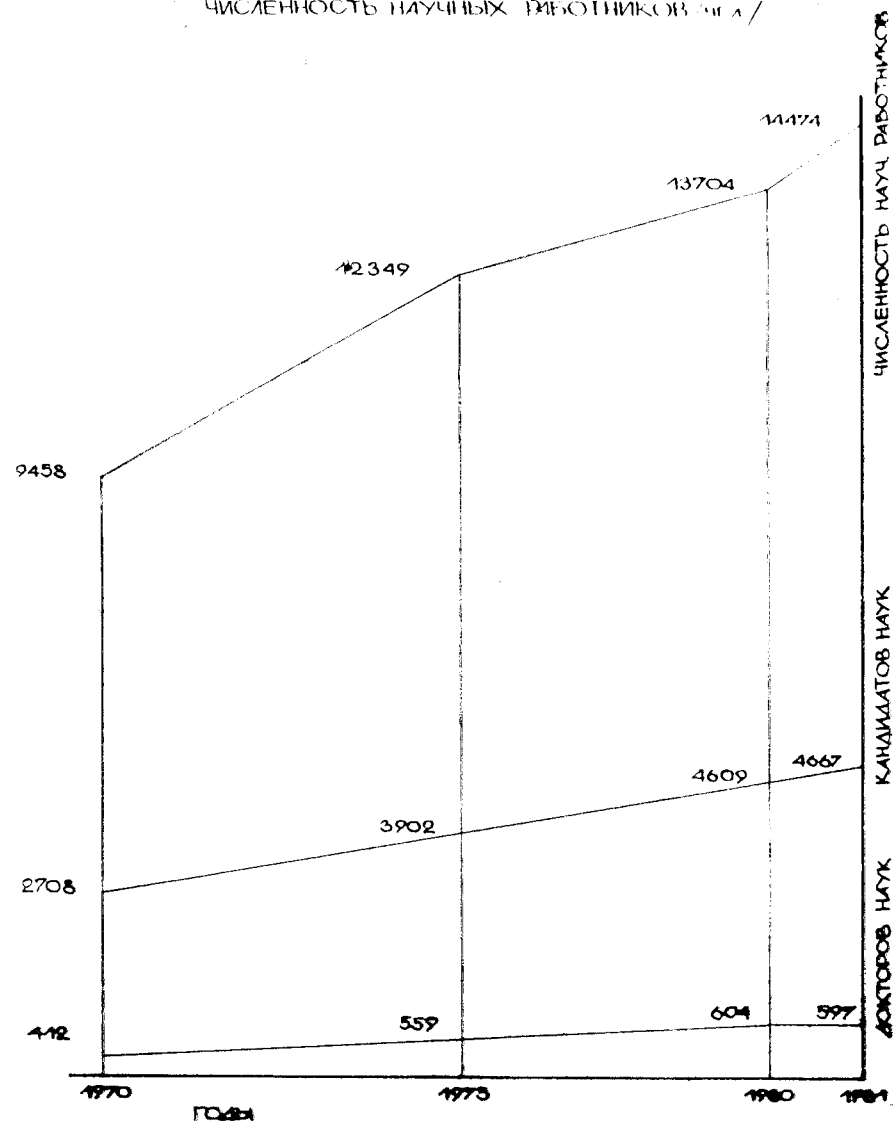


Рис. 11.14. Линейная координатная диаграмма



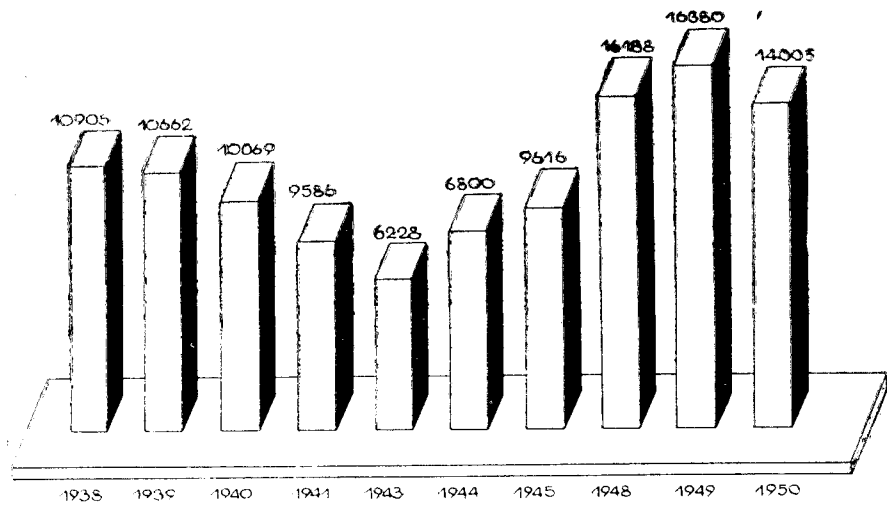


Рис. П.15. Столбиковая динамическая диаграмма. Изменение численности студентов N-го института по годам

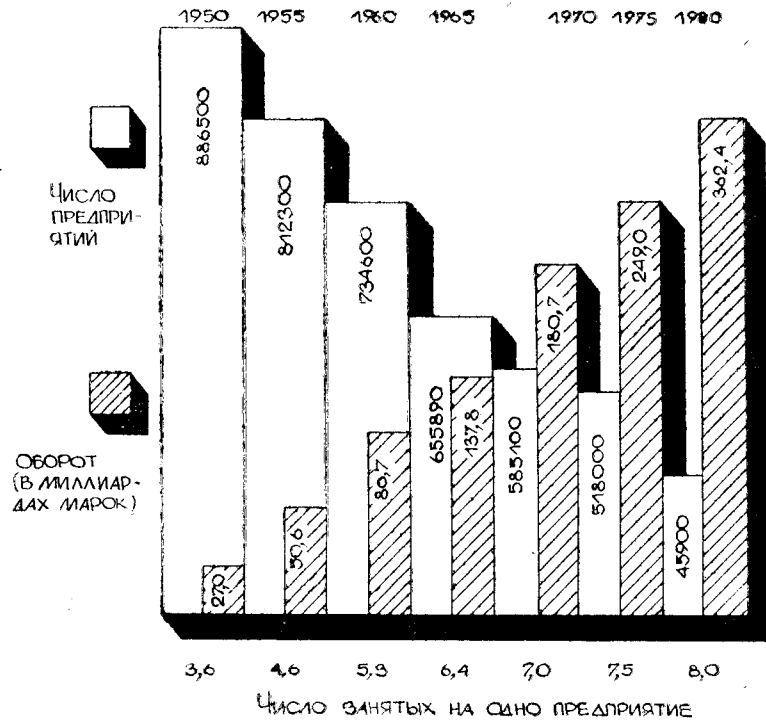


Рис. П.16. Развитие промышленности

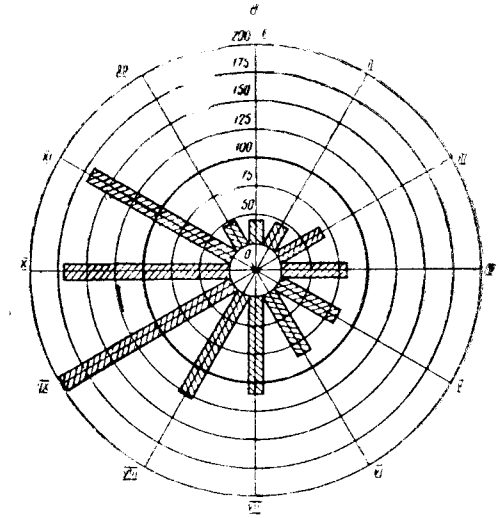


Рис. П.17. Затраты труда по месяцам

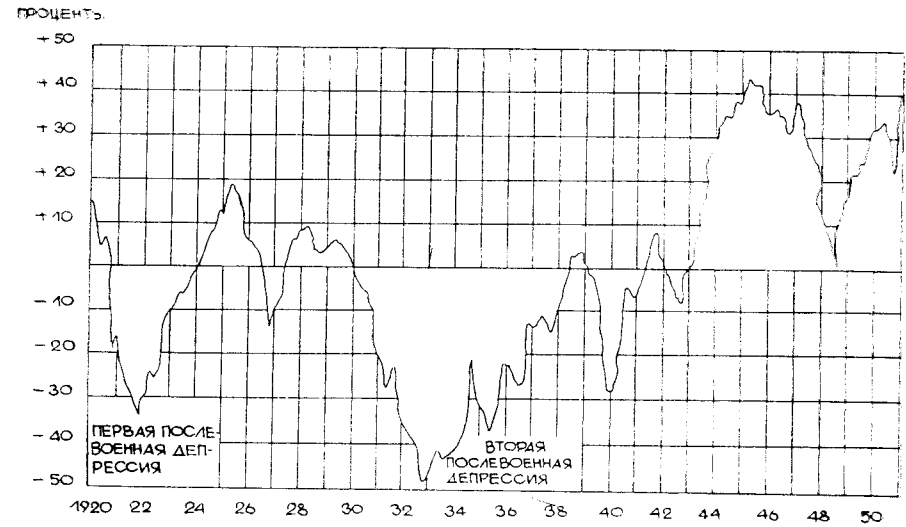


Рис. П.18. Конъюнктурная диаграмма. Силуэтная кривая динамики индекса деловой активности в США

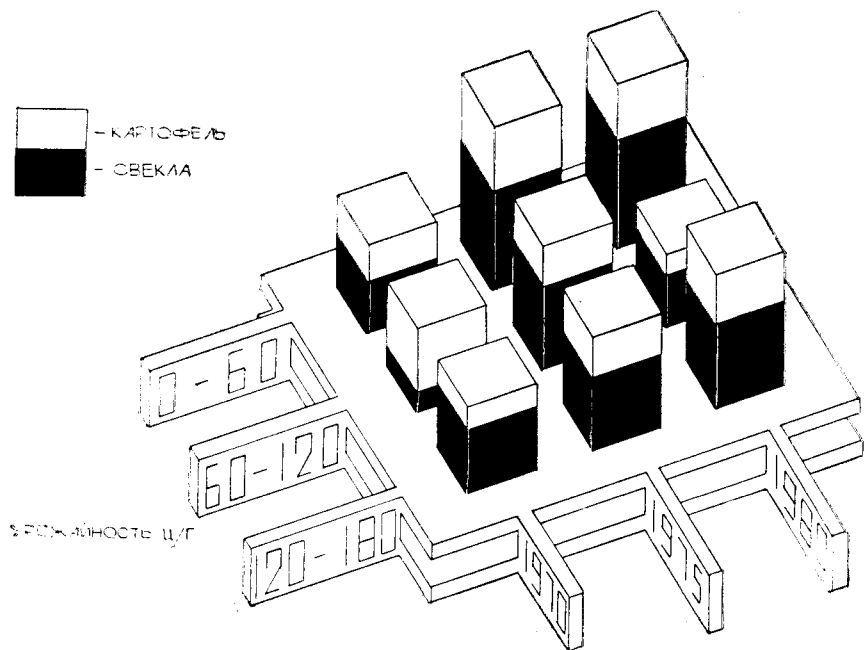


Рис. П.19. Динамика распределения совхозов по урожайности картофеля и сахарной свеклы в трехмерной системе

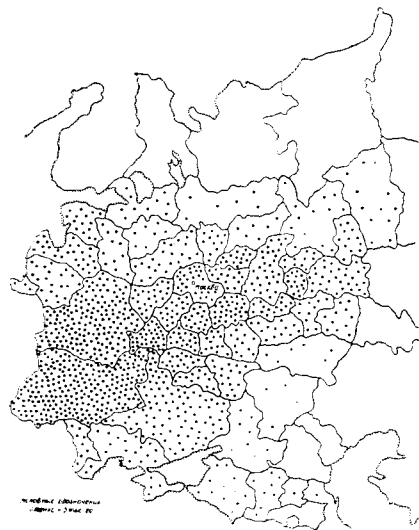


Рис. П.20. Картограмма размещения посевных площадей картофеля

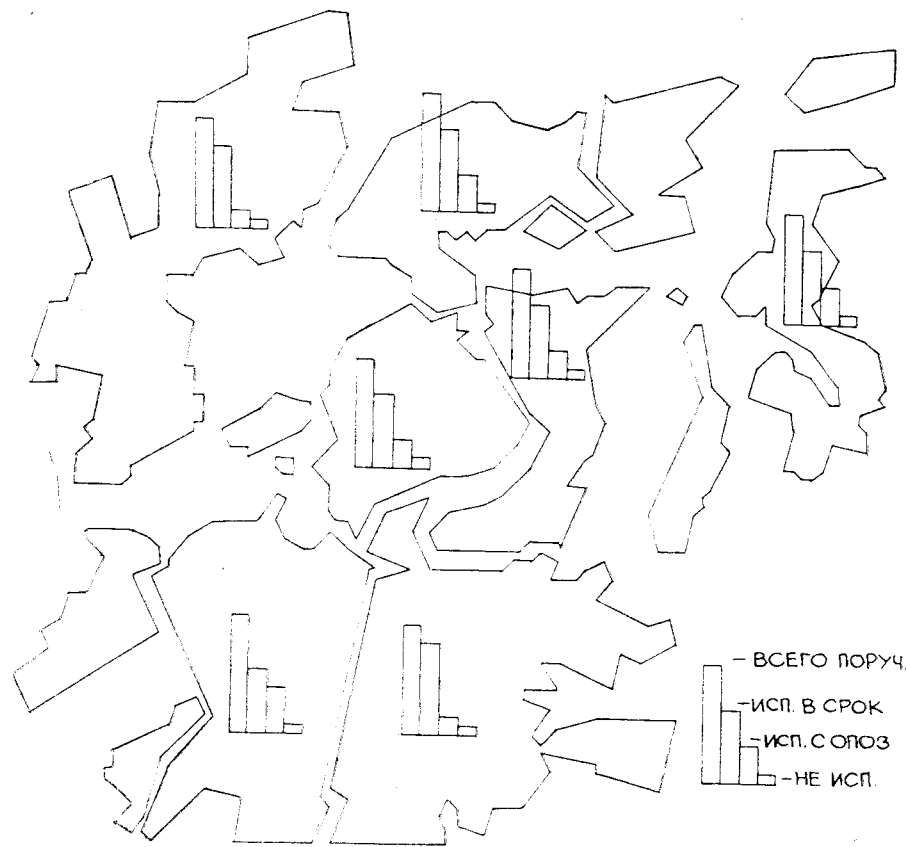


Рис. П.21. Картодиаграмма (анализ исполнения поручений)

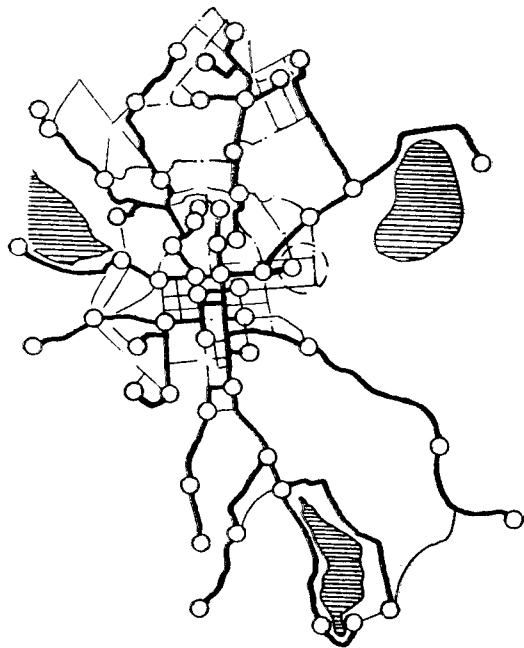


Рис. П.22. Дерево кратчайших транспортных путей

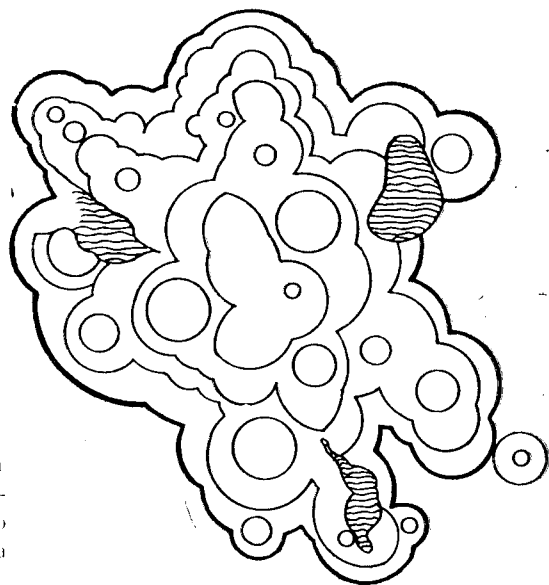


Рис. П.23. Изохронограмма трудности сообщения с центром города, вычерченная по результатам построения дерева кратчайших путей

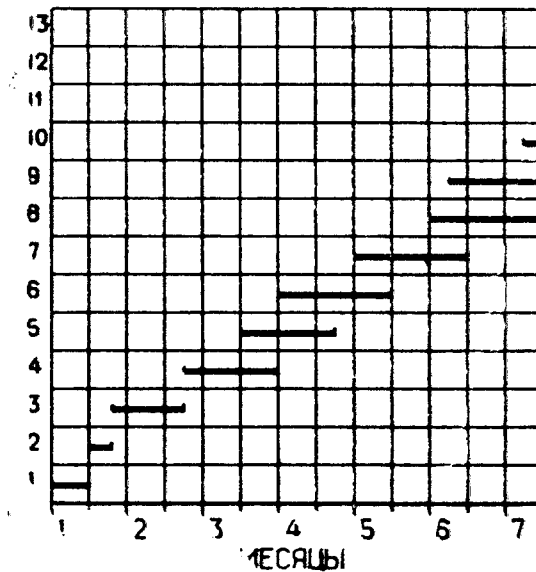


Рис. П.24. Ленточный график

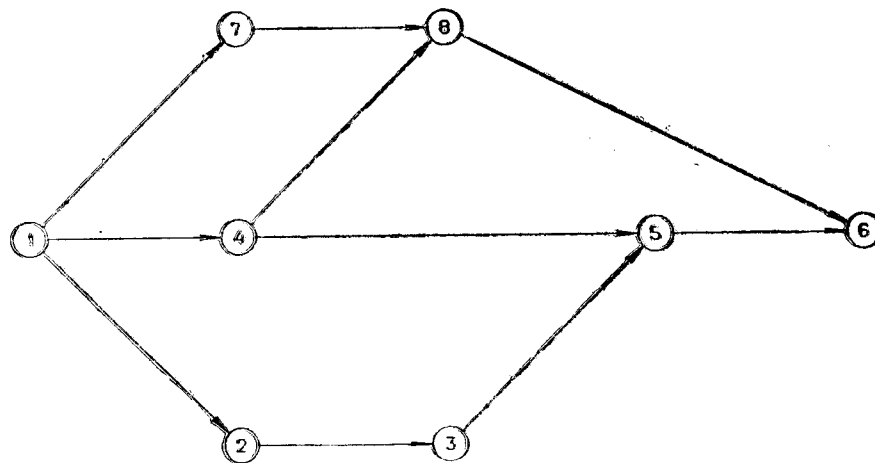


Рис. П.25. Сетевой график традиционной формы

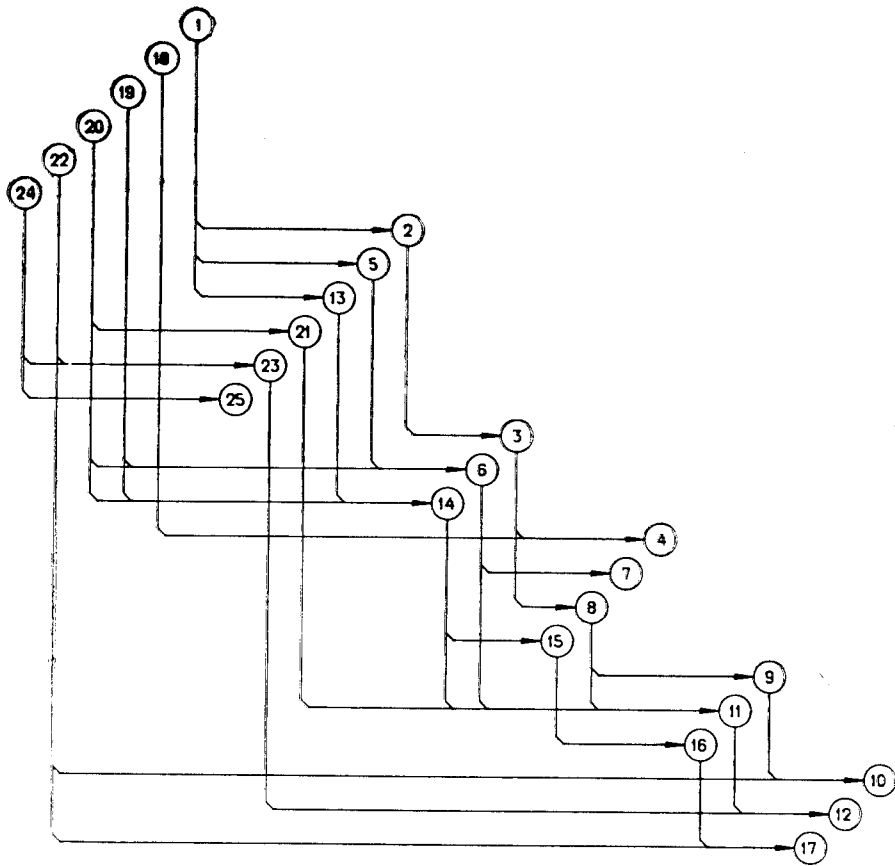


Рис. П.26. Сетевой график неовой формы

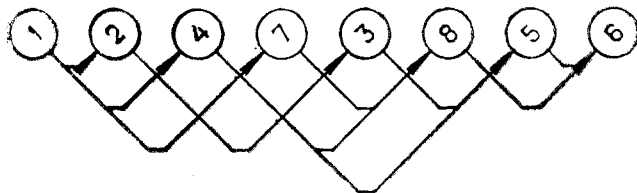


Рис. П.27. Сетевой график с диагонально-расположенными вершинами

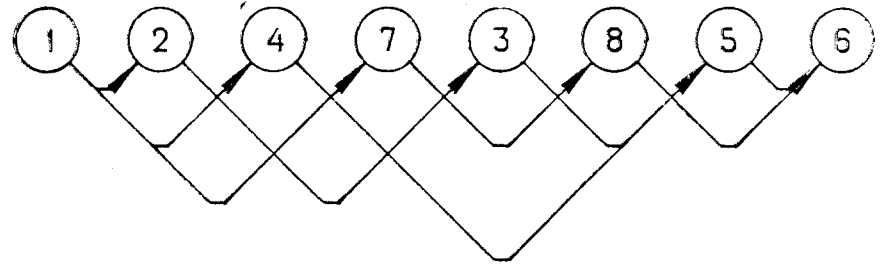
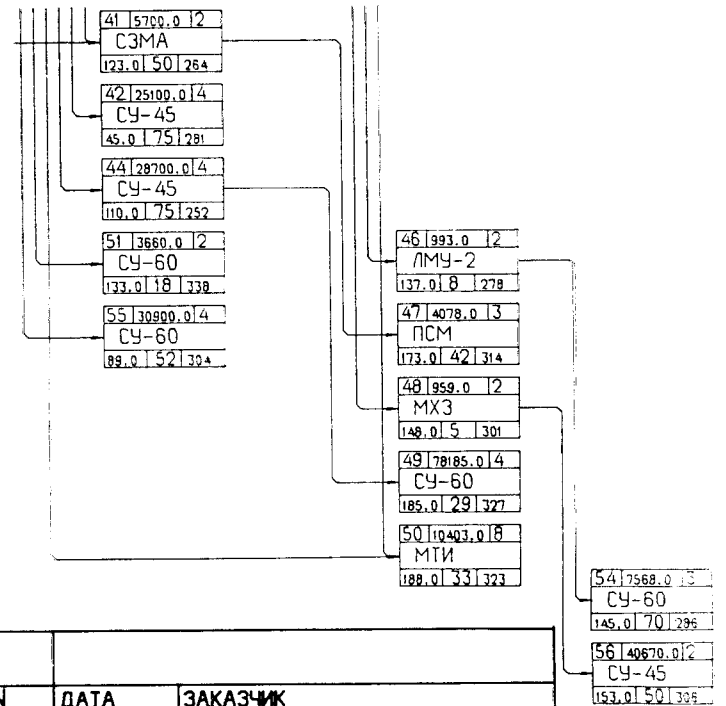


Рис. П.28. Сетевой график с горизонтально-расположенными вершинами



ОТДЕЛ N	ДАТА	ЗАКАЗЧИК
НАЧ. ОТД.		
Г. ТЕХН.		
Г. И. П.		
НАЧ. ГР.		
СОГЛАСОВАНО		ИЗ-ВК
		АРХ. N

Рис. П.29. Фрагмент сети с возможным вариантом представления вершины прямоугольником

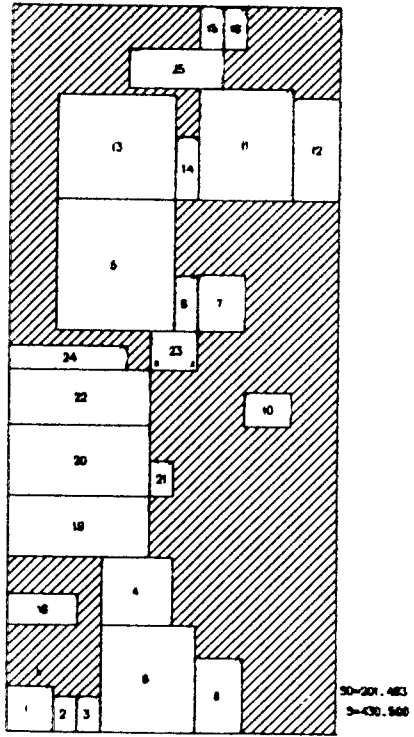


Рис. П.30. Портрет

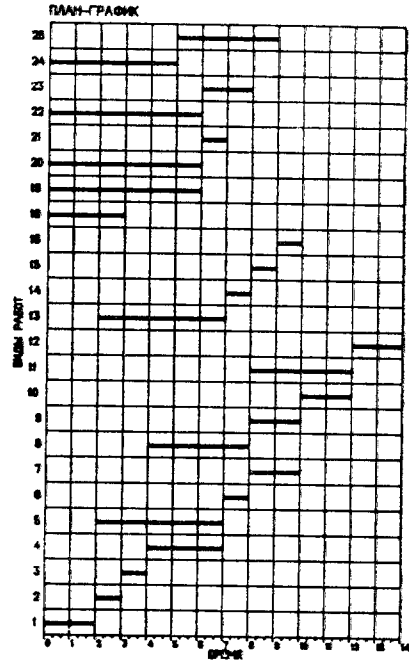


Рис. П.31. Календарный график

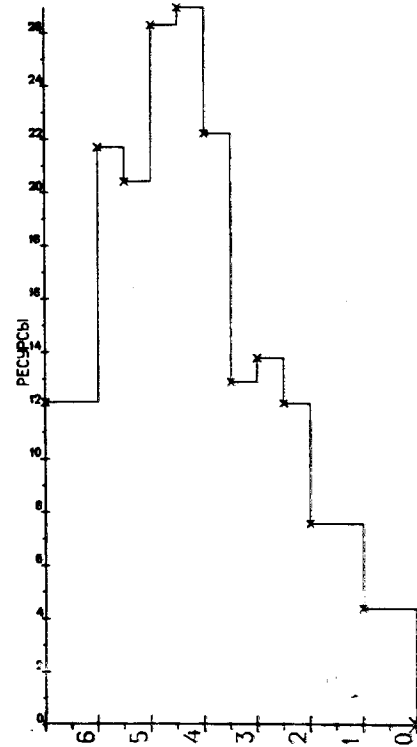


Рис. П.32. График распределения ресурсов

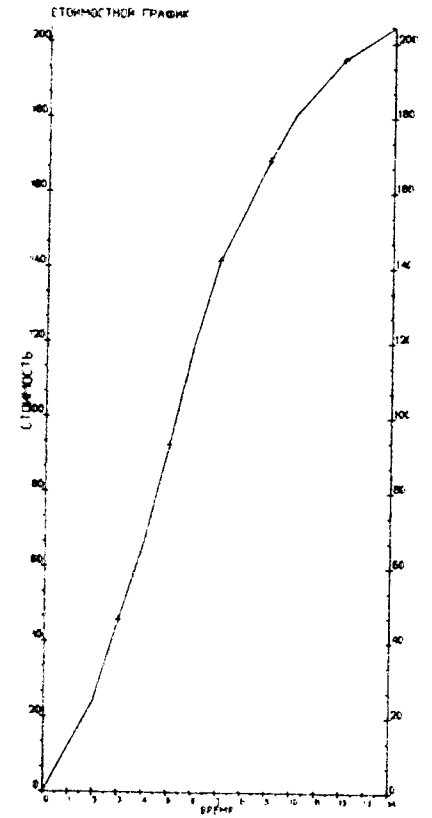


Рис. П.33. Стоимостный график.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Акофф Р. Планирование в больших экономических системах. М., Советское радио, 1972.
2. Анисков В. В., Витенберг И. М. Электрическое моделирование задач сетевого планирования и управления. М., Энергия, 1973.
3. Баяковский Ю. М., Галактионов В. А., Михайлова Т. Н. ГРАФОР. Комплексе графических программ на фортране. М., ИПМ АН СССР, 1983.
4. Блох Л. С. Основные графические методы обработки опытных данных. М.-Л., Машгиз, 1951.
5. Ваганян Г. А. Модель отображения сетевых графиков для их оптимизации в интерактивном режиме. «Реферативная информация», ЦИНИС. М., 1979, вып. 1.
6. Ваганян Г. А. Подготовка исходной информации для графического отображения сетевых моделей. Науч. тр. ЦНИИНАСС. М., 1979, вып. 23.
7. Ваганян Г. А. Геометрическое отображение планов, удовлетворяющих необходимым и достаточным условиям оптимальности. Науч. тр. ЦНИИНАСС. М., 1980, вып. 26.
8. Ваганян Г. А., Львов В. А. Методология исследования математической модели в интерактивном режиме. Науч. тр. ЦНИИНАСС. М., 1980, вып. 26.
9. Ваганян Г. А. Машинная графика в планировании и управлении. Тезисы докладов Всесоюзного совещания по интерактивным системам проектирования, ИПУ АН СССР, М., 1981.
10. Ваганян Г. А. Автоматизированная система управления и планирования на базе ЭВМ типа PRIME. Науч. тр. ЦНИИНАСС. М., 1981, вып. 30.
11. Ваганян Г. А. Интерактивные графические методы решения планово-управленческих задач. На стройках России, 1982, № 4.
12. Ваганян Г. А., Гаспарян Л. А. Совершенствование управления народным хозяйством на основе применения интерактивных графических методов. Тезисы докладов конференции «Управление-82», ВНИИПОУ ГКНТ СССР, М., 1982.
13. Вартапетов Э. А., Львов В. А., Ваганян Г. А. Интерактивные графические методы управления проектами в условиях САПР. Тезисы докладов IX Всесоюзного совещания по проблемам управления. Ереван, М., 1983.
14. Васмут А. Г. Моделирование в картографии с применением ЭВМ. М., Недра, 1983.
15. Вентцель Е. С. Теория вероятностей. М., Наука, 1964.
16. Герчук Я. П. Графические методы в статистике. М., Статистика, 1968.
17. Гилой В. Интерактивная машинная графика. М., Мир, 1981.
18. Глушков В. М. Основы безбумажной информатики. М., Наука, 1982.
19. Горелик А. Г. Автоматизация инженерно-графических работ с помощью ЭВМ. Минск. Высшая школа, 1980.
20. Гусаков А. А. Основы проектирования организации строительного производства (в условиях АСУ). М., Стройиздат, 1977.
21. Гусаков А. А. Системотехника строительства. М., Стройиздат, 1983.
22. Дейнеко О. А. Графические методы в управлении производством. М., Знание, 1966.
23. Дружинин Н. К. Математическая статистика в экономике. М., Статистика, 1971.
24. Евреинов Э. В., Косарев Ю. Г. Однородные универсальные вычислительные системы высокой производительности. Новосибирск, Наука, 1966.
25. Жимерин Д. Г., Мясников В. А. Автоматизированные и автоматические системы управления. М., Энергия, 1979.
26. Зозулевич Д. М. Машинная графика в автоматизации проектирования. М., Машиностроение, 1976.
27. Иванов В. В. Язык в сопоставлении с другими средствами передачи и хранения информации. Сб. «Доклады на конференции по переработке информации», Вып. 7, М., 1961.
28. Исследование операций (под ред. Дж. Моудера, С. Элмаграби), т. 2. М., Мир, 1981.
29. Каракозова Н. Д., Львов В. А., Орфеев Ю. В. Решение задач распределения ресурсов на сети в режиме диалога. Труды Алтайского политехнического института. Вып. 46. Барнаул, 1975.
30. Картография. Сборник переводных статей. Вып. 1 и 2. М., Прогресс, 1983.
31. Кнеппель С. Е. Графические методы в управлении предприятием. Л.-М., Тезисы управления, 1930.
32. Котик М. А. Курс инженерной психологии. Таллин, «Валгус», 1978.
33. Котов И. И., Полозов В. С., Широкова Л. В. Алгоритмы машинной графики. М., Машиностроение, 1977.
34. Кофман А., Дебазей Г. Сетевые методы планирования и их применение. М., Прогресс, 1968.
35. Крейк К. Человек-оператор в системе управления. В кн.: «Инженерно-психологическое проектирование», М., 1970.
36. Кунз С. А. Использование вычислительных машин в промышленности. Сб. Информация, М., Мир, 1968.
37. Курицын А. Н. Управление в Японии (Организация и методы). М., Наука, 1981.
38. Кухтенко А. И. Проблема многомерности в теории сложных систем. В сб.: «Кибернетика и вычислительная техника». Киев, 1969.

39. **Лифшиц Я. З., Филиппов Н. Г.** Делопроизводство и техническая документация. М., Высшая школа, 1981.
40. **Львов В. А.** О путях автоматизации научных исследований. В сб. «Вычислительные системы», вып. 36, Новосибирск, 1968.
41. **Лященко А. А., Цурин О. Ф.** Средства описания и разработки графических диалоговых систем на СМ ЭВМ. М., Знание, СССР, Киев, 1983.
42. **Марчуков Б. А.** Проектирование систем управления методами фазовой плоскости. М., 1976.
43. Машинная графика для автоматизированных систем планирования и управления в строительстве. Проспект ВДНХ СССР. М., ЦНИИНАСС, 1980 (Гусарков А. А., Львов В. Д., Ваганян Г. А., Максимов Г. В., Лебедева Л. С. и др.).
44. Машинная графика и обработка документации в планировании, управлении и проектировании. Тезисы докладов Первой Всесоюзной школы-семинара. Цахкадзор, 1983.
45. **Мелешко В. Н.** Теория полезности и методы введения глобальных критериев оптимальности. В кн.: «Адаптивные системы». Рига, Знание, 1972, вып. 3.
46. **Моррисей Дж.** Целевое управление организацией. М., Советское радио, 1979.
47. **Немировский А. Н.** Механические и электромеханические модели сетевых графиков. М., Энергия, 1977.
48. **Ньюмен У., Спрула Р.** Основы интерактивной машинной графики. М., Мир, 1976.
49. Организация управления в капиталистических фирмах. М., Экономка, 1978.
50. **Полозов В. С., Будеков С. А., Ротков С. И., Широкова Л. В.** Автоматизированное проектирование (Геометрические и графические задачи). М., Машиностроение, 1983.
51. **Пишулин И. П.** Анализ организации и управления производством с помощью графических методов. М., Экономика, 1967.
52. **Принс М. Д.** Машинная графика и автоматизация проектирования. М., Советское радио, 1975.
53. **Сазерленд А.** Системы ввода-вывода информации для вычислительных машин. Сб. Информация, М., Мир, 1968.
54. **Сарыкулова В. Д.** Организационные формы управления строительством в капиталистических странах. М., Стройиздат, 1977.
55. **Смолян Г. Л., Тоболев К. В.** Человеческий фактор в системах управления. М., Знание, 1974.
56. Современное состояние теории исследования операций. Под ред. П. Н. Моисеева. М., Наука, 1979.
57. **Томашевский Д. И., Масютин Г. Г., Явич А. А., Преснухин В. В.** Графические средства автоматизации РЭА. М., Советское радио, 1980.
58. **Тыслер И. Е.** График в производстве. М.—Л., Союзгиз, 1933.
59. **Уокер Б. С., Гурд Дж. Р., Дроник Е. А.** Интерактивная машинная графика. М., Машиностроение, 1980.
60. **Урсул А. Д., Абрамова Н. Т., Кремянский В. Н.** Синтез знания и проблема управления. М., Наука, 1978.
61. **Филиппов П. В.** Начертательная геометрия многообразия форм. Приложение. Л., ЛГУ, 1979.
62. **Фролов С. А.** Кибернетика и инженерная графика. М., Машиностроение, 1967.
63. **Хофер А., Херхард Г.** Графические методы в управлении. М., Экономика, 1971.
64. **Шмид К. Ф.** Руководство по графическим изображениям. М., 1960.
65. **Якшин А. М., Говоренкова Г. М.** Графоаналитический метод в графоаналитических исследованиях и проектировании. М., Стройиздат, 1979.
66. **Baatz Udo.** Bildschirmunterstütztes Konstruieren (VDI Taschenbuch, 39) Düsseldorf, 1973.
67. Computer graphics in Management. "Gower Press", 1970.
68. **Jacob J.—P., Sprague R. H.** Graphical problem solving in DSS. "Date Base", 1980, 12, № 1—2.
69. **Kottke H.** Grafische Darstellungen ausgewählter Kennziffern eines ökonomisch-mathematischen modells. "Seewirtschaft", 1970, № 8.
70. **Lemvig H., Alberti E., Ford B.** Projekistyring. Byggeindustrien, 1977, № 5.
71. "Science", 10.5. 1970, p. 623.
72. System processing of date concerning localized objects, Prague, 1982, DITCES.
73. **Wilson J. T., Ellison D.** Interactive simulation an a microcomputer. "Simulation", 1982, 38, № 5.
74. **Wolf G.** Gitra-ein grafisches interactivs Programmsystem. Rechentechnik. Datenverarbeitung, 1979, № 5.
75. **Yonke M. D., Greenfield N. R.** An information presentation system for decision makers. "Date Base", 1980, 12, № 1—2.

G. A. VAHANIAN  
Computer graphics in Management  
SUMMARY

The book presents systematical account of graphical information automatic processing problems in management by means of computer.

Some experience and prospects of interactive computer graphics use in various problems of planning, organisation and control are discussed.

Attention is paid to interactive graphic models construction principles, methods and modes. Recommendations and algorithms which may be used when creating interactive graphic workstations and systems are listed. Software regarding these aspects is considered.

Appendix includes an album of graphic forms of presenting information convenient for efficient use.

The book is intended for management automation specialists and also for management and planning workers, directors of enterprises and production organisers. It may be used as a training appliance for students and postgraduates of corresponding specialities as well.

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

<b>Предисловие</b>	3
<b>Введение</b>	5
<b>ГЛАВА I. УПРАВЛЕНИЕ И МАШИННАЯ ГРАФИКА</b>	
1.1. Особенности управления в современных условиях	8
1.2. Зарубежный опыт развития автоматизации управления	11
1.3. Отечественный опыт обработки графической информации в управлении	21
1.4. Принципы и структура организации интерактивной графической связи с ЭВМ	31
1.5. Методы и техника машинного черчения	38
<b>ГЛАВА II. МЕТОДОЛОГИЯ ИНТЕРАКТИВНОГО ГРАФИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ</b>	
2.1. Графические методы и модели в управлении	43
2.2. Математические модели объекта и задачи управления	46
2.3. Основные принципы геометрического анализа и синтеза математической модели	52
2.4. Методика организации решения задач управления в интерактивном режиме	57
2.5. Интерактивная графическая система управления	63
<b>ГЛАВА III. ИНТЕРАКТИВНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В УПРАВЛЕНИИ</b>	
3.1. Интерактивные графические методы решения многокритериальных задач	71
3.2. Интерактивные графические методы в управлении и планировании	83
3.3. Методы тематического картографирования в управлении городским хозяйством	103
3.4. Интерактивные графические методы в управлении производством	117
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b>	126
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ</b>	
<b>Приложение I.</b> (Схемы текстовой информации, выводимой на экран при использовании системой VISION)	131
<b>Приложение II.</b> (Технические средства машинной графики)	137
<b>Приложение III.</b> (Альбом форм)	145
<b>ЛИТЕРАТУРА</b>	150



Ваганян Григорий Аршалуйсович  
**МАШИННАЯ ГРАФИКА В УПРАВЛЕНИИ**



Изд. редактор **М. Г. Назарян**  
Художник **Х. Е. Акопян**  
Худ. редактор **Е. Е. Мкртчян**  
Техн. редактор **К. Г. Саркисян**  
Контрольный корректор **А. А. Азарян**

ИБ 5116

Сдано в набор 4.03.1985 г.

Подписано к печати 7.08.1985 г.

Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага мелов.

Гарнитура «Литературная».

Печать высокая.

10,23 усл. печ. л. 10,69 усл. кр. отл.

Уч. изд. л. 10,66

ВФ 05707. Заказ. 678. Тираж 1000

Цена 2 р.

Издательство «Айастан», Ереван-9,  
ул. Теряна, 91.

Типография № 1 Госкомитета по де-  
лам издательств, полиграфии и книж-  
ной торговли Арм. ССР, ул. Алавер-  
дяна, 65.