

В.В. ЛУКША, П.В. ШВЕДОВСКИЙ, О.Л. ОБРАЗЦОВ

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДОРОГ
И ДОРОЖНЫХ СООРУЖЕНИЙ**
(курс лекций)

*Рекомендовано к изданию редакционно-издательским Советом
учреждения образования «Брестский государственный технический
университет» в качестве пособия для студентов дневной
и заочной форм обучения по специальностям
Т 19 03 00 «Строительство дорог и транспортных объектов»
и 1-70 03 01 «Автомобильные дороги»*



Брест 2006

УДК 625.72:681.3

ББК 94.311

Л13

Рецензент: Начальник отдела содержания автомобильных дорог
и безопасности движения ГП «Бреставтодор» **О.Р. Чумичев**

Лукша В.В., Шведовский П.В., Образцов О.Л.

Л13 Автоматизация проектирования дорог и дорожных сооружений (курс лекций). – Брест: Издательство БГТУ, 2006. – 126 с., илл. 90, табл. 12, библи. 21 назв.

ISBN 985-493-038-6

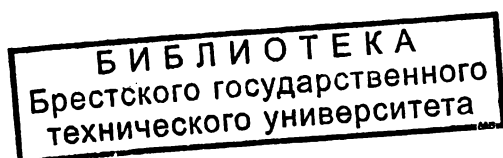
В курсе лекций приводятся общие сведения по теории автоматизированного проектирования объектов с учетом специфики транспортной отрасли. Особое внимание обращается на сложность формирования САПР на транспорте. Детально описана структура технического обеспечения САПР. Также отмечается роль компьютерной графики в создании реалистичных изображений, анализируется целый ряд программных продуктов по автоматизации проектирования дорог и дорожных сооружений.

Курс лекций предназначен для студентов дорожных специальностей высших учебных заведений и курсов повышения квалификации работников дорожной отрасли. Он может представлять интерес для инженерно-технических работников, занимающихся автоматизированным проектированием автомобильных дорог и дорожных сооружений.

Авторы выражают благодарность доценту кафедры «Изыскания и проектирование транспортных коммуникаций» Белорусского государственного университета транспорта к.т.н. **Головничу Александру Константиновичу** за предоставленную методическую и научную литературу.

Контактный email: vvl@bstu.by (Лукша В.В.).

355948



УДК 625.72:681.3

ББК 94.311

© Лукша В.В., 2006

© Шведовский П.В., 2006

© Образцов О.Л., 2006

© Издательство БГТУ, 2006

ISBN 985-493-038-6

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ КОММУНИКАЦИЙ	5
1.1. Общие сведения	5
1.2. Систематические и эвристические САПР	5
1.3. Особенности применения САПР в проектировочной деятельности транспортников	6
1.4. Классификация САПР	8
2. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ САПР	9
2.1. Иерархия уровней описания проектируемых объектов	9
2.2. Аспекты описаний проектируемых объектов	9
2.3. Нисходящее и восходящее проектирование	10
3. БАЗОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САПР	12
3.1. Информационное обеспечение	12
3.2. Программное обеспечение САПР	15
3.3. Математическое обеспечение САПР	16
3.4. Техническое обеспечение САПР	17
3.4.1. Структура персонального компьютера	19
3.4.2. Внутримашинный системный интерфейс	23
3.4.3. Функциональные характеристики ПК	24
3.4.4. Центральный процессор	25
3.4.4.1. Процессоры Intel	26
3.4.4.2. Процессоры AMD	29
3.4.5. Материнские платы и наборы системной логики (чипсеты)	37
3.4.6. Оперативная память	40
3.4.7. Графическая плата	42
3.4.8. Жесткий диск	48
3.4.9. Другие компоненты	49
3.4.9.1. Основные компоненты	49
3.4.9.2. Дополнительные компоненты	51
3.4.9.3. Устройства ввода информации	52
3.4.9.4. Периферия (внешние компоненты)	54
3.5. Лингвистическое обеспечение САПР	59
3.6. Методическое обеспечение САПР	60
3.7. Организационное обеспечение САПР	60
4. КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА В САПР	62
4.1. Классификация графической информации	62
4.2. Графические шаблоны	62
4.3. Типы моделей в САПР	63
4.4. Особенности реалистичного воспроизведения модели объекта в САПР	66
5. ПРОГРАММНЫЕ ПАКЕТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ КОММУНИКАЦИЙ	68
5.1. Программный пакет CADdy	68
5.2. Программный пакет InRoads	71
5.3. Программный комплекс PLATEIA	74
5.4. Программный комплекс AutoCAD Land Development Solutions Release 2	83
5.5. Программный комплекс AutoCAD Дороги CS	86
5.6. Система автоматизированного проектирования IndorCAD	88
5.7. Система автоматизированного проектирования Robur 5.0	96
5.8. Программный комплекс CREDO	99
5.8.1. Состав, назначение и области применения комплекса CREDO	99
5.8.2. CREDO_DAT – инженерная геодезия	101
5.8.3. Дополнительные геодезические подсистемы	106
5.8.4. CREDO_TER – цифровая модель местности	107

5.8.5. CREDO_PRO – геометрическое проектирование	108
5.8.6. CREDO_GEO – объемная геологическая модель	111
5.8.7. Дополнительные геологические подсистемы	112
5.8.8. CREDO_MIX – цифровая модель проекта	115
5.8.9. CAD_CREDO – проектирование автомобильных дорог	117
5.8.10. Дополнительные модули проектирования автомобильных дорог	118
5.8.11. CREDO_SR – геодезия в сейсморазведке	122
5.8.12. Другие дополнительные модули программного комплекса CREDO	123
Литература	126

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ КОММУНИКАЦИЙ

1.1. Общие сведения

Эффективность использования информационных технологий в конкретной отрасли народного хозяйства в значительной степени определяет интенсивность и приоритетность ее дальнейшего развития. В условиях коренных преобразований в области производственных отношений и производства в целом роль транспорта как перевозчика продукции является определяющей. Грамотные проектные решения по реформированию и наращиванию существующего технического оснащения железнодорожного, автомобильного и речного транспорта являются неотъемлемыми условиями для сокращения транспортных издержек в общей себестоимости перевозимой продукции.

В условиях информатизации производства транспорт не может оставаться в стороне от научно-технического прогресса. Поэтому следует активно внедрять САПР в практику создания транспортных коммуникаций, повышая эффективность проектов и снижая затраты на реализацию конструкторских решений.

В основе грамотного использования информационных технологий лежит правильно построенная методология обучения. *Для пользователей САПР определяющим является правильное, цельное восприятие существующих пакетов автоматизации проектирования как инструмента для создания соответствующего проекта.* Важно за большими функциональными возможностями видеть, в первую очередь, только те, которые позволяют в минимальные сроки и с максимальным эффектом решить поставленную задачу.

Однако следует учитывать сложность и высокую динамичность развития рынка существующих пакетов САПР. Попытка избежать такого положения связывается с представлением в курсе лекций принципиальных основ разработки САПР с учетом специфики проектирования объектов в транспортной отрасли.

1.2. Систематические и эвристические САПР

Автоматизация проектирования становится неотъемлемой частью любого технологического процесса, связанного с подготовкой чертежей и схем в различных отраслях народного хозяйства. В условиях возрастания объемов конструкторских работ кульман, карандаш и калькулятор перестают быть неизменным атрибутом инженера-проектировщика. На смену механическим процедурам черчения, многократным циклическим расчетам приходит вычислительная техника с ее мощным арсеналом программных и аппаратных средств, способных взять на себя всю работу, связанную с расчетами и проектированием. Комплексы таких устройств называют *системами автоматизированного проектирования (САПР)*.

По определению **САПР** – это организационно-техническая система, состоящая из комплекса средств автоматизации проектирования, взаимодействующего с подразделениями проектной организации с целью получения эффективного проектного решения. Под **автоматизацией проектирования** понимается такой способ выполнения процесса разработки проекта, когда все этапы проектного процесса осуществляются разработчиком при тесном взаимодействии с программной средой. Автоматизация проектирования предполагает **эффективное использование** программных и технических средств вычислительной техники при рациональном распределении функций между проектировщиком и ЭВМ. При этом человек должен решать задачи творческого характера, а САПР – задачи, допускающие формализованное описание в виде алгоритма и соответствующей программы, что позволяет достичь большей эффективности по сравнению с традиционным способом проектирования.

Внедрение быстродействующей вычислительной техники в процесс проектирования приводит к возрастанию производительности труда в 2-4 раза и сокращению продолжительности выполнения проекта в 3-5 раз. Однако детальный анализ влияния автоматизации на процесс проектирования показывает, что существенное увеличение производительности труда достигается в основном за счет формализации и программного решения сложных и итеративных вычислительных операций. Наиболее активно и успешно эти методы внедряются в радиоэлектронике, машиностроении, строительстве, где возникает необходимость проведения значительного объема вычислений по конечным формулам с конкретным набором исходных данных. Такие задачи имеют ограниченное и перечислимое множество допус-

тимых решений, методика которых базируется на законах механики и функционально определенных выражениях. Увеличение размерности задачи приводит только к незначительному возрастанию продолжительности машинного времени ее решения. В каждой такой проблеме можно выделить жесткую, *нормализованную составляющую расчета и проектирования*, имеющую однозначный или узкоинтервальный численный результат. Соответствующие программные комплексы автоматизации проектирования подобных задач называются **систематическими**.

Автоматизация проектирования транспортных коммуникаций (железнодорожных станций, автомобильных дорог, речных портов) не имеет такой выраженной систематической составляющей, что не позволяет в полном объеме заимствовать опыт разработки, эксплуатации и совершенствования САПР радиоэлектроники и машиностроения. Опыт проектировщика-транспортника трудно описать, он носит эвристический характер. Поэтому соответствующие САПР, активно использующие знания и навыки пользователя, называются *эвристическими*. Проектные решения на транспорте оказываются весьма чувствительными к конкретной ситуации (географическому положению проектируемого объекта, климатическим особенностям, динамике демографической обстановки в регионе, уровню миграции населения, экономическим и социальным прогнозам). Эти факторы генерируют целый ряд переменных среды, которых насчитывается тысячи. И при увеличении размера проектируемой системы (железнодорожная станция, автостанция, транспортный узел) наблюдается экспоненциальный рост числа зависимых параметров.

Например, если двум группам проектировщиков-транспортников и проектировщиков-машиностроителей дать задание на разработку проектов развития транспортного узла и сложного сборочного узла компрессора, то все результаты работы могут оказаться различными. Однако у группы машиностроителей они будут более близкими (если не идентичными) по параметрам и внешнему виду, чем у транспортников. Это говорит о том, что *систематические расчеты предсказуемы, прогнозируемы, а следовательно, легче алгоритмизуемы*. Использование аналитических выражений и четких, исчерпывающих методик позволяет автоматизировать расчеты и проектирование таких объектов.

Транспортные задачи имеют менее определенные количественные критерии. Проекты сооружения и реконструкции транспортных коммуникаций ориентированы на эффективное взаимодействие элементов системы, безопасное выполнение операций, соблюдение установленной технологии и т.д. Такая качественная интерпретация требуемых критериев в большей степени опирается на опыт проектировщика, который, даже будучи профессионалом, имеет собственные, отличные от другого проектировщика, представления о важности тех или иных критериев. Нечеткость критерия оценки проектного решения вытекает из сложности формального описания задачи, что влечет за собой большие **проблемы** при разработке работоспособных программных продуктов САПР.

Следовательно, системы автоматизации проектирования транспортных коммуникаций принципиально сложнее реализовать, чем систематические САПР радиоэлектроники или машиностроения. Сложность использования опыта проектировщика в среде САПР заключается в отсутствии методов его формализованного описания. По этой причине в настоящее время не развиты системы автоматизированного проектирования, которые должны использовать модель работы эксперта, оценивающего результаты программного конструктора проектных решений.

Следует отметить, что данная проблема присуща не только транспорту, но и другим отраслям знания, для которых цели проектирования связываются с оптимизацией качественных параметров: эргономическими требованиями, эффективным сервисом и др. С подобными задачами встречаются архитекторы, промышленные дизайнеры, модельеры одежды, обуви, мебели.

1.3. Особенности применения САПР в проектировочной деятельности транспортников

Усилиями различных фирм-производителей программного обеспечения созданы прикладные пакеты САПР транспортного профиля (CREDO, MXRAIL, InRoads и др.). Однако содержательный анализ этих продуктов показывает, что они решают частные задачи, в основном расчетного характера с визуализацией результатов. При этом внимание акцентируется

только на технической (точнее, геометрической) составляющей. Бессистемная, очаговая автоматизация разрозненных задач, различная методическая, алгоритмическая и языковая основа их реализации не способствует становлению и развитию комплексной интегрированной среды САПР, какими являются в настоящее время типовые или систематические программные комплексы автоматизации проектирования.

Существует еще одна важная причина, из-за которой информационные технологии медленно внедряются в процесс проектирования транспортных объектов. САПР как рынок программных средств существует более 40 лет. Производители таких типовых САПР, как AutoCAD, MicroStation, CATIA создали целую индустрию, позволяющую ритмично выпускать новые версии пакетов в соответствии с запросами пользователей. Для этих САПР существует устойчивый и увеличивающийся поток потребителей. Так, фирма Autodesk, производитель AutoCAD, в 2002 году официально зарегистрировала 3000000-го пользователя. В настоящее время насчитывается около 20 версий данного программного продукта.

Если имеется постоянный спрос на продукцию, то фирма-производитель может позволить себе отчислять соответствующую долю прибыли на дальнейшую модернизацию САПР. При этом следует отметить, что эти отчисления немалые. **Система автоматизации проектирования – весьма ресурсоемкий продукт.** Типичная САПР представляет собой около 100 отдельных подпрограмм, библиотек, шаблонов, общий объем которых достигает 500 Мбайт. Трудоемкость разработки современной САПР оценивается в 100-600 человеко-лет!

Следует отметить, что объем проектной работы в области проектирования транспортных коммуникаций не может сравниться с потребностями проектирования электроники, машиностроения, строительства. По некоторым оценкам на каждые 10000 пользователей систематических САПР приходится лишь один потенциальный пользователь эвристических САПР. Проектные организации, выполняющие заказы отделений дорог, дорстройтрестов, облавтотрансов, отделов водных путей, для повышения эффективности работы стараются использовать типовые пакеты САПР, либо разрабатывать уникальные программные продукты. Первый вариант является более привлекательным, так как существующие САПР (AutoCAD и др.) имеют возможности наращивания своих функций за счет использования встроенного языка программирования (LISP). **Открытая архитектура** программной оболочки позволяет дополнять ее новыми модулями, которые обеспечивают решение узкопрофильных транспортных задач. Второй путь – создание собственной среды САПР – более трудоемкий. Однако его преимуществом является компактность программной реализации, содержащей только функции, направленные на решение поставленных проблем.

Специфика проектирования транспортных коммуникаций требует разработки особых методов автоматизации. В зависимости от сложности формализации можно **выделить три уровня реализации САПР коммуникаций:**

- автоматизация расчетов;
- автоматизация проектирования транспортных объектов (железнодорожных станций, автомобильных дорог, речных портов);
- автоматизация проектирования технологии (порядок обработки поездов на станции, обслуживания судов в речном порту, пропуска автомобилей в узле пересечения автодорог и др.).

На данном этапе развития транспортные САПР осваивают лишь первый уровень. В настоящее время разработан целый ряд программных продуктов, обеспечивающих расчет параметров коммуникаций (числа путей на железнодорожной станции, числа полос движения и их ширины на трассах автодорог, площади акватории и территории портов и др.). Проводится активная работа по систематизации и унификации этих программ, сведению их в общий реестр элементов САПР для полного (сквозного) расчета транспортного объекта. **Понятие сквозного расчета** связывается с объемлющей операцией автоматизации определения всех количественных параметров данного объекта, на результатах которых будет основываться проектировщик. По сути, реализация первого уровня транспортных САПР позволит сформировать базу данных для второго этапа – автоматизированного проектирования транспортных коммуникаций.

Графическая интерпретация базы данных результатов расчетов представляет собой процесс построения проектного решения компьютерными методами. Технологический аспект проблемы автоматизации представляется еще более высокого порядка сложности, так как его реализация требует формализации большого объема текстовой информации.

1.4. Классификация САПР

Системы автоматизированного проектирования могут различаться по:

1) типу выполняемых работ:

- изделия машиностроения;
- изделия приборостроения;
- объекты строительства;
- технология производства в строительстве;
- программные изделия;
- организация систем;
- транспортные системы;

2) уровню автоматизации:

- низкоавтоматизированные (до 25 % проектных процедур из всего состава проектных работ);
- среднеавтоматизированные (25-50 %);
- высокоавтоматизированные (более 50 %);
- автоматические;

3) стоимости рабочего места:

- низкого уровня (стоимость лицензии составляет 500-2000 USD);
- среднего уровня (2000- 20000 USD);
- верхнего уровня (более 20000 USD);

4) достигаемым целям:

- проектирование простых двумерных форм;
- моделирование сложных трехмерных объектов;
- анализ прочностных, кинематических, тепловых характеристик;
- подготовка конструкторской документации;

5) охвату процесса проектирования:

- обычные;
- реверсивные (идея – макет – изделие);
- сквозные (идея – чертеж – изделие);

6) характеру работы:

- конструкторское проектирование;
- управление проектами и техническим документооборотом;
- технологическое проектирование;
- макетирование;
- проектирование оснастки;
- автоматизация технологической подготовки производства.

В последнее время наблюдается существенное увеличение функциональности САПР, которое приводит к сокращению различий по указанным критериям сравнения. Системы автоматизации проектирования легко адаптируются для выполнения различных работ любой сложности, комплексности, последовательности. Они могут быть небольшими по объему (исполняемая программа не превышает 200-300 Кбайт) или достигать 1 Гбайта. Использование модульного принципа организации работы программ позволяет включать только такие подпрограммы, которые необходимы для решения данной конкретной задачи. Поэтому один и тот же пакет САПР в различных случаях может иметь различные объемы занимаемой памяти, функциональные возможности и даже интерфейс (внешний вид).

Приведенная классификация отражает лишь относительное деление САПР по определенным характеристикам, выражает исторический путь развития продуктов автоматизации процесса проектирования. Например, в настоящее время реверсивное проектирование, включающее промежуточное макетирование объектов, вытесняется сквозным, при котором макет изделия выполняется на последнем этапе средствами технического обеспечения применяемой САПР.

Нивелируются различия между САПР низкого, среднего и верхнего уровней, так как один и тот же пакет может относиться к разным ценовым классам в зависимости от его функциональности. Например, полная версия AutoCAD относится к системам среднего уровня, а его облегченная версия AutoCAD LT – к классу низкого уровня.

2. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ САПР

2.1. Иерархия уровней описания проектируемых объектов

Проектирование представляет собой многоэтапный процесс формирования сложного объекта, который имеет внутреннюю структуру. При автоматизации данного процесса необходимо подготовить детальное описание всех этапов и фаз реализации проекта. Поэтому важно правильно разделить эту задачу на составные части (рис. 2.1).

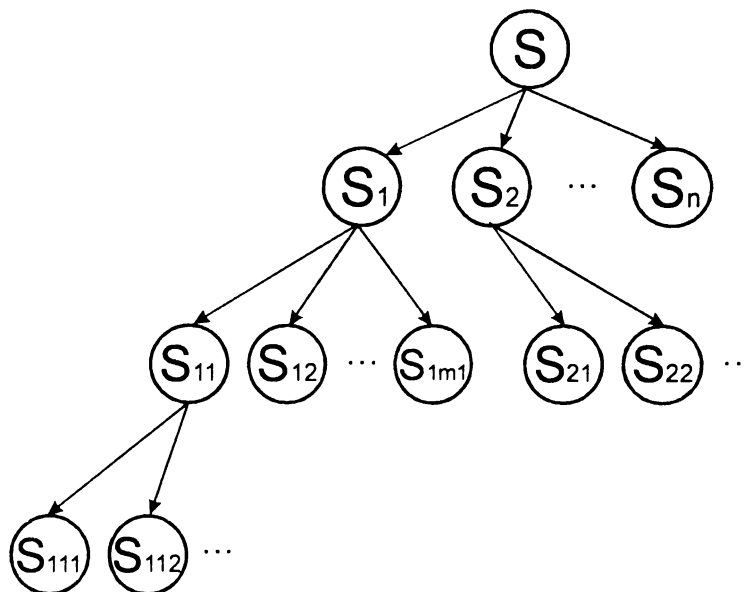


Рис. 2.1. Иерархические уровни описания задачи проектирования

Каждый последующий уровень данной иерархии вычленяет некоторую подзадачу и в дальнейшем акцентирует внимание на ее содержании. Таким образом происходит движение до приемлемого уровня детализации $S_{ijk...x}$, при котором дальнейшее расчленение нецелесообразно или невозможно по причине достижения предельного состояния (неделимый объект, элементарная формула или константа и др.). Полученные элементы $S_{ijk...x}$ на предельном уровне детализации называются **базовыми** по отношению к объекту S .

Следовательно, при разработке детального описания задачи проектирования используется **принцип иерархичности**, определяющий порядок следования и связи отдельных подзадач по различным уровням детализации, и **принцип декомпозиции**, на основе которого производится разбиение (разделение) задачи на блоки с возможностью независимого и более глубокого изучения содержания каждого блока в отдельности.

Следует отметить, что данные принципы построения САПР используются как при автоматизации проектирования, так и при автоматизации расчетов. В последнем случае аналитические или эмпирические формулы разбиваются на последовательности простых зависимостей с сохранением соответствующих связей. При этом выходные расчетные параметры на уровне S_{ijk} являются входными для предыдущего, связанного с ним уровня S_{ij} .

2.2. Аспекты описаний проектируемых объектов

Принципы иерархичности и декомпозиции определяют схему детализации описания свойств объекта, в качестве которых выступают элементы технического оснащения и их параметры. Внимание обращается только на свойства **уровня детализации**. Аспект описаний фиксирует характер этих свойств, т. е. качественную сторону структуры проектируемого объекта. При этом важным становится не их количество (сколько их), а какие они. На этом этапе описания различают функциональный, конструкторский и технологический аспекты.

Функциональный аспект описания проектируемого объекта определяется характером основных процессов и проектных ситуаций, возникающих при разработке данного объекта. Аспект выражается принципиальными схемами и соответствующим документальным оформлением. **Функциональный аспект является базовым**, ключевым при определении

уровня специфичности данного проектного процесса. В частности, при описании некоторого объекта, являющегося элементом транспортной коммуникации, функциональный аспект позволяет подчеркнуть особые фазы и этапы проекта, решение которых является исключительно прерогативой проектировщика.

Конструкторский аспект следует за функциональным, являясь его логическим продолжением. На основе конкретного содержания принципиальных схем формируется их *наглядное геометрическое представление*. Причем результатом может быть не прямое вычерчивание плана автомобильной дороги, а определение общих алгоритмов построения коммуникации с указанием связей отдельных элементов, особенностей проектирования в условиях конкретной ситуации.

Технологический аспект базируется на конструкторском и связывается с описанием методов и средств проектирования данного объекта. Иногда данный аспект может служить аппаратом предварительного анализа полученного проектного решения (рис. 2.2).

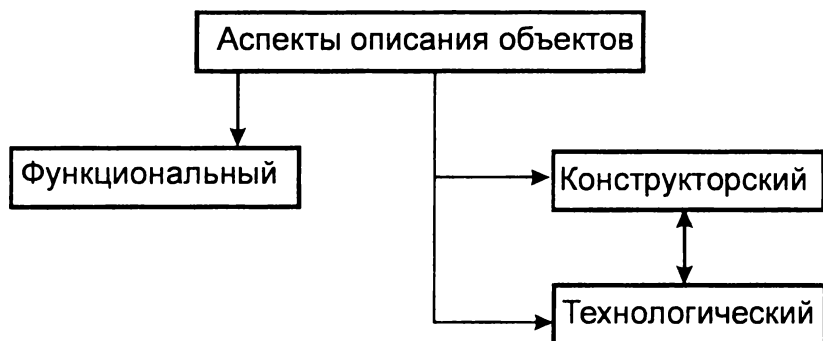


Рис. 2.2. Связь аспектов описаний проектируемых объектов

Технологический аспект описаний можно понимать как *механизм реализации конструкторского* с формированием перечня требований построения схемного решения, так и *последовательность условий функционирования проектируемого объекта*. В последнем случае технологический аспект оказывается задействованным ранее, чем конструкторский в ряду описаний свойств.

2.3. Нисходящее и восходящее проектирование

Если конкретная задача уровня S_{ijk} решается ранее, чем S_{ij} , то проектирование является **восходящим**, в противном случае – **нисходящим**. Например, связанная цепочка подзадач $S \rightarrow S_1 \rightarrow S_{11} \rightarrow S_{111}$ иллюстрирует нисходящее проектирование (рис. 2.1), а $S_{112} \rightarrow S_{11} \rightarrow S_1 \rightarrow S$ – восходящее проектирование. На практике, как правило, используется восходящее проектирование, при котором расчлененные задачи обособленно решаются на каждом иерархическом уровне и связываются определенными входными и выходными данными (рис. 2.3).

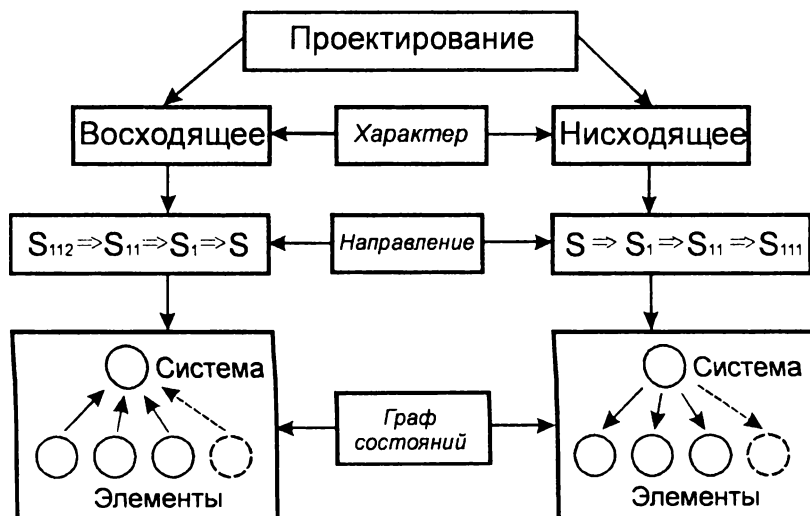


Рис. 2.3. Характеристика восходящего и нисходящего проектирования

При восходящем проектировании элементы формируются раньше системы. Такой подход при создании сложных САПР-продуктов часто оказывается оправданным, так как позволяет формировать открытые (креативные) пакеты, в которые впоследствии можно включить новые элементы на уровне подпрограмм.

Однако при этом состояние общей системы носит *предположительный характер*, принимающий реальные черты только после связи всех элементов нижележащих уровней. Отсутствие исчерпывающей информации о системе в целом на первоначальных этапах описания приводит к *условной модели отражения*, что способно исказить реальный объект проектирования. Поэтому выбор направления проектирования должен осуществляться в каждом конкретном случае, исходя из ограничений времени на проведение всех работ, достигаемой точности результатов, степени автоматизации проектирования и других критериев.

Восходящее проектирование предъявляет повышенные требования к разработке технического задания (ТЗ) на подсистему вышестоящего иерархического уровня (рис. 2.4).

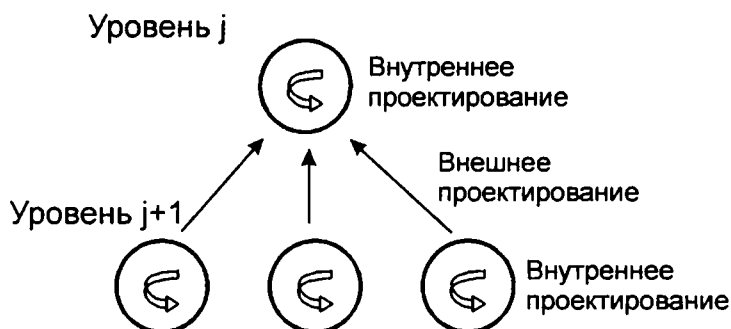


Рис. 2.4. Схема реализации внутреннего и внешнего проектирования

Разработка ТЗ при переходе к уровню j от $j+1$ предполагает выделение данной задачи в самостоятельный этап, связанный с формированием нового модуля более высокой степени сложности. Этот этап называют *внешним проектированием*, в отличие от которого реализация ТЗ на конкретном уровне носит название *внутреннего проектирования*. Внешнее проектирование осуществляется на стадиях связи отдельных модулей после отладки подпрограмм. Внутреннее проектирование более специфично отражает особенности решаемой задачи. В свою очередь, внешнее проектирование базируется на общих принципах взаимодействия программных структур и является инвариантным по отношению к содержанию поставленной проблемы.

3. БАЗОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САПР

Для эффективного использования САПР необходимо обеспечить функционирование разветвленной сети взаимоувязанных элементов структуры человеко-машинного комплекса. Как любая сложная техническая система, САПР должна иметь различные составляющие, которые отвечали бы за надежность, эффективность, качество, модульность и пр. Причем эти составляющие должны выполнять не только им присущие функции, но и обеспечивать взаимодействие и слаженную работу совместно с другими элементами структуры. Такие содержательные компоненты называются **базовым обеспечением САПР**, охватывающим: информационное, математическое, программное, техническое, лингвистическое, методическое и организационное обеспечение.

Общая схема взаимосвязи подсистем базового обеспечения приведена на рис. 3.1.



Рис. 3.1. Содержание подсистем базового обеспечения САПР

Программное, информационное и методическое обеспечение образуют **программно-методический комплекс**, а вместе с техническим – **программно-технический комплекс**.

3.1. Информационное обеспечение

Информационное обеспечение САПР создает платформу для выработки проектных решений. Под **информационным обеспечением** понимается совокупность сведений, представленных в заданной форме, необходимых для автоматизированного проектирования. Информационное обеспечение разделяется на **внешнее и внутреннее** (рис. 3.2).

Внешнее информационное обеспечение включает исходные данные на проектирование, промежуточные и окончательные результаты. Внешнее информационное обеспечение представляет собой базу проектирования. К таким ресурсам относится:

- техническое задание на проект по разработке программного обеспечения САПР;
- регламентирующие документы, определяющие порядок работы творческих групп программистов, проектировщиков и технологов;
- акты и рецензии, фиксирующие уровень завершенности пакета САПР.

Внутреннее информационное обеспечение включает базы данных компонент проектирования и среду управления базами данных (СУБД).



Рис. 3.2. Состав информационного обеспечения САПР

Полнота и достаточность исходных данных являются определяющими факторами для построения адекватной модели. Полнота информации связывается с размерами баз данных, а ее достаточность – с отсутствием избыточности и возможностью корректировки данных и адаптации их к изменяющейся обстановке. Эти два фактора находятся по отношению друг к другу в известном противоречии: чем больше объем базы данных, тем сложнее обеспечить ее динамичность, отслеживая все изменения в реальном масштабе времени. С другой стороны, частая корректировка данных препятствует расширению их объема, так как они организованы в виде сложной структуры отдельных взаимозависимых полей вариантных записей. Дополнение базы должно сопровождаться установлением реляционных связей (отношений) между существующими и новыми данными. Таким образом, по мере расширения базы усложняется схема отождествления и закрепления различных связей отдельных записей.

Появление семантических моделей обогащает базы данных сведениями трудноформализуемого характера, превращаясь в **базы знаний** (рис. 3.3). Базы данных и базы знаний взаимосвязаны и представляют собой различные уровни сложности представления исходной информации, необходимой для формирования проектного решения.

Базы знаний включают в себя не столько сведения количественного характера, сколько отношения объектов друг к другу. Например, при проектировании транспортных коммуникаций часто является критичной информация, относящаяся к практическому опыту проектировщика, не зафиксированная ни в одном нормативном документе. В общем виде такие сведения можно выразить следующим образом: «При условии действия факторов A , технически грамотными оказываются проектные решения, связанные с проектированием объектов M , в позициях X ». Так, замечено, что в городах с высокой плотностью застройки транспортными и городскими коммуникациями при определенных условиях (численности населения города и его подвижности, уровня развития промышленности, плотности городской транспортной сети) в качестве целесообразных вариантов совершенствования транспортного обслуживания необходимо рассматривать схемы выноса крупных транспортных потоков за пределы городской черты (кольцевые дороги). Этот постулат, прописанный в базу (уже знаний, а не данных), позволит САПР генерировать оптимальные решения.

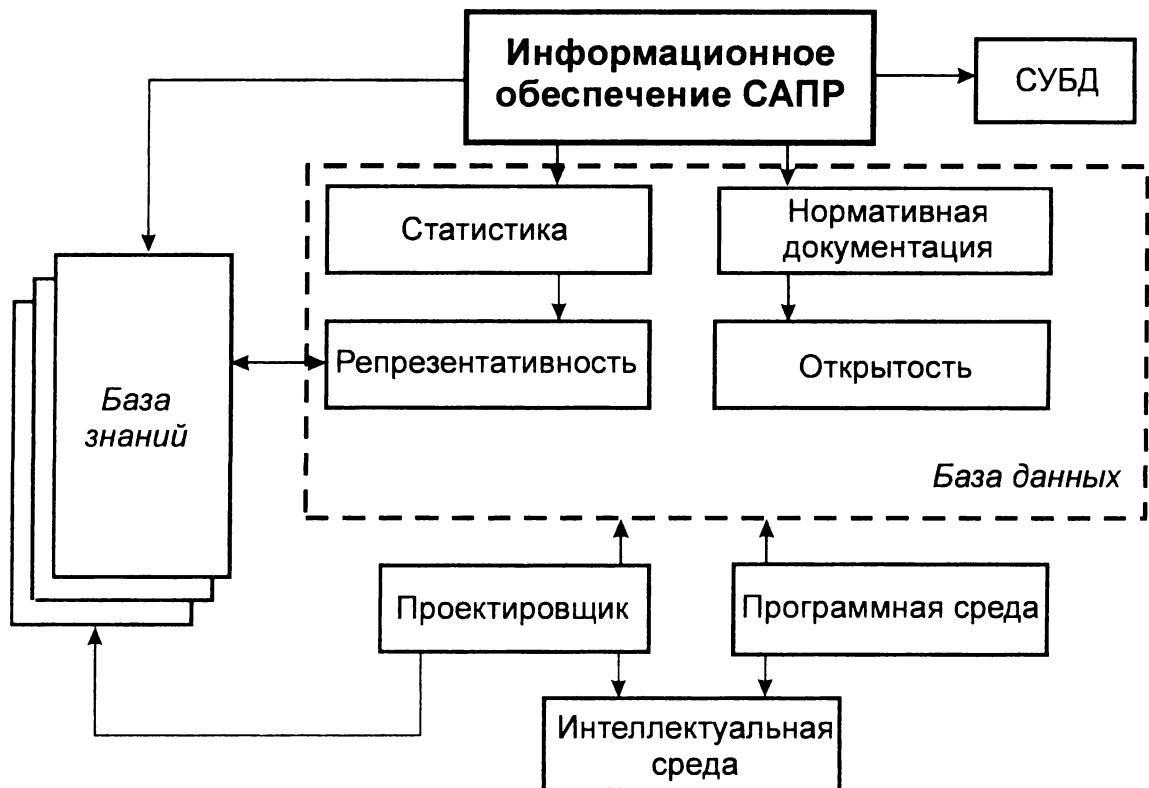


Рис. 3.3. Схема информационного обеспечения САПР

Основным понятием базы знаний является понятие **«отношения»** (предиката). Если база данных охватывает лишь перечислимое множество количественных параметров, то база знаний связывает определенные данные посредством некоторых функций (причем не алгебраического характера). Например, погодные условия определяют состояние автодороги, которая, в свою очередь, накладывает ограничения на скорость движения транспортных средств. Следует заметить, что приведенное утверждение – скорее логичный вывод практической жизни, чем нормативное положение проектирования. Тем не менее, такие сведения весьма важны при расстановке знаков, расчете дорожной одежды и др. Явные количественные данные здесь не используются, и в этом состоит основная трудность их представления в памяти ПЭВМ как элемента электронной базы исходной информации.

Атрибутом формируемых сведений базы знаний является наличие условия, при котором реализуется указанная связь объектов или параметров: процесс B возникает, если наступает ситуация S (например, активизируются факторы A_i). Таким образом, *вероятностная картина происходящего* является еще одной сложностью описания некоторого отношения. Если ситуация S всегда была бы следствием факторов A_i , то легко определить однозначную функциональную связь между S и A_i , используя ее в дальнейшем как аналитическую формулу $S=f(A_i)$.

Базы знаний часто требуют не только констатации факта, но и *всесторонней характеристики* объекта, явления, процесса, раскрытия смысла используемого понятия. Такие сложные совокупности фактов представляются **семантическими сетями**, в которых узлы выступают в качестве фактов, а ребра – связующих отношений. Например, в СНиП 2.05.02-85 «Автомобильные дороги» определено следующее важное положение: «число полос движения на дорогах I категории следует устанавливать в зависимости от интенсивности движения и рельефа местности. При интенсивности движения от 14 до 40 тыс. прив. авт/сут устраивается 4 полосы движения, при 40-80 тыс. прив. авт/сут – 6 полос и при интенсивности более 80 тыс. прив. авт/сут – 8 полос при равнинном и пересеченном рельефе местности. Для горного рельефа эти цифры составляют соответственно – 14-34 тыс., 34-70 тыс. и более 70 тыс. прив. авт/сут. Строительство дорог с многополосной проезжей частью надлежит обосновывать сопоставлением с вариантами сооружения дорог по отдельным направлениям».

Соответствующая семантическая сеть представлена на рис. 3.4.

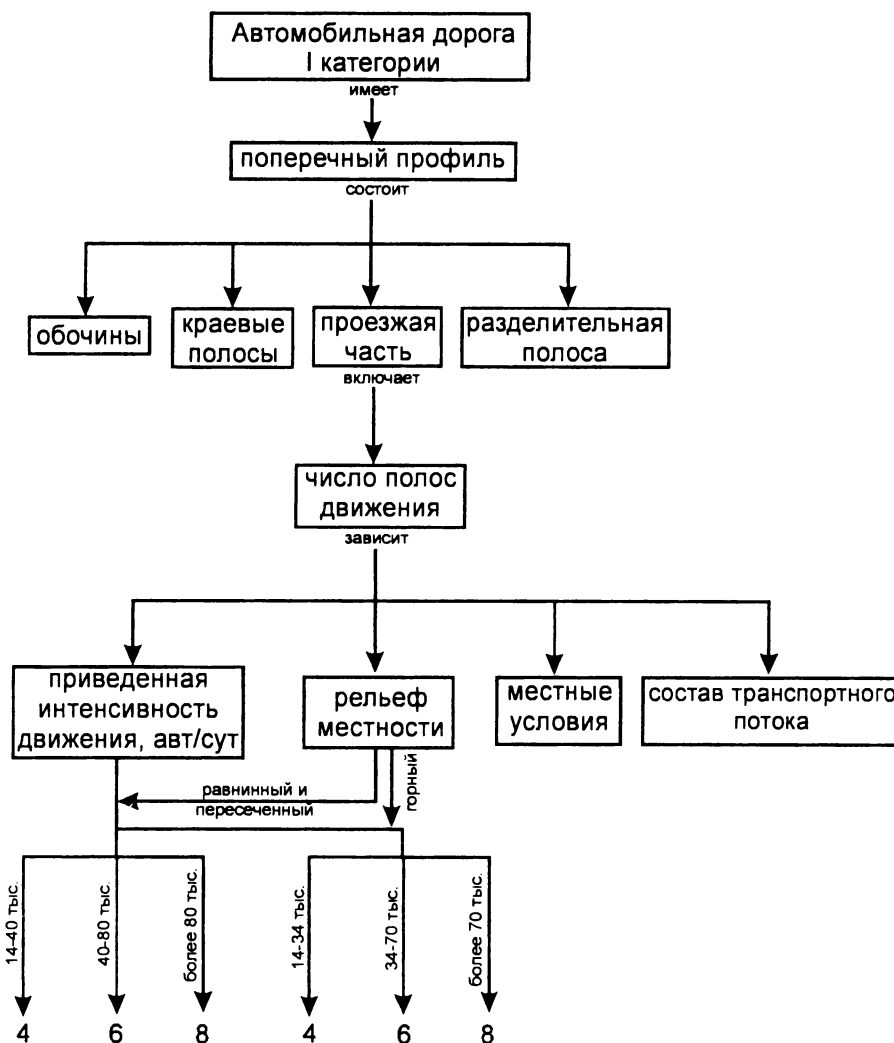


Рис. 3.4. Семантическая сеть базы знаний нормативного положения

Анализ данной семантической сети позволяет прописать в базу знаний важные сведения, информативно насыщенные, имеющие отношение к внутренней, содержательной структуре такого объекта как автомобильная дорога высокой категории.

Семантические сети могут включать в себя вложенные схемы более высокой степени детализации. Так, например, сеть рис. 3.4 имеет иерархически связанные подсети на уровне узлов «местные условия» и «состав транспортного потока», которые определены в данной общей сети условно.

3.2. Программное обеспечение САПР

Программное обеспечение САПР – совокупность программ и программных компонентов, посредством которых происходит преобразование алгоритмов программы пользователя в последовательность команд, понятных ЭВМ.

По назначению программное обеспечение разделяется на общесистемное, базовое и специализированное. **Общесистемное программное обеспечение** является основной подсистемой, определяющей загрузку, мониторинг, поиск информации в базах данных, использование средств формирования графической и текстовой информации, а также выполнения общетехнических расчетов. **Базовое программное обеспечение** включает в себя программно-аппаратный комплекс, контролирующий нормальную работу пакета (идентификация пользователя, противовирусная защита, подключение новых устройств и др.). **Специализированное программное обеспечение** является прикладным и позволяет получать проектные решения в областях знаний узкого профиля. По объему исполняемых и обслуживаемых программных модулей различают программы, пакеты и программные комплексы. По функциональному назначению выделяют программные комплексы: проектирующие, обслуживающие и инструментальные.

3.3. Математическое обеспечение САПР

Математическое обеспечение объединяет модели проектируемых объектов, методы и алгоритмы выполнения процедур (рис. 3.5).

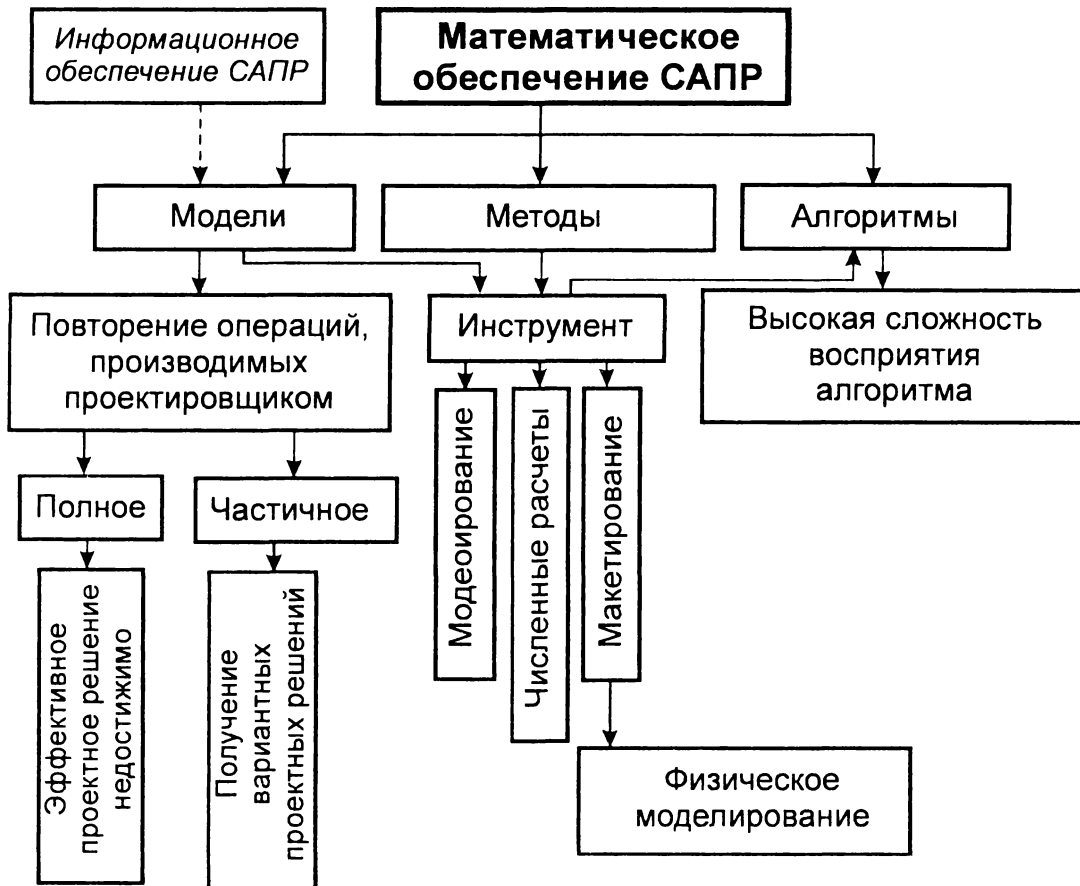


Рис. 3.5. Состав математического обеспечения САПР

К математическим моделям предъявляются требования универсальности, адекватности и экономичности. **Универсальность модели** определяет полноту отображения свойств конкретного реального объекта. Например, функционирование транспортного узла характеризуется целым рядом условий по согласованию пропускной способности участков дорог, наличию дополнительных полос движения и др. Все эти факторы полностью учесть в модели довольно сложно. Поэтому модель будет отражать лишь существенные правила своего поведения. Чем больше таких факторов будет учтено в модели, тем точнее она будет описывать события, происходящие в реальной обстановке, тем чаще можно будет пользоваться данной моделью. **Адекватность** – способность модели отражать заданные свойства объекта с некоторой точностью. **Экономичность** определяется затратами вычислительных ресурсов на реализацию модели.

Для транспортных САПР представляют интерес модели, которые определены в виде явных выражений выходных значений как функций внутренних и внешних параметров: $V=V(U,Z)$, где $V=(V_1, V_2, \dots, V_m)$ – вектор выходных параметров; U, Z – векторы внутренних и внешних параметров.

Как правило, **внутренние параметры** проектируемой системы могут быть определены конкретными значениями или соответствующим интервалом. **Внешние параметры** связывают со случайными факторами, которые являются неуправляемыми.

Весь процесс проектирования может быть имитирован определенной **моделью**, которая в той или иной степени воспроизводит реальный процесс создания объекта или разработки проекта. Математическое моделирование для САПР является важным инструментом реализации проекта в автоматизированном режиме. Различие модельного представления процесса проектирования по степени его детализации определяет микро-, макро- и метаровни моделирования (рис. 3.6).



Рис. 3.6. Классификация моделей по степени детализации описания объекта или процесса

Микроуровень фиксирует обособленную задачу, в которой заданы все исходные данные, а проектирование объекта связывается с расчетом и анализом непрерывных процессов.

Модель макроуровня определяет открытую задачу с заданными начальными условиями, которые могут изменяться в зависимости от проектной ситуации. Кроме начальных условий, поведение моделируемой технической системы или проектного процесса характеризуется с помощью *фазовых переменных*, образующих вектор неизвестных в математической модели. При этом фазовые переменные могут быть разнородными, относящимися к различным этапам моделируемого проектного процесса. Законы функционирования системы при описании ее моделью макроуровня определяются компонентными уравнениями (алгебраическими, обыкновенными дифференциальными, интегральными и др.).

Модели метауровня позволяют описывать объекты и процессы, которые являются предметом исследований теории автоматического управления и теории массового обслуживания. Этот уровень отделяет реальный объект от его математического аналога, и именно последний представляет интерес с точки зрения получения статистики результатов его работы, оценки надежности и пр. Теория массового обслуживания широко используется для решения большого круга задач транспортной тематики. Поэтому разработка САПР с возможностями оценки результативности полученных решений при проектировании дорог позволяет расширить сферу применения таких систем для целей диагностики и контроля над транспортными коммуникациями.

Математические модели, используемые в САПР, относятся либо к функциональным аналитическим (рассматриваемым ранее), либо к алгоритмическим. Последний способ представления модели часто оказывается предпочтительнее, так как после ее разработки практически определена структура соответствующего программного продукта. Алгоритмическая модель с незначительными затратами времени может быть трансформирована в исходный программный код.

3.4. Техническое обеспечение САПР

Техническое обеспечение является инструментальной основой САПР, образующей физическую среду функционирования программной оболочки. Технические средства САПР решают такие задачи, как ввод исходных данных; отображения введенной информации с целью ее корректировки и последующего хранения; документирования проектной информации; оперативного общения проектировщика с системой в процессе решения проектных задач. Состав технического обеспечения САПР приведен на рис. 3.7.

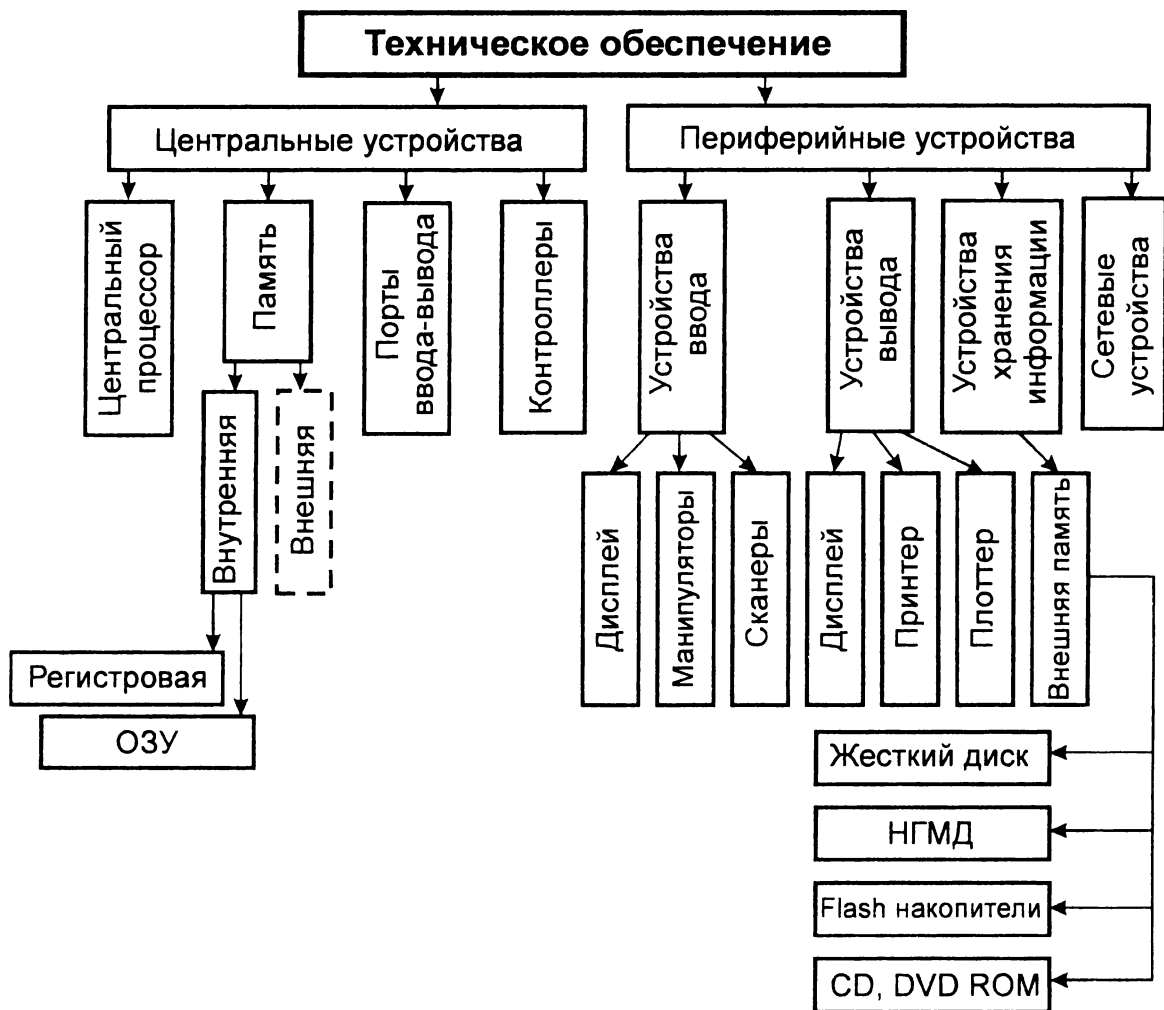


Рис. 3.7. Техническое обеспечение САПР

В своей **практической части** техническое обеспечение САПР-АД сводится к использованию компьютерной техники (персональных компьютеров) и периферийных устройств.

Архитектура компьютера определяется совокупностью ее свойств, существенных для пользователя. Основное внимание при этом уделяется структуре и функциональным возможностям машины, которые можно разделить на основные и дополнительные.

Основные функции определяют назначение ЭВМ: обработка, хранение информации и обмен информацией с внешними объектами. **Дополнительные функции** повышают эффективность выполнения основных функций: обеспечивают эффективные режимы ее работы, диалог с пользователем, высокую надежность и др. Названные функции ЭВМ реализуются с помощью ее компонентов: аппаратных и программных средств.

Структура компьютера – это некоторая модель, устанавливающая состав, порядок и принципы взаимодействия входящих в нее компонентов.

Персональный компьютер – это настольная или переносная ЭВМ, удовлетворяющая требованиям общедоступности и универсальности применения.

Достоинствами ПК являются:

- малая стоимость, находящаяся в пределах доступности для индивидуального покупателя;
- автономность эксплуатации без специальных требований к условиям окружающей среды;
- гибкость архитектуры, обеспечивающая ее адаптивность к разнообразным применениям в сфере управления, науки, образования, в быту;
- «дружелюбность» операционной системы и прочего программного обеспечения, обуславливающая возможность работы с ней пользователя без специальной профессиональной подготовки;
- высокая надежность работы (более 5 тыс. ч наработки на отказ).

3.4.1. Структура персонального компьютера

Конструктивно ПК выполнены в виде **центрального системного блока**, к которому через разъемы подключаются внешние устройства: дополнительные устройства памяти, клавиатура, дисплей, принтер и др.

Системный блок обычно включает в себя системную плату, блок питания, накопители на дисках, разъемы для дополнительных устройств и платы расширения с контроллерами – адаптерами внешних устройств.

На системной плате (часто ее называют материнской платой (MotherBoard)), как правило, размещаются:

- микропроцессор;
- математический сопроцессор;
- генератор тактовых импульсов;
- блоки (микросхемы) ОЗУ и ПЗУ;
- адаптеры клавиатуры, НЖМД и НГМД;
- контроллер прерываний;
- таймер и др.

Структура персонального компьютера применительно к самым распространенным в настоящее время IBM PC подобным компьютерам приведена на рис. 3.8.

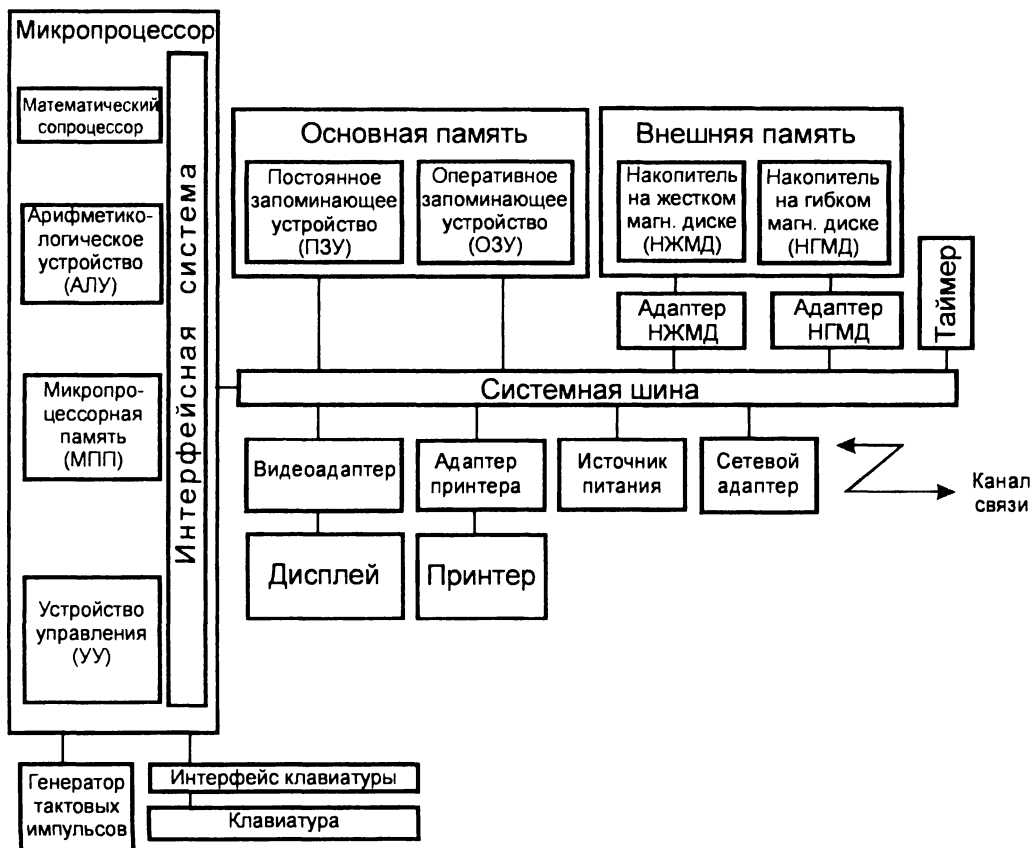


Рис. 3.8. Структурная схема персонального компьютера

Состав и назначение основных блоков ПК:

1. Микропроцессор (МП). Это центральный блок ПК, предназначенный для управления работой всех блоков машины и для выполнения арифметических и логических операций над информацией.

В состав микропроцессора входят:

– **устройство управления (УУ)** – формирует и подает во все блоки машины в нужные моменты времени определенные сигналы управления (управляющие импульсы), обусловленные спецификой выполняемой операции и результатами предыдущих операций; формирует адреса ячеек памяти, используемых выполняемой операцией, и передает эти адреса в соответствующие блоки ЭВМ. Опорную последовательность импульсов УУ получает от генератора тактовых импульсов;

– *арифметико-логическое устройство (АЛУ)* – предназначено для выполнения всех арифметических и логических операций над числовой и символьной информацией (в некоторых моделях ПК для ускорения выполнения операций к АЛУ подключается дополнительный математический сопроцессор);

– *микропроцессорная память (МПП)* – служит для кратковременного хранения, записи и выдачи информации, непосредственно используемой в вычислениях в ближайшие такты работы машины. МПП строится на регистрах и используется для обеспечения высокого быстродействия машины, ибо основная память (ОП) не всегда обеспечивает скорость записи, поиска и считывания информации, необходимую для эффективной работы быстродействующего микропроцессора. *Регистры* – быстродействующие ячейки памяти различной длины (в отличие от ячеек ОП, имеющих стандартную длину 1 байт и более низкое быстродействие);

– *интерфейсная система микропроцессора* – реализует сопряжение и связь с другими устройствами ПК. Включает в себя внутренний интерфейс МП, буферные запоминающие регистры и схемы управления портами ввода-вывода (ПВВ) и системной шиной. *Интерфейс* (interface) – совокупность средств сопряжения и связи устройств компьютера, обеспечивающая их эффективное взаимодействие. *Порт ввода-вывода (I/O ≈ Input/Output port)* – аппаратура сопряжения, позволяющая подключить к микропроцессору другое устройство ПК.

2. Генератор тактовых импульсов генерирует последовательность электрических импульсов. Частота генерируемых импульсов определяет тактовую частоту машины. Промежуток времени между соседними импульсами определяет время одного такта работы машины или просто *такт работы машины*.

Частота генератора тактовых импульсов является одной из основных характеристик персонального компьютера и во многом определяет скорость его работы, ибо каждая операция в машине выполняется за определенное количество тактов.

3. Системная шина. Это основная интерфейсная система компьютера, обеспечивающая сопряжение и связь всех его устройств между собой. Системная шина включает в себя:

– *кодovou шину данных (КШД)*, содержащую провода и схемы сопряжения для параллельной передачи всех разрядов числового кода (машинного слова);

– *кодovou шину адреса (КША)*, включающую провода и схемы сопряжения для параллельной передачи всех разрядов кода адреса ячейки основной памяти или порта ввода-вывода внешнего устройства;

– *кодovou шину инструкций (КШИ)*, содержащую провода и схемы сопряжения для передачи инструкций (управляющих сигналов, импульсов) во все блоки машины;

– *шину питания*, имеющую провода и схемы сопряжения для подключения блоков ПК к системе энергоснабжения.

Системная шина обеспечивает *три направления передачи информации*:

1) между микропроцессором и основной памятью;

2) между микропроцессором и портами ввода-вывода внешних устройств;

3) между основной памятью и портами ввода-вывода внешних устройств (в режиме прямого доступа к памяти).

Все блоки, а точнее их порты ввода-вывода, через соответствующие унифицированные разъемы (стыки) подключаются к шине единообразно: непосредственно или через контроллеры (адаптеры). *Управление системной шиной* осуществляется микропроцессором либо непосредственно, либо, что чаще, через дополнительную микросхему – *контроллер шины*, формирующий основные сигналы управления. Обмен информацией между внешними устройствами и системной шиной выполняется с использованием ASCII-кодов.

4. Основная память (ОП) предназначена для хранения и оперативного обмена информацией с прочими блоками машины. ОП содержит два вида запоминающих устройств: *постоянное запоминающее устройство (ПЗУ)* и *оперативное запоминающее устройство (ОЗУ)*.

ПЗУ служит для хранения неизменяемой (постоянной) программной и справочной информации, позволяет оперативно только считывать хранящуюся в нем информацию (изменить информацию в ПЗУ нельзя).

ОЗУ предназначено для оперативной записи, хранения и считывания информации (программ и данных), непосредственно участвующей в информационно-вычислительном

процессе, выполняемом ПК в текущий период времени. Главными достоинствами оперативной памяти являются ее высокое быстродействие и возможность обращения к каждой ячейке памяти отдельно (прямой адресный доступ к ячейке). В качестве недостатка ОЗУ следует отметить невозможность сохранения информации в ней после выключения питания машины (энергозависимость).

5. Внешняя память относится к внешним устройствам ПК и используется для длительного хранения любой информации, которая может когда-либо потребоваться для решения задач. В частности, во внешней памяти хранится все программное обеспечение компьютера. Внешняя память содержит разнообразные виды запоминающих устройств, но наиболее распространенными, имеющимися практически на любом компьютере, являются накопители на жестких (НЖМД), гибких (НГМД) магнитных дисках, а также устройства на кассетной магнитной ленте (стримеры), накопители на оптических дисках CD-ROM (Compact Disk Read Only Memory), DVD-ROM и др.

Назначение этих накопителей – хранение больших объемов информации, запись и выдача хранимой информации по запросу в оперативное запоминающее устройство. Различаются НЖМД и НГМД лишь конструктивно, объемами хранимой информации и временем поиска, записи и считывания информации.

6. Источник питания содержит системы автономного и сетевого энергоснабжения ПК.

7. Таймер – внутримашинные электронные часы, обеспечивающие при необходимости автоматическое считывание текущего момента времени (год, месяц, часы, минуты, секунды и доли секунд). Таймер подключается к автономному источнику питания – аккумулятору и при отключении машины от сети продолжает работать.

8. Внешние устройства (ВУ). Это важнейшая составная часть любого вычислительного комплекса. Достаточно сказать, что по стоимости ВУ иногда составляют 50-80% всего ПК. От состава и характеристик ВУ во многом зависят возможность и эффективность применения ПК в системах управления.

ВУ ПК обеспечивают взаимодействие машины с окружающей средой; пользователями, объектами управления и другими ЭВМ. ВУ весьма разнообразны и могут быть классифицированы по ряду признаков. Так, **по назначению можно выделить следующие виды ВУ:**

- внешние запоминающие устройства (ВЗУ) или внешняя память ПК;
- диалоговые средства пользователя;
- устройства ввода информации;
- устройства вывода информации;
- средства связи и телекоммуникации.

Диалоговые средства пользователя включают в свой состав видеомониторы (дисплеи), реже пультовые пишущие машинки (принтеры с клавиатурой) и устройства речевого ввода-вывода информации.

Видеомонитор (дисплей) – устройство для отображения вводимой и выводимой из ПК информации.

Устройства речевого ввода-вывода относятся к быстроразвивающимся средствам мультимедиа. Устройства речевого ввода – это различные микрофонные акустические системы, «звуковые мыши», например, со сложным программным обеспечением, позволяющим распознавать произносимые человеком буквы и слова, идентифицировать их и закодировать.

Устройства речевого вывода – это различные синтезаторы звука, выполняющие преобразование цифровых кодов в буквы и слова, воспроизводимые через громкоговорители (динамики) или звуковые колонки, подсоединенные к компьютеру.

К устройствам ввода информации относятся:

– *клавиатура* – устройство для ручного ввода числовой, текстовой и управляющей информации в ПК;

– *графические планшеты (дигитайзеры)* – для ручного ввода графической информации, изображений путем перемещения по планшету специального указателя (пера); при перемещении пера автоматически выполняются считывание координат его местоположения и ввод этих координат в ПК;

– *сканеры (читающие автоматы)* – для автоматического считывания с бумажных носителей и ввода в ПК машинописных текстов, графиков, рисунков, чертежей; в устройстве кодирования сканера в текстовом режиме считанные символы после сравнения с эталонными

контурами специальными программами преобразуются в коды ASCII, а в графическом режиме считанные графики и чертежи преобразуются в последовательности двумерных координат;

- *манипуляторы (устройства указания)*: джойстик, мышь, трекбол, световое перо и др. Предназначены для ввода графической информации на экран дисплея путем управления движением курсора по экрану с последующим кодированием координат курсора и вводом их в ПК;

- *сенсорные экраны* – для ввода отдельных элементов изображения, программ или команд с полиэкрана дисплея в ПК.

К устройствам вывода информации относятся:

- *принтеры* – печатающие устройства для регистрации информации на бумажный носитель;

- *графопостроители (плоттеры)* – для вывода графической информации (графиков, чертежей, рисунков) из ПК на бумажный носитель. Плоттеры бывают векторные с вычерчиванием изображения с помощью пера и растровые: термографические, электростатические, струйные и лазерные. По конструкции плоттеры подразделяются на планшетные и барабанные. Основные характеристики всех плоттеров примерно одинаковые: скорость вычерчивания – 100-1000 мм/с, у лучших моделей возможны цветное изображение и передача полутонов; наибольшая разрешающая способность и четкость изображения у лазерных плоттеров, но они самые дорогие.

Устройства связи и телекоммуникации используются для связи с приборами и другими средствами автоматизации (согласователи интерфейсов, адаптеры, цифро-аналоговые и аналого-цифровые преобразователи и т.п.) и для подключения ПК к каналам связи, к другим ЭВМ и вычислительным сетям (сетевые интерфейсные платы, «стыки», мультиплексоры передачи данных, модемы).

В частности, показанный на рис. 3.8 сетевой адаптер является внешним интерфейсом ПК и служит для подключения его к каналу связи для обмена информацией с другими ЭВМ, для работы в составе вычислительной сети. В глобальных сетях функции сетевого адаптера выполняет модулятор-демодулятор (модем).

Многие из названных выше устройств относятся к условно выделенной группе – средствам мультимедиа.

9. Средства мультимедиа (multimedia) – это комплекс аппаратных и программных средств, позволяющих человеку общаться с компьютером, используя самые разные, естественные для себя среды: звук, видео, графику, тексты, анимацию и др.

К средствам мультимедиа относятся:

- устройства речевого ввода и вывода информации; широко распространенные уже сейчас сканеры (поскольку они позволяют автоматически вводить в компьютер печатные тексты и рисунки);

- высококачественные видео- (video) и звуковые (sound) платы;

- платы видеозахвата (videograbber), снимающие изображение с видеомagneтофона или видеокамеры и вводящие его в ПК;

- высококачественные акустические и видеовоспроизводящие системы с усилителями, звуковыми колонками, большими видеозэкранами;

- внешние запоминающие устройства большой емкости на оптических дисках, часто используемые для записи звуковой и видеоинформации.

Стоимость дисков CD и DVD при их массовом тиражировании невысокая, а учитывая их большую емкость (у DVD до 9Гбайт и выше), высокие надежность и долговечность, стоимость хранения информации на оптических дисках для пользователя оказывается несравнимо меньшей, нежели на магнитных дисках. На оптических дисках организуются обширные базы данных, целые библиотеки; представлены словари, справочники, энциклопедии; обучающие и развивающие программы по общеобразовательным и специальным предметам.

Таким образом, оптический привод DVD(CD)-ROM открывает доступ к огромным объемам разнообразной и по функциональному назначению, и по среде воспроизведения информации, записанной на дисках.

10. Дополнительные схемы. К системной шине и к МП ПК наряду с типовыми внешними устройствами могут быть подключены и некоторые дополнительные платы с интегральными микросхемами, расширяющие и улучшающие функциональные возможности

микропроцессора: математический сопроцессор, контроллер прямого доступа к памяти, сопроцессор ввода-вывода, контроллер прерываний и др.

Математический сопроцессор широко используется для ускоренного выполнения операций над двоичными числами с плавающей запятой, над двоично-кодированными десятичными числами, для вычисления некоторых трансцендентных, в том числе тригонометрических, функций. Математический сопроцессор имеет свою систему команд и работает параллельно (совмещенно во времени) с основным МП, но под управлением последнего. Ускорение операций происходит в десятки раз. Последние модели МП, начиная с МП 80486DX, включают сопроцессор в свою структуру.

Контроллер прямого доступа к памяти освобождает МП от прямого управления накопителями на магнитных дисках, что существенно повышает эффективное быстродействие ПК. Без этого контроллера обмен данными между ВЗУ и ОЗУ осуществляется через регистр МП, а при его наличии данные непосредственно передаются между ВЗУ и ОЗУ, минуя МП.

Сопроцессор ввода-вывода за счет параллельной работы с МП значительно ускоряет выполнение процедур ввода-вывода при обслуживании нескольких внешних устройств (дисплеев, принтер, НЖМД, НГМД и др.); освобождает МП от обработки процедур ввода-вывода, в том числе реализует и режим прямого доступа к памяти.

Важнейшую роль играет в ПК *контроллер прерываний*. *Прерывание* – временная остановка выполнения одной программы в целях оперативного выполнения другой, в данный момент более важной (приоритетной) программы.

Прерывания возникают при работе компьютера постоянно. Достаточно сказать, что все процедуры ввода-вывода информации выполняются по прерываниям, например, прерывания от таймера возникают и обслуживаются контроллером прерываний 18 раз в секунду (естественно, пользователь их не замечает).

Контроллер прерываний обслуживает процедуры прерывания, принимает запрос на прерывание от внешних устройств, определяет уровень приоритета этого запроса и выдает сигнал прерывания в МП. МП, получив этот сигнал, приостанавливает выполнение текущей программы и переходит к выполнению специальной программы обслуживания того прерывания, которое запросило внешнее устройство. После завершения программы обслуживания восстанавливается выполнение прерванной программы. Контроллер прерываний является программируемым.

3.4.2. Внутримашинный системный интерфейс

Внутримашинный системный интерфейс – система связи и сопряжения узлов и блоков ЭВМ между собой. Представляет собой совокупность электрических линий связи (проводов), схем сопряжения с компонентами компьютера, протоколов (алгоритмов) передачи и преобразования сигналов.

Существуют *два варианта организации внутримашинного интерфейса*.

1. *Многосвязный интерфейс*: каждый блок ПК связан с прочими блоками своими локальными проводами. Многосвязный интерфейс применяется, как правило, только в простейших бытовых ПК.

2. *Односвязный интерфейс*: все блоки ПК связаны друг с другом через общую или системную шину.

В подавляющем большинстве современных ПК в качестве системного интерфейса используется *системная шина*. Важнейшими функциональными характеристиками системной шины являются количество обслуживаемых ею устройств и ее пропускная способность, т.е. максимально возможная скорость передачи информации. Пропускная способность шины зависит от ее разрядности (есть шины 8-, 16-, 32- и 64-разрядные) и тактовой частоты, на которой шина работает.

В качестве системной шины в разных ПК использовались и могут использоваться:

- *шины расширений* – шины общего назначения, позволяющие подключать большое число самых разнообразных устройств;

- *локальные шины*, специализирующиеся на обслуживании небольшого количества устройств определенного класса.

Шины расширений представлены следующими:

- ISA (Industry Standard Architecture – архитектура промышленного стандарта) – 16-разрядная шина данных и 24-разрядная шина адреса, рабочая тактовая частота 8 МГц, но может использоваться и МП с тактовой частотой 50 МГц (коэффициент деления увеличен). С появлением 32-разрядных высокоскоростных МП шина ISA стала существенным препятствием увеличения быстродействия ПК и сейчас уже не используется;

- EISA (Extended ISA) – 32-разрядная шина данных и 32-разрядная шина адреса, создана в 1989 г. Адресное пространство шины 4 Гбайта, пропускная способность 33 Мбайт/с. Шина EISA была весьма дорогой и применялась в скоростных ПК, сетевых серверах и рабочих станциях;

- MCA (Micro Channel Architecture) – 32-разрядная шина, созданная фирмой IBM в 1987 г. По своим прочим характеристикам близка к шине EISA, но не совместима ни с ISA, ни с EISA. Поскольку ЭВМ PS/2 не получили широкого распространения, в первую очередь ввиду отсутствия наработанного обилия прикладных программ, шина MCA также практически не использовалась в настольных ПК.

Разработчики интерфейсов пошли по пути создания локальных шин, подключаемых непосредственно к шине МП, работающих на тактовой частоте МП (но не на внутренней рабочей его частоте) и обеспечивающих связь с некоторыми скоростными внешними по отношению к МП устройствами: основной и внешней памятью, видеосистемами и др.

Существуют три основных стандарта универсальных локальных шин:

- шина VLB (VESA Local Bus – локальная шина VESA) – разработана в 1992 г. Ассоциацией стандартов видеооборудования (VESA – Video Electronics Standards Association), поэтому часто ее называют шиной VESA. Шина VLB, по существу, является расширением внутренней шины МП для связи с видеоадаптером и реже с винчестером, платами Multimedia, сетевым адаптером. В современных компьютерах не используется;

- шина PCI (Peripheral Component Interconnect – соединение внешних устройств) – разработана в 1993 г. фирмой Intel. Шина PCI является намного более универсальной, чем VLB, имеет свой адаптер, позволяющий ей настраиваться на работу с любым МП. Она позволяет подключать 10 устройств самой разной конфигурации с возможностью автоконфигурирования, имеет средства управления передачей данных. Разрядность PCI – 32 бита с возможностью расширения до 64 бит, теоретическая пропускная способность 132 Мбайт/с, а в 64-битовом варианте – 263 Мбайт/с (реальная вдвое ниже);

- шина PCI Express (PCI-E, PCI-Ex) разработана в 2004 году – последовательная шина вместо параллельной старой (PCI), с пропускной способностью на канал до 4 Гбайт/с и прекрасными возможностями масштабирования. PCI Express достаточна для применения в качестве любой внутренней системной шины и не будет «тормозить» ни одно современное периферийное устройство. Очевидно, что широкое распространение продуктов с PCI-E – только лишь вопрос времени, и начало процессу было положено летом 2004 года при анонсе линеек чипсетов Intel 915/925 Express и Nvidia NForce 4. Что касается подключения периферии типичных настольных систем (слоты PCIEx1), то для этой цели под Pentium 4 были выпущены новые южные мосты (Intel ICH6 (4 слота), VIA VT8251 (2), SiS965 (2)), а под AMD64 – и северные тоже (ATI Xpress 200 (4), VIA K8T890 (условно 4), NVIDIA nForce4 (условно 4)).

3.4.3. Функциональные характеристики ПК

Основными характеристиками ПК являются.

1. Быстродействие, производительность, тактовая частота. Единицами измерения быстродействия служат:

- МИПС (MIPS – Mega Instruction Per Second) – миллион операций над числами с фиксированной запятой (точкой);

- МФЛОПС (MFLOPS – Mega Floating Operations Per Second) – миллион операций над числами с плавающей запятой (точкой);

- КОПС (KOPS – Kilo Operations Per Second) для низкопроизводительных ЭВМ - тысяча неких усредненных операций над числами;

- ГФЛОПС (GFLOPS – Giga Floating Operations Per Second) – миллиард операций в секунду над числами с плавающей запятой (точкой).

Оценка производительности ЭВМ всегда приблизительная, ибо при этом ориентируются на некоторые усредненные или, наоборот, на конкретные виды операций. Реально при решении различных задач используются и различные наборы операций. Поэтому для характеристики ПК вместо производительности обычно указывают тактовую частоту в МГц (MHz), более объективно определяющую быстродействие машины, так как каждая операция требует для своего выполнения вполне определенного количества тактов. Зная тактовую частоту, можно достаточно точно определить время выполнения любой машинной операции.

2. Разрядность машины и кодовых шин интерфейса. Разрядность – это максимальное количество разрядов двоичного числа, над которым одновременно может выполняться машинная операция, в том числе и операция передачи информации; чем больше разрядность, тем, при прочих равных условиях, будет больше и производительность ПК (32 или 64 bit).

3. Типы системного и локальных интерфейсов. Разные типы интерфейсов обеспечивают разные скорости передачи информации между узлами машины, позволяют подключать разное количество внешних устройств и различные их виды.

4. Емкость оперативной памяти. Емкость оперативной памяти измеряется чаще всего в мегабайтах (Мбайт), реже в килобайтах (Кбайт). 1 Мбайт = 1024 Кбайта = 10242 байт.

Многие современные прикладные программы при оперативной памяти емкостью меньше 128 Мбайт просто не работают либо работают, но очень медленно. Следует иметь в виду, что увеличение емкости основной памяти в 2 раза, помимо всего прочего, дает повышение эффективной производительности ЭВМ при решении сложных задач примерно в 1,7 раза.

5. Емкость накопителя на жестких магнитных дисках (винчестера). Емкость винчестера измеряется обычно гигабайтах (1 Гбайт = 1024 Мбайта).

6. Тип и емкость накопителей на гибких магнитных дисках. Сейчас применяются в основном накопители на гибких магнитных дисках, использующие дискеты диаметром 3,5 дюйма (1 дюйм = 25,4 мм), имеющие стандартную емкость 1,44 Мбайта.

7. Виды и емкость КЭШ-памяти. КЭШ-память – это буферная, не доступная для пользователя быстродействующая память, автоматически используемая компьютером для ускорения операций с информацией, хранящейся в более медленно действующих запоминающих устройствах. Например, для ускорения операций с основной памятью организуется регистровая КЭШ-память первого и второго уровня. Для ускорения операций с дисковой памятью организуется КЭШ-память на ячейках электронной памяти.

Следует иметь в виду, что наличие КЭШ-памяти емкостью 256 Кбайт увеличивает производительность ПК примерно на 20%.

8. Тип видеомонитора (дисплея) и видеоадаптера.

9. Тип принтера.

10. Имеющееся программное обеспечение и вид операционной системы.

11. Аппаратная и программная совместимость с другими типами ЭВМ. Аппаратная и программная совместимость с другими типами ЭВМ означает возможность использования на компьютере соответственно тех же технических элементов и программного обеспечения, что и на других типах машин.

12. Возможность работы в вычислительной сети.

13. Возможность работы в многозадачном режиме. Многозадачный режим позволяет выполнять вычисления одновременно по нескольким программам (многопрограммный режим) или для нескольких пользователей (многопользовательский режим). Совмещение во времени работы нескольких устройств машины, возможное в таком режиме, позволяет значительно увеличить эффективное быстродействие ЭВМ.

14. Надежность – это способность системы выполнять полностью и правильно все заданные ей функции. Надежность ПК измеряется обычно средним временем наработки на отказ.

15. Стоимость.

3.4.4. Центральный процессор

Центральные устройства технического обеспечения САПР охватывают необходимый перечень инструментального оснащения, обуславливающего функционирование соответ-

вующего программного обеспечения с гарантированным получением проектного решения. **Ключевым элементом** технического обеспечения САПР и центральных устройств ЭВМ является **процессор (ЦП, CPU)**, выполняющий программы различного назначения (см. п. 3.2). Для комфортной работы в среде автоматизированного проектирования необходимо использовать мощные процессоры, способные обрабатывать большой поток данных за незначительное время. Мощные компьютерные системы, работающие на основе операционных систем HP-UX, Sun Solaris, Windows NT 4.0, Digital UNIX, SGI, AIX и других, способны выполнять сложнейшие задачи по проектированию системы объектов, состоящих из сотен тысяч и миллионов компонентов.

Пожалуй, центральный процессор – один из элементов ПК, которые быстрее всего совершенствуются из года в год. На сегодняшний день основными производителями процессоров являются **Intel** и **AMD**. Тем не менее, производителей процессоров (хоть и не таких именитых), конечно же, гораздо больше, вспомним **Cyrix** и их чип **Cyrix III** с ядром **Samuel 2**, а также **Transmeta** с их x86-совместимым процессором **Crusoe**.

На заре компьютерной эры в начале 70-х годов прошлого века множество компаний разрабатывали свои собственные процессоры. **Motorola** и **Sun**, например, имели чип 68000, использовавшийся в ранних системах **Macintosh**, а также **SunSPARC** для **Sun**. Однако будущее все же было за x86-совместимым процессорам.

3.4.4.1. Процессоры Intel

Первый чип 8086 был создан в 1978 году компанией **Intel**, имел частоты 4,77, 8 и 10MHz (частота современных калькуляторов). Изготавливался по 3 мкм технологии и имел внутренний 16 битный дизайн.

Чуть позже, в том же 1978 году был разработан **чип 8088**, который имел те же частоты, что и 8086. Использовался в ранних системах **IBM PC**. Далее последовал **80186**, который был не очень известен из-за своей несовместимости с ранними системами **IBM PC**.

80286 объявлен в 1982 году. Имел частоты 6, 8, 10 и 12MHz, производился по 1,5 мкм техпроцессу и содержал около 130000 транзисторов. Данный чип имел полную 16 битную поддержку. Также с его появлением появилось такое понятие, как **protected mode**. Производительность чипа по сравнению с 8086 увеличилась в несколько раз (0,99-2,6 млн. операций в секунду).

Первый 32-разрядный процессор 80386 появился в 1985 году. Производился по 1 мкм техпроцессу. Были выпущены следующие модели:

- 386DX (октябрь 1985) с частотой 16, 20, 25 и 33MHz;
- 386SX – упрощенный 386DX с 16-ти битной шиной. Частота 16, 20, 25, 33MHz;
- 386SL (октябрь 1990) – мобильная версия 386-го процессора. Частота 20 и 25MHz.

80486 явился продолжением линейки x86-совместимых процессоров. Как и в случае с 80386, имеется несколько моделей данного процессора:

- 486DX (апрель 1989) – имеет встроенный блок вычислений с «плавающей запятой» (сопроцессор, **FPU**). Частота 25, 33 и 50MHz;
- 486SL (ноябрь 1992) – версия 486DX с расширенными возможностями – контроллер шины **ISA**, **DRAM** контроллер, контроллер локальной шины. Частота 25 и 33MHz, процесс производства – 0.8 мкм;
- 486SX – несколько упрощенный вариант 486DX, не имеющий **FPU**. Первые 486SX были ничем иным, как 486DX, с бракованным не прошедшим тестирование **FPU**. Процесс производства – 0,8 мкм, 1,1 млн. транзисторов;
- 486DX2 – версия 486DX с удвоенной частотой – 50 и 66MHz;
- 486SX2 – как и в случае с 486DX2, SX2 – тот же 486SX, но с частотой 50MHz;
- 486DX4 (март 1994) – версия 486DX с утроенной частотой – 75 и 100MHz. Первый в истории x86 процессоров чип, имевший кэш первого уровня (**L1**), объемом 16Кб. Производился по 0,6 мкм технологии.

Первые **Pentium** с ядром **P5** были выпущены в марте 1993 года и имели частоту 60 и 66MHz. **Pentium** – первый суперскалярный процессор **Intel** (два вычислительных конвейера). Второе поколение **Pentium** (ядро **P54**, рис. 3.9) работали на частоте от 75 до 200MHz. **Pentium MMX** (**P55**) – версия **Pentium** с дополнительными мультимедиа-инструкциями. Частота 166, 200, 233MHz. Производился по 0,35 мкм процессу, 4,5 млн. транзисторов, разъем – **Socket 7** (321 контакт).

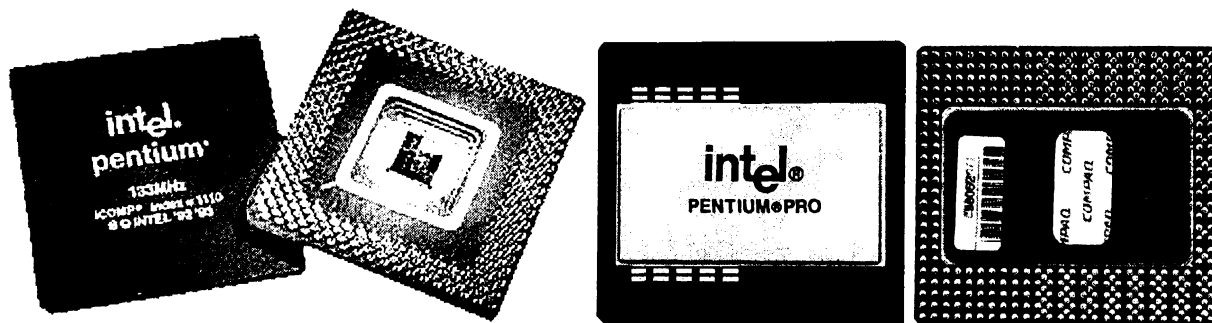


Рис. 3.9. Внешний вид процессоров Intel Pentium (слева) и Pentium Pro (справа)

Pentium Pro (P6) – версия Pentium для серверов и рабочих станций (рис. 3.8). Имеет объединенный в корпусе кэш второго уровня (L2) объемом 256Кб, в 1997 году появилась версия с 1Мб кэша. При 32 битных вычислениях и многозадачности значительно превосходил по производительности Pentium, но в 16 битных приложениях проигрывал ему. Частота 150, 166, 180, 200MHz. Процесс производства – 0,35 мкм (150MHz модель – 0,6 мкм), конструктив – Socket 8 (387 pin).

Первые процессоры **Pentium II** появились в 1997 году. Выпускался в конструктиве Slot 1 (рис. 3.10), что естественно потребовало замены старых системных плат. Частота – 233, 266, 300, 333, 350, 400, 450MHz. Частота системной шины первых моделей составляла 66MHz, более поздних – 100MHz. Процесс производства – 0,35 мкм (233, 266, 300MHz модели), 0,25 мкм (все остальные). Для своего времени данный процессор обеспечивал потрясающую производительность, при солидной цене, конечно же. Также имеется мобильная версия данного процессора – **Pentium II PE**.

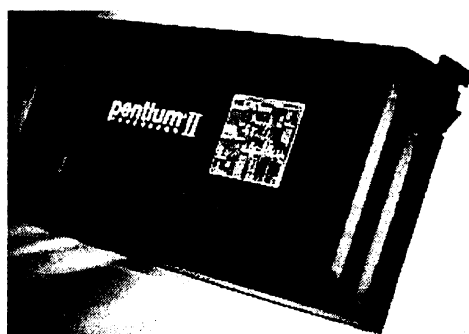


Рис. 3.10. Внешний вид процессора Pentium II

В 1998 году был выпущен **Pentium II Xeon**, предназначавшийся для рабочих станций и серверов. По сравнению с оригинальным Pentium II значительно увеличен объем кэша.

В этом же году был выпущен **Celeron** – недорогой вариант Pentium II (рис.3.11). Основные отличия – 66MHz системная шина, первые модели с частотой 266 и 300MHz не имели кэша L2. Позднее появились 300MHz модели с кэшем L2 – Celeron 300A. До 2000 г. выпускались модели с 66MHz FSB, но потом появилась 800MHz модель с 100MHz системной шиной (ядро Coppermine128).

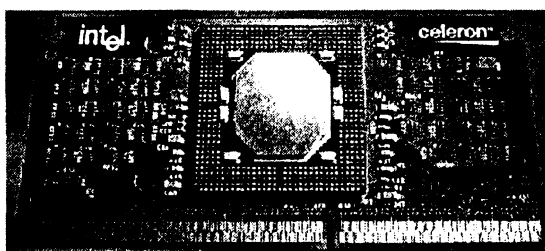


Рис. 3.11. Внешний вид процессора Celeron (Slot 1)

Первые **Pentium III** мало чем отличались от мощных 450MHz Pentium II – та же системная шина с частотой 100MHz, та же тактовая частота, разве что добавлены дополнительные 70 инструкций. Но со временем различия все больше увеличивались – значительно возросла тактовая частота (до 1GHz), конструктив изменен на FC-PGA (рис. 3.12). Частота

системной шины – 100 и 133MHz. Процесс производства – 0,18 мкм (первые чипы выпускались по 0,25 мкм). Частота – от 450MHz до 1,4GHz.



Рис. 3.12. Внешний вид процессора Pentium III (Socket 370)

Последним и самым мощным однопроводным процессором Intel является **Pentium 4**. Данный процессор имеет частоту от 1,3 до 3,8GHz, а также системную шину, работающую на частоте 400MHz (4x100MHz). На сегодняшний день имеется несколько версий P4:

- P4 на конструктиве Socket 423, ядро Willamette, 180 нм, частота 1,3 – 2,0Ghz (рис. 3.13);
- P4 «Е» Socket 478 – ядра Willamette, Northwood, Prestonia, Prescott, 180-90 нм, частота 1,4 – 3,8GHz, поддержка 64-бит EM64T;
- P4 «Е» и P4 EE Socket LGA 775 – ядра Gallatin (серверный вариант), Prescott, Prescott2M, Cedar Mill, 130 – 65 нм, частота 2,5 – 3,8GHz, EM64T.

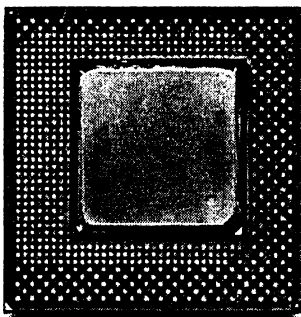


Рис. 3.13. Внешний вид процессора Pentium 4 (Socket 478)

Также на базе P4 выпускаются процессоры **Celeron D**, которые отличаются меньшим объемом кэша и пониженной тактовой частотой и мобильные процессоры **Centrino**.

Выпуск **двухъядерных процессоров Intel Pentium D и Intel Pentium EE** (ядро Smithfield, частоты 2x2800MHz – 2x3200MHz) с технологией 64 бит EM64T войдет в историю как революция процессорной архитектуры. Классический критерий производительности в виде мегагерцев был заменен параллелизмом, когда два ядра в одном чипе позволяют увеличить производительность, поделив между собой нагрузку.

Но путь к параллелизму весьма длинный, поскольку программное обеспечение пока что отстает. Многие приложения не оптимизированы и не могут получить преимущество от двух- или многоядерных окружений (конечно, мы не имеем в виду многопроцессорные платформы). Чтобы использовать несколько процессоров, программное обеспечение должно разбиваться на несколько параллельных потоков. Такой подход позволяет распределить нагрузки по всем доступным вычислительным ядрам, снижая время вычислений сильнее, чем это можно было сделать с помощью одной тактовой частоты. Впрочем, большинство программ сегодня не умеют использовать возможности двухъядерных или многоядерных чипов.

В 2005 году Intel стала маркировать свои процессоры с использованием номера модели без указания тактовой частоты, например, Pentium 4 «Е» 570 работает на тактовой частоте 3,8GHz, а Pentium 4 «Е» 571 при такой же тактовой частоте поддерживает дополнительные наборы инструкций EIST (Enhanced Intel Speed Step), XD (Execute Disable Bit), EM64T

(Enhanced Memory 64-bit technology). Такая же ситуация и с процессорами Celeron, имеются версии Celeron D 345J (3066MHz) и Celeron D 346 (3066MHz), которые отличаются наличием у моделей без буквы J набора инструкций EM64T.

В 2006 году Intel отказалась от названия Pentium и перешла на маркировку своих процессоров как **CoreSolo** (одноядерные) и **CoreDuo** (двухядерные).

3.4.4.2. Процессоры AMD

Долгое время процессоры **AMD** не имели такой популярности, как чипы Intel, но история этой компании не менее впечатлительна, чем, скажем, история той же Intel. AMD выбрала иное направление, нежели Intel – выпуск недорогих продуктов. Интересно, но изначально AMD производила процессоры для Intel, и только потом решила продавать свои собственные.

В 1982 году был объявлен один из первых процессоров AMD, названный **286A**. При частоте 12 и 16MHz чип не представлял собой ничего необычного, но имел несколько интересных особенностей, таких как эмуляцию *EMS*, а также способность выхода из «protected mode», которой не имели 286'е процессоры Intel.

Следующим шагом был **386 процессор**, DX и SX модели, но данный чип ничем не выделялся на фоне конкурентов. Затем последовал довольно посредственный **486 процессор**, имевший частоты 66, 80 и 100 и 120MHz (рис. 3.14).

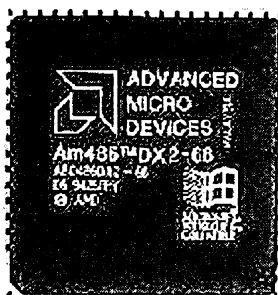


Рис. 3.14. Внешний вид процессора AMD DX2-66

Следующим большим анонсом AMD стал **процессор 5x86**. Чип работал на частоте 133MHz, имел 33MHz системную шину, а также несколько довольно интересных особенностей, например интегрированный «power management». Этот процессор стал последним и самым мощным 486 процессором.

В начале 1996 года появился **процессор K5 (5K86)**, который имел конструктив Socket 5 (320 контактов), то есть мог вставляться в те же материнские платы, что и процессоры Intel Pentium. Частота от 75 до 166MHz обеспечивала посредственную производительность. Уже к концу того же 1996 года был выпущен **процессор K6** (кодовое название Little Foot) (рис. 3.15) с частотой от 166 до 300 MHz (Socket 5). Чип имел технологию MMX и вполне мог составить конкуренцию Pentium MMX при значительно более низкой цене.

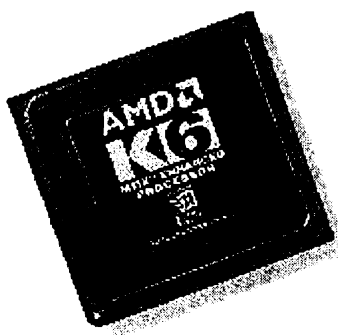


Рис. 3.15. Внешний вид процессора AMD K-6 (Socket 5, Little Foot)

В 1998 году анонсирован **K6-2** (Socket 7, Chompers) с увеличенной частотой (от 233 до 550MHz). Данный процессор обеспечивал солидную производительность при невысокой цене. Одной из интересных особенностей данного процессора стало наличие технологии 3DNow! Для некоторых игр (например, для Quake 2) были выпущены патчи, обеспечиваю-

щие поддержку 3DNow!, что довольно серьезно увеличивало скорость. Однако вскоре разработчики программного обеспечения потеряли интерес к этой технологии.

Вскоре появился **K6-III** (Socket 7, Sharptooth, рис. 3.16), который отличался от K6-2 лишь наличием кэша второго уровня (128-256Кб). Также в 1998 году были выпущены **K6-2/3+** – мобильные версии процессоров K6-2/3 с пониженным энергопотреблением и тепловыделением (рис. 3.16).

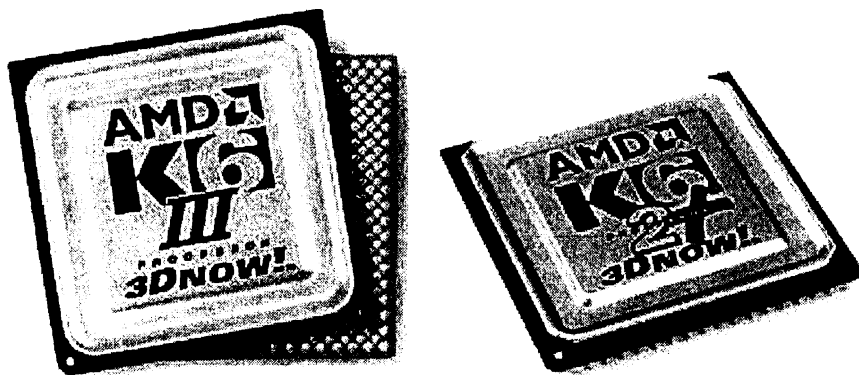


Рис. 3.16. Внешний вид процессоров AMD K6-III и AMD K6-2+ (Socket 7, 321 pin)

Процессор **AMD Athlon**, был анонсирован в 1999 году. Одна из важных особенностей Athlon (как и его урезанной версии – Duron) – системная шина EV6, работающая на частоте 100MHz DDR, что дает эффективных 200MHz. Первые модели с ядром **K7** (Pluto) имели частоту от 500 до 700MHz и производились по 0,25 мкм техпроцессу, из-за чего сильно грелись. Они имели конструктив Slot A. Следующим шагом стало ядро **K75** (Orion), производившееся уже по 0,18 мкм процессу. Процессоры с этим ядром также имели конструктив Slot A, частоту от 750 до 1000MHz. По сравнению с K7 техпроцесс стал более тонким и изменился делитель кэша L2 – 2/5 или 1/3 вместо 1/2 у K7. Это связано с тем, что с увеличением тактовой частоты микросхемы кэша были не способны работать при старом делителе.

В следующем ядре – **Thunderbird «В»**, имеющим интерфейс Socket A (рис. 3.17), данная проблема решена очень просто – теперь кэш расположен в ядре и работает на его частоте. Потом появились процессоры Athlon с ядром **Thunderbird «С»**, имеющие не 100MHz, а 133MHz системную шину. Частота Athlon с ядром Thunderbird составляет от 650MHz до 1,4GHz.

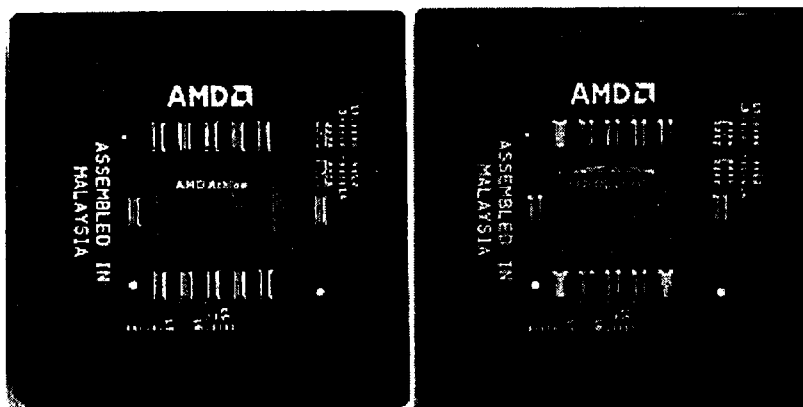


Рис. 3.17. Внешний вид процессоров AMD Athlon (слева) и AMD Duron (справа) (Socket A, 462 pin)

В 2000 году появился недорогой вариант Athlon – **Duron** (рис. 3.17), основанный на ядре Spitfire. В принципе, единственное отличие Duron от Athlon состоит в уменьшенном объеме кэша L2 – 64Кб вместо 256Кб. В тестах же, Duron отстает от Athlon с эквивалентной частотой примерно на 10% при значительно более низкой цене. Первые Duron имели частоту 600MHz, затем выросшую до 1300MHz для ядра Morgan и до 1800MHz для Applebred.

Дальнейшим развитием Athlon стал выпуск **Athlon XP** (Socket A) на ядрах Palomino, Thoroughbred «А», Thoroughbred «В», Barton и Thorton, которые отличались тактовой частотой, частотой внешней шины и размером L2 кэша.

В 2001 году AMD начала применять методику маркировки своих процессоров с указанием Pentium рейтинга (PR), а не реальной частоты процессора. Например, процессор Athlon XP 2100+ имел тактовую частоту 1733Mhz. В 2004 году на замену Duron пришла торговая марка **Sempron**. Конструктив Socket A продержался довольно долго и только в начале 2005 года процессоры Athlon XP были окончательно сняты с производства.

В 2004 году AMD был выпущен процессор **Athlon 64**, отличавшийся от предыдущих Athlon наличием встроенного контроллера памяти (северный мост: AMD Hammer IMC), наличием поддержки 64-битных приложений (x86-64) и поддержкой технологии **Cool'n'Quiet**.

Анализируя суммарный список современных процессоров AMD можно отметить, что компания практически полностью перешла к использованию новой архитектуры, называвшейся **Clawhammer/Sledgehammer**, или **x86-64**. За редким исключением эта архитектура используется даже для выпуска самых бюджетных процессоров. И даже в этом секторе можно заметить все больше и больше процессоров класса x86-64, у которых по тем или иным причинам отключен ряд функций этой архитектуры. В классе наиболее производительных процессорных решений AMD все чаще можно встретить 2-ядерные решения, которых со временем будет становиться все больше и больше.

С точки зрения производственных возможностей AMD можно отметить, что в 2005 году компания уверенно освоила нормы 90 нм техпроцесса с применением технологии SOI (Silicon-on-Insulator). Предыдущий 0,13 мкм техпроцесс с применением SOI также будет некоторое время вполне актуален, однако постепенный запуск производственных линий новой фабрики Fab 36 и последующее переоборудование «старой» фабрики Fab 30 сведут производство 0,13 мкм чипов к минимуму уже в 2006 году.

Процессоры серий **Opteron** (рис. 3.18) позиционируются компанией AMD прежде всего в качестве элементов серверных систем, хотя, некоторые серии – главным образом, экономичные, рассчитаны на применение в различных встраиваемых решениях. Основным идентификатором процессоров AMD Opteron служит 3-значный цифровой номер, где первая цифра означает максимальную масштабируемость систем, в которых он может применяться:

- серия 100 – однопроцессорные серверы и рабочие станции;
- серия 200 – серверы и рабочие станции с числом процессоров до двух;
- серия 800 – серверы и рабочие станции с числом процессоров до восьми.

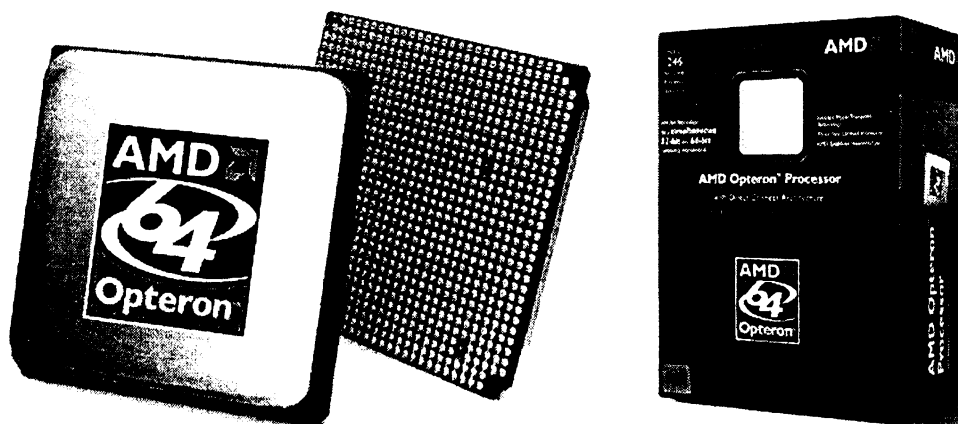


Рис. 3.18. Внешний вид процессора AMD Opteron (Socket 940) (слева) и его BOX вариант (справа)

Последние две цифры маркировки означают относительный рейтинг производительности процессора. Относительный в данном случае означает только позиционирование внутри серии, то есть, например, процессор AMD Opteron 244 производительнее относительно AMD Opteron 242. Двухзначные рейтинги 2-ядерных (Dual-Core) процессоров AMD Opteron начинаются с 165, 265 и 865, с дальнейшим инкрементом 5.

Процессоры **AMD Athlon 64 FX** созданы на базе технологии AMD64 (рис. 3.19), которая поддерживает выполнение 64-разрядных приложений и оборудована механизмом усовершенствованной антивирусной защиты (Enhanced Virus Protection) при поддержке операционной системы. Процессоры AMD Athlon 64 FX имеют минимальные отличия от своих серверных собратьев AMD Opteron.

Архитектура процессора AMD Athlon™ 64 FX

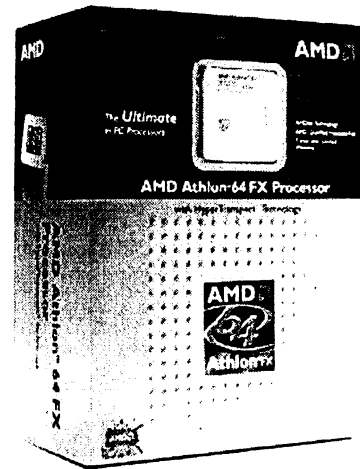
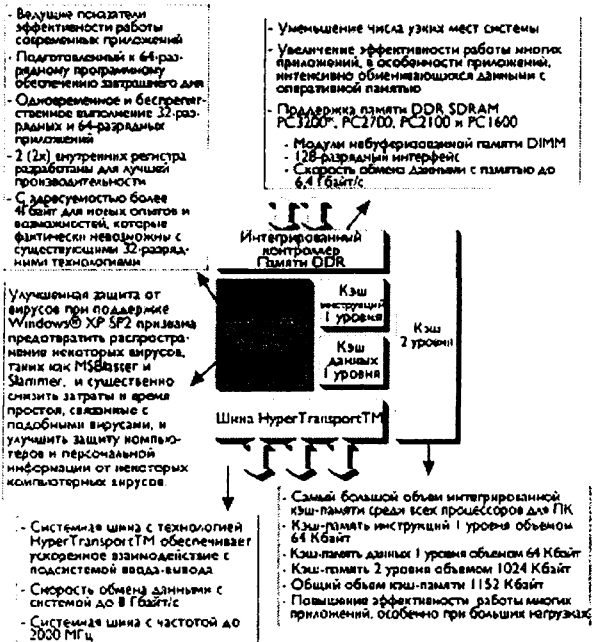


Рис. 3.19. Архитектура процессора AMD Athlon 64 FX (слева) и его BOX вариант (справа)

Наиболее современный процессор серии – **Athlon 64 FX-57**, выполнен на базе ядра с рабочим названием San Diego и представляет собой поколение процессорной архитектуры AMD, выпускаемое с соблюдением норм 90 нм с применением SOI. Отличие ядра San Diego от Venice заключается в 1 Мб и 512 Кб кэша L2 соответственно.

Среди возможностей процессора Athlon 64 FX-57 – улучшенный контроллер памяти с поддержкой модулей различной емкости в двухканальном режиме, возможность использования двусторонних модулей памяти без снижения скорости, а также поддержка инструкций SSE3. Процессор Athlon 64 FX-57 поддерживает номинальное напряжение питания ядра 1,4В. За счет применения нового техпроцесса достигнуто увеличение тактовой частоты на 200 МГц – до 2,80 ГГц, без изменения TDP (Thermal Design Power), оставшегося на уровне FX-55, то есть, 104 Вт.

В настоящее время компания AMD выпускает великое множество разнообразных моделей процессоров **Athlon 64** (рис. 3.20), с разными ядрами, разными тактовыми частотами, разными объемами кэша L2, различающимися версиями встроенного контроллера памяти, под разные процессорные разъемы. В нынешней линейке Athlon 64 можно насчитать по три-четыре версии чипов с одной и той же тактовой частотой. На самом деле стоит помнить, что современные процессоры Athlon 64 являются усовершенствованными чипами с архитектурой AMD64, оснащенные поддержкой инструкций SSE3, изготавливаемые с соблюдением норм 90 нм техпроцесса и использованием технологии SOI (Silicon-on-Insulator).

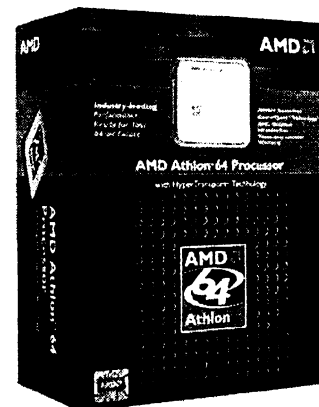
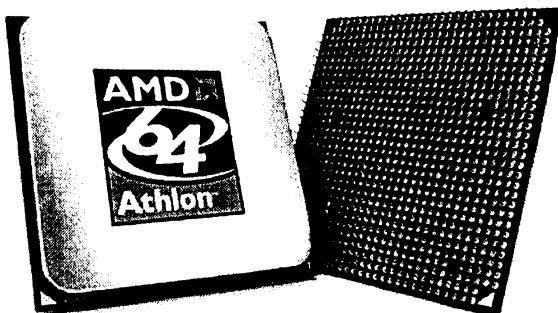


Рис. 3.20. Внешний вид процессора AMD Athlon 64 (Socket 939) (слева) и его BOX вариант (справа)

Нынешние процессоры Athlon 64 выпускаются под процессорные разъемы **Socket 754** или **Socket 939**, имеют интегрированный контроллер памяти с поддержкой DDR400, работают с шиной HyperTransport 800 МГц или 1000 МГц (табл. 3.1).

Таблица 3.1. Классификация процессоров Athlon 64

Процессор	Тактовая частота	HT/FSB	Объем L2	Тех.процесс	2-к. память	64-бит	Бит NX	Экономия	Socket
Athlon 64 4000+	2,40 ГГц	1 ГГц	1 Мб	90 нм / 0,13 мкм SOI	+	+	+	Cool'n'Quiet	939
Athlon 64 3800+	2,40 ГГц		512 Кб						
Athlon 64 3700+	2,20 ГГц		1 Мб	90 нм SOI					
	2,40 ГГц	800 МГц	1 Мб	0,13 мкм SOI	-				754
Athlon 64 3500+	2,20 ГГц	1 ГГц	512 Кб	90 нм / 0,13 мкм SOI	+				939
Athlon 64 3400+	2,40 ГГц	800 МГц	512 Кб	0,13 мкм SOI	-				754
	2,20 ГГц		1 Мб		-				
Athlon 64 3200+	2 ГГц	1 ГГц	512 Кб	90 нм SOI	+				939
	2,20 ГГц	800 МГц	512 Кб	0,13 мкм SOI	-				754
	2 ГГц		1 Мб		-				
Athlon 64 3000+	1,80 ГГц	1 ГГц	512 Кб	90 нм SOI	+				939
	2 ГГц	800 МГц	512 Кб	0,13 мкм SOI	-				754
Athlon 64 2800+	1,80 ГГц		512 Кб		-				

Нынешние двухядерные процессоры **Athlon 64 X2** ранее были известны под рабочим названием **Toledo**. По аналогии с новыми 90 нм чипами Athlon 64 (ядро Venice), процессоры с ядром Toledo являются обновлением линейки Athlon 64 с приличными изменениями вроде применения 90 нм техпроцесса с использованием технологии SOI и поддержкой инструкций SSE3. Несмотря на отдаленное сходство внутренней 2-ядерной архитектуры процессоров серии Athlon 64 X2 с 2-ядерными чипами Pentium XE / Pentium D, версия AMD Toledo отличается едиными, распределенными на два ядра контроллером памяти и единым контроллером шины Hyper Transport (рис. 3.21).

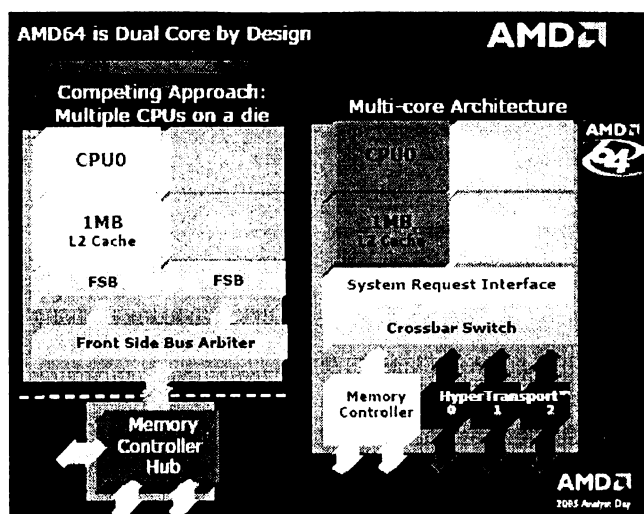


Рис. 3.21. Архитектура двухядерных процессоров (Intel – слева, AMD – справа)

Взаимодействие двух ядер с распределенными шинами осуществляется с помощью распределителя шин – Crossbar Switch, исполняющего функции, аналогичные арбитру шины в 2-ядерных процессорах Intel.

Значительным плюсом процессоров AMD Athlon 64 X2 является возможность работать на любой плате под процессоры Socket 939, например, под Athlon 64 FX, с соответствующей прошивкой BIOS. Процессоры Athlon 64 X2 состоят из 233 млн. транзисторов, обладают ядром суммарной площадью 199 мм², поддерживают набор инструкций SSE3 и оснащены усовершенствованным контроллером памяти (табл. 3.2)

Таблица 3.2. Классификация процессоров Athlon 64 X2

Процессор	Тактовая частота	HT/FSB	Объем L2	Тех. процесс	2-к. память	64-бит	Бит NX	Экономия	Socket
Athlon 64 X2 4800+	2,40 ГГц	1 ГГц	1 Мб x 2	90 нм SOI	+	+	+	Cool'n'Quiet	939
Athlon 64 X2 4600+	2,40 ГГц		512 Кб x 2						
Athlon 64 X2 4400+	2,20 ГГц		1 Мб x 2						
Athlon 64 X2 4200+	2,20 ГГц		512 Кб x 2						
Athlon 64 X2 3800+	2 ГГц								

Самая обширная линейка нынешних процессоров AMD, реализованная на базе нескольких поколений архитектур, в трех форм-факторах – это массовые чипы **Sempron**. С одной стороны, среди чипов Sempron под Socket A проглядывают «уши» старого доброго ядра Barton, с другой, в некоторых версиях под Socket 754 и особенно под Socket 939, имеется множество возможностей самых современных ядер AMD, как, например, поддержка 64-битных вычислений, инструкций SSE3 или улучшенный контроллер памяти – все как у «старших». Как обычно, чипы Sempron для массового рынка обладают меньшим объемом кэша L2 – 128КБ или 256КБ. Напомним, что торговая марка Sempron изначально была ориентирована на массовый рынок бюджетных процессоров. Вытеснив собой бренд Duron, бюджетные процессоры Sempron вместили в себя Socket A процессоры Athlon XP, и затем – все бюджетные варианты чипов под Socket 754 с урезанным кэшем L2 (рис. 3.22)

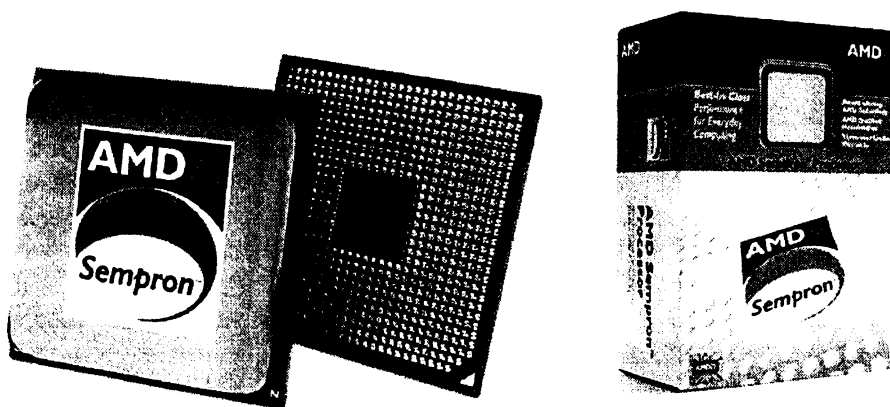


Рис. 3.22. Внешний вид процессора AMD Sempron (Socket 754) (слева) и его BOX вариант (справа)

В 2005 году в категории AMD Sempron также появились версии процессоров под Socket 939 с «облегченным» объемом кэша L2. Стоит подчеркнуть, что рейтинговая система процессоров Sempron действует только внутри этого семейства и не имеет каких-либо аналогий с PR-рейтингами других серий (табл. 3.3.).

Таблица 3.3. Классификация процессоров Sempron

Процессор	Тактовая частота	HT/FSB	Объем L2	Тех. процесс	2-к. па- мять	64- бит	Бит NX	Экономия	Socket
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sempron Socket 939									
Sempron 3400+	2 ГГц	800 МГц	128 Кб	90 нм SOI	—	+	+	Cool'n'Quiet	939
Sempron 3200+	1,80 ГГц		256 Кб	90 нм /		+ / - *			
Sempron 3000+	1,80 ГГц		128 Кб	0,13 мкм SOI					
Sempron Socket 754									
Sempron 3400+	2 ГГц	800 МГц	256 Кб	90 нм SOI	—	+	+	Cool'n'Quiet	754
Sempron 3300+	2 ГГц		128 Кб			+ / - *		Cool'n'Quiet	
Sempron 3100+	1,80 ГГц		256 Кб	90 нм / 0,13 мкм SOI					
Sempron 3000+	1,80 ГГц		128 Кб	90 нм SOI		-		-	
Sempron 2800+	1,60 ГГц		256 Кб						
Sempron 2600+	1,60 ГГц		128 Кб						
Sempron 2500+	1,40 ГГц		256 Кб						

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sempron Socket A									
Sempron 3000+	2 ГГц	333 МГц FSB	512 Кб	0,13 мкм	(чипсет)	-	-	-	A
Sempron 2800+	2 ГГц		256 Кб						
Sempron 2600+	1,833 ГГц								
Sempron 2500+	1,750 ГГц								
Sempron 2400+	1,667 ГГц								
Sempron 2300+	1,583 ГГц								
Sempron 2200+	1,5 ГГц								

Примечание: * – в зависимости от степпинга

Мобильная технология **AMD Turion 64** создана и оптимизирована для применения в составе современных тонких и легких ноутбуков. Для процессоров этой серии характерна поддержка технологии **AMD PowerNow!**, увеличивающая время автономной работы от аккумуляторов и уменьшающая тепловыделение. Процессоры AMD Turion 64 сертифицируются на совместимость с беспроводными стандартами IEEE802.11a/b/g, а также Bluetooth.

Процессоры AMD Turion 64 также поддерживают технологию **3DNow! Professional**, наборы инструкций SSE2 и SSE3. Чипы AMD Turion 64 обладают 64Кб кэша инструкций и 64Кб кэша данных L1, 1Мб или 512Кб кэша L2, поддерживают полнодуплексную шину HyperTransport с частотой до 1600 МГц.

Встроенный контроллер памяти DDR (МСТ) обладает 64-разрядным интерфейсом плюс 8 разрядов ECC и поддерживает модули памяти SO-DIMM PC3200, PC2700, PC2100 или PC1600. Интегрированный контроллер памяти обладает 128-разрядной шиной.

Процессоры AMD Turion 64 производятся с соблюдением норм 90 нм техпроцесса с применением технологии SOI, исполняются в 754-контактном корпусе micro-PGA с нормированной тепловой мощностью порядка 25 Вт или 35 Вт.

Для номеров моделей процессоров AMD Turion 64 используется новое буквенно-цифровое обозначение, которое упрощает принятие решений о приобретении мобильных компьютеров конечными пользователями благодаря понятному обозначению как относительной производительности процессора, так и фактора мобильности, определяемого потребляемой мощностью, возможностью устанавливать в легкие и тонкие мобильные компьютеры, а также длительностью автономной работы для данного семейства процессоров. На рис. 3.23 показан пример маркировки моделей процессоров AMD Turion 64.

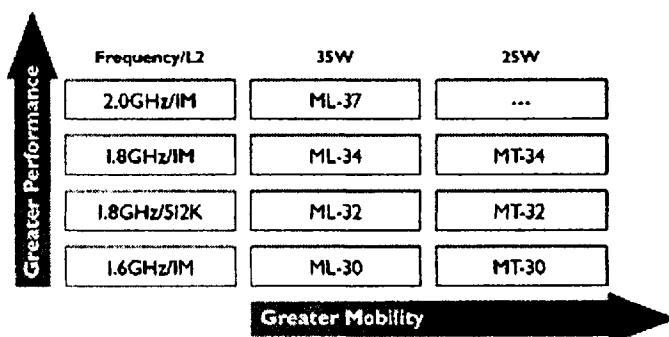


Рис. 3.23. Маркировка процессоров AMD Turion 64

Буквенно-цифровые номера процессоров состоят из 2 букв, за которыми следуют цифры. Буквы обозначают класс процессора; вторая буква обозначает фактор мобильности, A – наименьший, Z – наибольший. Например, относительный фактор мобильности модели с номером MT-xx выше, чем фактор мобильности модели ML-xx. Числа указывают относительную производительность процессора в соответствующем классе процессоров. Чем больше номер, тем более высокой является производительность процессора. Например, общая производительность модели MT-34 выше, чем производительность модели MT-32. Реальные частоты работы составляют от 1,60 ГГц у модели MT-28 (512Кб кэша L2) до 2,2ГГц у модели ML-40 (1Мб кэша L2). Потребляемая мощность колеблется от 25Вт у MT-28 до 35Вт у ML-40.

Также существуют процессоры **AMD Athlon 64 DTR** (рис. 3.24) для ноутбуков класса замены настольного ПК (DTR, Desktop Replacement), которые предлагают производительность и все преимущества полноценных процессоров AMD Athlon 64, обладая при этом улучшенной технологией управления энергопотреблением – AMD PowerNow!

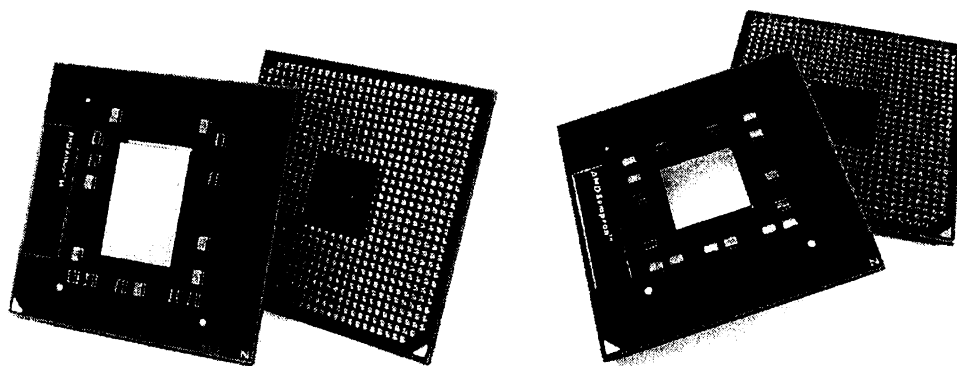


Рис. 3.24. Внешний вид процессоров AMD Athlon 64 DTR (Socket 754) (слева) и Mobile AMD Sempron (справа)

Процессоры **Mobile AMD Sempron** (рис. 3.24) применяются в недорогих мобильных ПК и характеризуются полным набором возможностей чипов Mobile AMD Athlon 64, включая технологию AMD PowerNow! Разве что кэш-память L2 у них меньше – 128 Кб или 256 Кб.

Чипы Mobile AMD Sempron производятся с применением норм 90 нм техпроцесса с SOI, выпускаются в 754-контактном корпусе microPGA без крышки, с проектной тепловой мощностью 25 Вт.

В настоящее время вполне оформившейся **проблемой** можно назвать отсутствие поддержки процессорами AMD, особенно, для настольных ПК, памяти стандарта **DDR2**. Пока память DDR2 была медленной, дорогой, с завышенными таймингами, ее практическое внедрение практически отсутствовало. Однако теперь отсутствие поддержки DDR2 становится проблемой.

В 2006 году компания AMD начала переход к поддержке новыми процессорами Athlon 64 в новом 940-контактном оформлении Socket AM2 памяти DDR2. Поскольку контроллер памяти встроен в процессор, реализация поддержки DDR2 чипами Socket AM2 не подразумевает нужды в появлении каких-либо особых версий чипсетов под новую платформу. Наряду с этим в AMD намерены учитывать возможный переход в 2007 году на использование следующего поколения памяти – DDR-3, равно как и второе поколение стандарта PCI Express.

Процессоры под новый разъем **Socket AM2**, именуемые Revision F, обладают всеми свойствами ныне поставляемых чипов степпинга E, однако обладают оптимизированным термодизайном. Для сравнения: типичный чип Athlon 64 степпинга E с ядром San Diego потребляет ток порядка 80А и обладает TDP 90Вт. Новые процессоры степпинга F будут потреблять до 95А, однако, TDP этих чипов останется примерно тем же. Увы, TDP некоторых процессорных линеек все же вырастет. Так, для Athlon 64 FX AM2 максимальный TDP вырастет до 125 Вт, типичный TDP 2-ядерных чипов (Windsor) составит 110Вт, одноядерных – 104Вт.

Поставки первых Socket AM2 процессоров с официальной поддержкой DDR2 и своей собственной версии технологии виртуализации Pacifica (примерно то же, что VT у Intel), равно как и технологии безопасности Presidio (LaGrange у Intel) будут весьма актуальны в 2006 году, когда обещано появление нового поколения операционной системы **Microsoft Vista** в версии с поддержкой Pacifica и Presidio. Вместе с чипсетами от третьих компаний, системы на новых процессорах будут обеспечивать аппаратную поддержку RAID 5, Serial ATA-2, Serial SCSI и аппаратную разгрузку TCP/IP.

Относительно **новых мобильных процессоров AMD**, которые ожидаются в 2006 году, можно отметить линейку 2-ядерных чипов с TDP порядка 35Вт и 62Вт.

Производство чипов AMD осуществляется на фабриках Fab 30 и Fab 36, на 300мм пластинах с соблюдением норм 90 нм техпроцесса, применением медных проводников и технологии SOI (Silicon-on-Insulator). В AMD пока не заостряют внимание на возможных сроках пе-

рехода на 65 нм нормы, но можно рассчитывать, что это произойдет в течение ближайшего времени благодаря современному оборудованию Fab 36.

3.4.5. Материнские платы и наборы системной логики (чипсеты)

Среди различных компонентов современного персонального компьютера есть один, занимающий особое положение, во многом определяя как технические характеристики системы, так и ее способность к модернизации (и, соответственно, к сохранению денежных вложений). Речь идет о **материнской плате** (Motherboard) компьютера. Именно она является связующим звеном между всеми остальными компонентами, и поэтому от ее правильного выбора зависит, сможет ли компьютер отвечать современным требованиям в течение минимум нескольких лет, или устареет еще в момент сборки.

Номенклатура материнских плат чрезвычайно разнообразна, но может быть разделена на **три основные группы по назначению**:

- материнские платы для серверов (в том числе для многопроцессорных серверов);
- материнские платы для мультимедиа-компьютеров (в том числе игровых);
- материнские платы для офисных рабочих станций.

Материнские платы для серверов (даже однопроцессорные) имеют свои характерные особенности – такие, как поддержка памяти с ECC, большое количество слотов PCI, ориентация только на серверные процессоры Intel (Xeon) или AMD (Opteron), часто на этих платах встречаются встроенные контроллеры SCSI и сетевые адаптеры. Их архитектурные решения бывают достаточно экзотическими и существенно отличающимися друг от друга в зависимости от производителя материнской платы.

Материнские платы для мультимедиа-компьютеров обычно имеют широкий набор тонких настроек BIOS (основной системы ввода-вывода), большое количество слотов PCI и основаны на самых современных чипсетах.

Материнские платы для офисных рабочих станций основаны на интегрированных решениях (встроенные звуковые, сетевые и видеокарты) и имеют наименьшую стоимость из всех перечисленных.

Процессоры фирмы Intel и процессоры фирмы AMD используют электрически разные интерфейсы и геометрически разные соединители, что автоматически означает разбиение материнских плат на две большие несовместимые группы по типу процессорного разъема. Кроме того, процессоры AMD и Intel имеют существенно различные характеристики и неэквивалентны друг другу – что затрудняет сравнение между собой материнских плат для них.

Все материнские платы основаны на **наборах системной логики (чипсетах)**, основными производителями которых являются: AMD, ATI, Intel, nVidia, SiS и VIA. Основными компонентами чипсета являются «северный мост», который отвечает за работу процессора с графическим адаптером (видеокартой) и оперативной памятью и «южный мост», основные функции которого – это взаимодействие с «северным мостом» и обеспечение поддержки таких устройств, как USB порты, звуковые адаптеры, жесткие диски и оптические приводы, сетевые адаптеры и контроль шины PCI. В зависимости от производителя чипсета эти функции могут несколько отличаться (рис. 3.25).

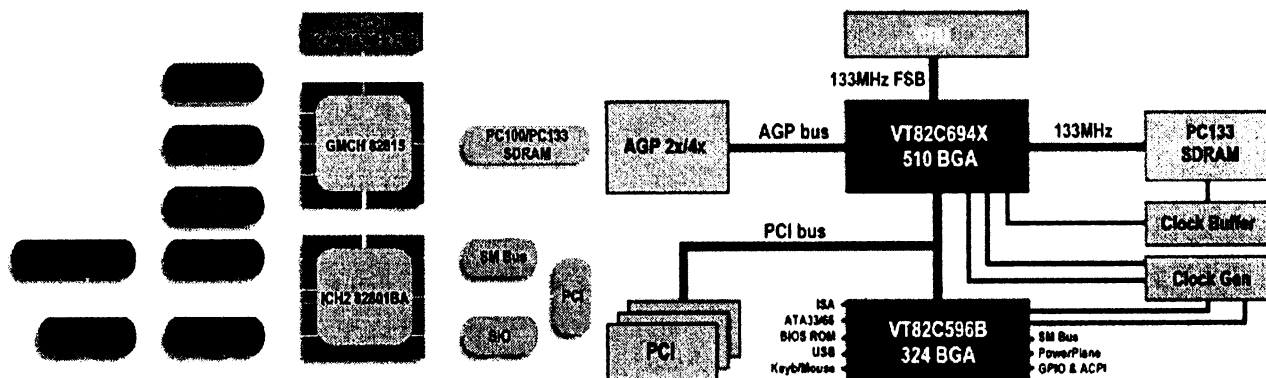


Рис. 3.25. Основная функциональность чипсета Intel i815 (слева) и VIA Apollo Pro 133A (справа)

На сегодняшний день самые мощные центральные процессоры корпорации Intel для настольных компьютеров – это Pentium 4 на основе ядра Prescott. Модели с тактовой частотой до 3,4 ГГц выпускаются в двух модификациях: для старого разъема *Socket 478* и для нового *Socket 775*. Процессоры с тактовыми частотами свыше 3,4 ГГц производятся лишь в новом корпусе LGA775. Бюджетные процессоры Celeron D также построены на ядре Prescott и устанавливаются в те же материнские платы.

Особняком стоят процессоры Pentium 4 Extreme Edition (XE), рассчитанные на самых требовательных к производительности пользователей. Эти модели построены на серверной модификации ядра Northwood – ядре Gallatin. Отличительные особенности этих чипов – системная шина 1066 МГц и наличие кэш-памяти третьего уровня объемом 2 Мбайта. Тем не менее, эти чипы заслуживают упоминания, поскольку они, как и Prescott, выпускаются в корпусе LGA775 и могут устанавливаться на некоторые материнские платы для «обычных» Pentium 4. Эта возможность обязательно оговаривается в спецификации системной платы.

Материнские платы для процессоров Prescott, в большинстве случаев, построены на основе наборов системной логики производства самой корпорации Intel. Формально компания SiS также представила наборы микросхем для этих чипов, однако, по всей видимости, пока они выпускаются ограниченными партиями. Чипсеты PT880 Pro, PT894 и PT894 Pro фирмы VIA были анонсированы в конце января 2005 года, а модели на чипсете ATI RX330 пока только начали появляться в продаже. Иными словами, реальный выбор пока можно сделать только из плат на базе **наборов микросхем Intel**.

Intel выпускает бюджетный чипсет **910GL**, массовые чипсеты **915G**, **915GV** и модификации для высокопроизводительных систем **925X** и **925XE (945P и 955X)**. Все эти наборы логики комплектуются южными мостами **ICH6** или **ICH6R**, которые отличаются реализованной в последнем технологии Intel Matrix Storage. Эта технология позволяет объединить достоинства RAID-массивов уровней 0 и 1: быстродействие двухдисковой системы повышается почти как в массиве уровня 0, но при этом данные дублируются на обоих винчестерах как в массиве уровня 1. Микросхема ICH6 имеет встроенный четырехканальный контроллер Serial ATA, восьмиканальный звуковой контроллер Intel High Definition Audio, поддерживает 6 слотов PCI, до четырех слотов PCI Express x1 и до восьми портов USB 2.0. Южный мост подключается к северному по шине Direct Media Interface с пропускной способностью до 2 Гбайт/с.

Чипсет 910GL со встроенным графическим ядром GMA 900 ориентирован на бюджетный процессоры Celeron D: он поддерживает системную шину 533 МГц, двухканальную оперативную память DDR 400 объемом до 2 Гбайт и не имеет контроллера PCI Express x16 для подключения видеокарты.

Модель 915GV со встроенным видео GMA 900 поддерживает чипы с системной шиной 800 МГц, двухканальную оперативную память DDR400 и DDR2 533 объемом до 4 Гбайт. Контроллер PCI Express x16 здесь также отсутствует. Набор логики 915G со встроенным видео отличается от 915GV поддержкой PCI Express x16, прочие их характеристики идентичны. Модель 915P не имеет встроенного графического контроллера.

Флагманские чипсеты 925X и 925XE работают только с оперативной памятью DDR2 объемом до 4 Гбайт, снабжены контроллерами PCI Express x16 и отличаются одним: 925XE поддерживает процессоры Pentium 4 XE с системной шиной 1066 МГц.

Класс материнской платы и ее оснащение во многом определяется именно набором системной логики, на основе которого построена та или иная модель. Самые простые и недорогие платы, пригодные, скорее, для офисного использования, чем для сборки домашней машины, основаны на чипсете 910GL. Платы среднего класса используют чипсеты семейства 915, а самые дорогие модели – на наборах логики серии 925. При выборе платы на 925-х чипсетах следует иметь в виду, что они работают исключительно с оперативной памятью DDR2, которая, в среднем, процентов на 30 дороже «обычной» DDR. К тому же с этими платами не получится использовать уже имеющиеся модули памяти DDR.

Модели материнских плат бывают самых различных **забаритов**: как полноразмерные платы, так и уменьшенные модификации, предназначенные для установки в компактных корпусах. Как правило, (впрочем, есть и исключения), среди уменьшенных плат сложно найти модель на базе самых высокопроизводительных чипсетов, однако среди них много плат среднего класса, немногим уступающих по оснащению полноразмерным «собратям». Стоит

лишь помнить о том, что число слотов расширения у уменьшенных плат заметно меньше, чем у «обычных».

Гарантию стабильной работы и высокой производительности могут обеспечить лишь **платы известных производителей**. Конечно, не слишком крупные фирмы тоже выпускают качественные платы, однако рисковать своими средствами и испытывать удачу с производителями «по-наме» настоятельно не рекомендуется. Производители, которым можно доверять – это, прежде всего, Asus, Gigabyte, MSI, Abit, Evox и, разумеется, Intel (рис. 3.26). Среди прочих известных компаний можно назвать Albatron, AOpen, ECS, Iwill и Soltek. К продукции под другими марками следует относиться с осторожностью.

AMD Athlon 64 – новейший процессор компании AMD, который сейчас активно завоевывает рынок. Естественно, без новых чипсетов процессор не остался. Предлагая свои решения, первыми стали конкуренты **VIA** и **nVidia**. Через несколько месяцев к конкурентной борьбе подключились **ATI**, **ALI** и **SIS**. И, благодаря этому, мы сейчас имеем выбор между разными компаниями, предлагающими новейшие платформы для 64-разрядных процессоров (табл. 3.4).

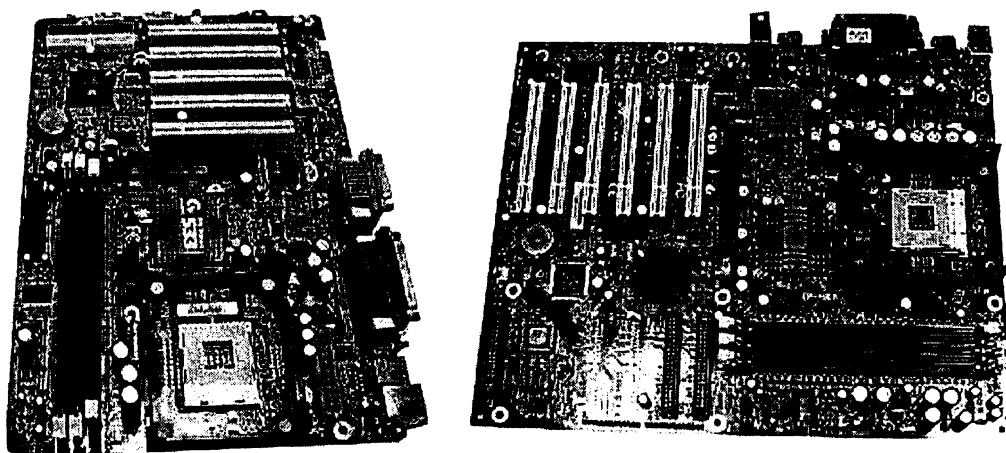


Рис. 3.26. Внешний вид материнских плат Gigabyte GA 8SR533 (слева) и Evox 4BEA (справа)

Табл. 3.4. Основные современные чипсеты для процессоров AMD Athlon 64 (Socket 939)

Чипсет: северный мост	VIA K8T890	NVIDIA nForce4/Ultra	SiS756	ATI Radeon Xpress 200
Поддержка процессоров	AMD Athlon 64, Athlon 64 FX, Opteron, Sempron			
Частота и разрядность шины HT до процессора	1ГГц, 16/16 бит	1ГГц, 16/16 бит	1ГГц, 16/8 бит	1ГГц, 16/16 бит
Максимальный объем ОЗУ	определяется процессором			
Графический интерфейс	PCI E x16			
Интегрированная графика	–	–	–	Radeon X300
Связь с южным мостом	Ultra V-Link, 1ГБ/с	–	MuTIO/L 1G, 1ГБ/с	PCI E, 1ГБ/с
Чипсет: южный мост	VIA VT82516	NVIDIA nForce4 Ultra/SLI	SiS965	IXP400
Количество слотов PCI E	2x1	3x1	2x1	–
Количество слотов PCI	до 6	до 6	до 6	до 7
Parallel ATA (IDE)	2x2 ATA133	2x2 ATA133 (RAID 0, 1)	2x2 ATA133	2x2 ATA133
Serial ATA	4 порта SATA II (3Гбит/с) RAID 0, 1	4 порта SATA II (3Гбит/с) RAID 0, 1	4 порта RAID 0, 1, 0+1	4 порта RAID 0, 1
USB	8 портов	10 портов	8 портов	8 портов
Звук	HDA или интерфейс AC'97, до 8 каналов	интерфейс AC'97, до 8 каналов	интерфейс AC'97, до 8 каналов	интерфейс AC'97, до 8 каналов
Сетевой контроллер	10/100 Мбит/с (MAC)	10/100/1000 Мбит/с (MAC)	10/100/1000 Мбит/с (MAC)	–

В процессорах AMD Athlon 64 с целью увеличения быстродействия «северный мост» перенесен в ядро процессора. Сегодня существует два конструктива процессора Athlon 64 / Sempron – Socket 754 и Socket 939. При этом основное их отличие – это двухканальность работы DDR памяти у последнего. Для обеспечения этого необходимо, чтобы планки опера-

тивной памяти устанавливались в два разных слота и желательно были одного объема и производителя.

3.4.6. Оперативная память

Важнейшей составляющей технического обеспечения САПР является оперативное запоминающее устройство (ОЗУ). Вместе с процессором память образует своеобразный тандем, определяющий качество функционирования САПР. При этом недостаточно мощный процессор может компенсироваться большим количеством оперативной памяти, сокращающей время записи и считывания информации на жестком диске в процессе работы программы (свопинг).

Компьютерная память – часть вычислительной машины, физическое устройство или среда для хранения данных в течение определенного времени. В основе работы запоминающего устройства может лежать любой физический эффект, обеспечивающий приведение системы к двум или более устойчивым состояниям. В современной компьютерной технике часто используются физические свойства полупроводников, когда прохождение тока через полупроводник или его отсутствие, трактуется, как наличие логических сигналов 0 или 1. *Устойчивые состояния, определяемые направлением намагниченности* позволяют использовать для хранения данных разнообразные магнитные материалы. Наличие или отсутствие заряда в конденсаторе, так же может быть положено в основу системы хранения.

Наиболее известными средствами машинного хранения данных являются используемые в персональных компьютерах: модули оперативной памяти (рис. 3.27), жесткие диски (винчестеры), дискеты (гибкие магнитные диски), CD или DVD диски и устройства флэш-памяти.

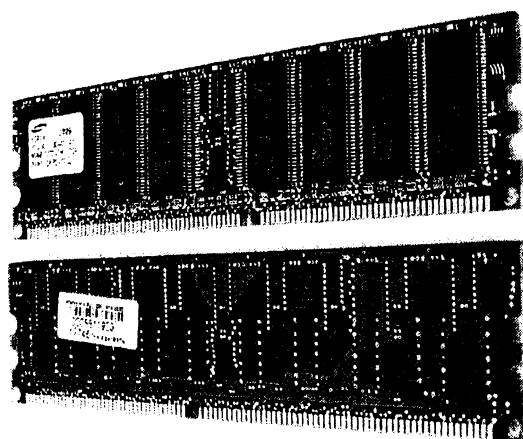


Рис. 3.27. Внешний вид модулей оперативной памяти DDR-400

Первые компьютеры использовали запоминающие устройства исключительно для хранения обрабатываемых данных. Программы реализовывались на аппаратном уровне в виде жестко заданных выполняемых последовательностей. Любое перепрограммирование требовало огромного объема ручной работы по подготовке новой документации, перекоммутации, перестройки блоков и устройств и т. п. Ситуацию изменила реализация идеи хранения компьютерных программ и данных в общей памяти (архитектура Фон-Неймана).

В зависимости от назначения оперативная память и хранилища информации классифицируются следующим образом:

- первичная память – доступна процессору, противоположна вторичной памяти (непрямой доступ), наибольшая скорость доступа;
- энергозависимая или энергонезависимая, зависит от технологии (магнитная против электрической, и т. д.);
- только для чтения, одна запись – множество считываний, или чтение-запись, зависит от технологии;
- произвольного или последовательного доступа;
- с адресацией блоков или файлов;
- по типу носителя – полупроводниковая, оптическая, магнитооптическая и магнитная память.

Разные типы памяти имеют различные преимущества, поэтому в большинстве компьютеров используются сразу несколько типов памяти.

В традиционной интерпретации первичная память содержит активно используемые данные (например, программы, работающие в настоящее время, а также данные, обрабатываемые в настоящее время). Обычно, высокоскоростная, относительно небольшая, энергозависимая (не всегда). Иногда ее называют основной памятью.

Вторичная память, также называемая периферийной, в ней обычно хранится информация, не используемая в настоящее время. Доступ к такой памяти происходит медленнее, однако объемы такой памяти могут быть в сотни и тысячи раз больше. В большинстве случаев она энергонезависима.

Энергозависимая память теряет свое содержимое после отключения питания. Энергонезависимая память хранит содержимое после отключения питания в течении, как правило, десятков лет.

На сегодняшний день в настольных компьютерах активно используется DDR SDRAM (Double Data Rate SDRAM). Наряду с дальнейшей «эволюцией» микросхем и модулей памяти DDR (путем увеличения тактовой частоты микросхем, либо снижения задержек), важнейшим событием является принятие нового стандарта памяти DDR2 (JESD79-2A) и выпуск микросхем и модулей памяти, основанных на этом стандарте. Память DDR2-SDRAM рассматривается как эволюционная замена текущего поколения памяти – DDR, она основана на схожих принципах функционирования – передаче данных по 64-разрядной шине по обоим частям синхросигнала, что обеспечивает удвоенную эффективную скорость передачи данных по отношению к частоте модуля.

Разумеется, стандарт DDR2 не был бы чем-то принципиально новым, если бы в нем не был реализован ряд нововведений, которые позволяют осуществить скачок к гораздо более высоким частотам (большей пропускной способности) и большим емкостям массивов микросхем, а также уменьшенному энергопотреблению модулей. **Основные особенности нового стандарта памяти** – изменении схемы выборки данных. Как известно, в стандарте DDR реализована схема 2n-prefetch, что означает выборку 2-х битов за такт по внутренней шине данных (за счет применения мультиплексора/демультиплексора типа 2-1), позволяющую функционировать микросхемам памяти на частоте, вдвое меньшей относительно эффективной частоты внешней шины данных. Так, микросхемы модулей DDR-400 функционируют на частоте 200 МГц. В стандарте DDR2 эта схема заменена правилом 4n-prefetch (т.е. вводится более сложный мультиплексор типа 4-1), имеющая как преимущества, так и недостатки. Преимущества очевидны – выборка 4-х битов за такт позволяет достигать пропускную способность памяти, эквивалентную ПСП равночастотной DDR при вдвое меньшей собственной частоте микросхем памяти (микросхемы модулей DDR2-400 функционируют на частоте 100 МГц), что, в свою очередь, способствует снижению энергопотребления модулей памяти. Но очевидны и недостатки – усложнение схемы преобразования данных непременно сопровождается возрастанием задержек (рис. 3.28).

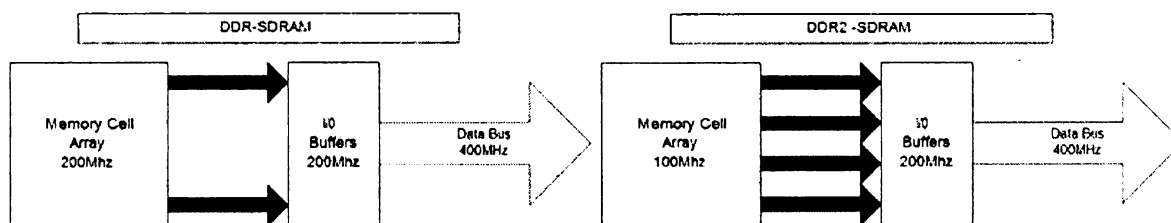


Рис. 3.28. Память DDR-400, выборка данных по принципу 2n-prefetch (слева), память DDR2-400, выборка данных по принципу 4n-prefetch (справа)

Модули памяти типа DDR2 производятся в новом форм-факторе, в виде 240-контактных модулей DIMM, электрически несовместимых со слотами для модулей памяти типа DDR (по количеству выводов, расстоянию между выводами и цоколевке модулей). Таким образом, стандарт DDR2 не предусматривает обратной совместимости с DDR. Микросхемы DDR2 изготавливаются с использованием компактной упаковки типа FBGA (по крайней мере, так рекомендовано стандартом), позволяющей достичь больших емкостей микросхем при меньшем размере и улучшенных электрических и термических характеристиках. Изменилось и потребляемое микросхемами/модулями напряжение – оно снизилось с 2,5 до

1,8В (за счет изменения техпроцесса – перехода на 100 и, позже, на 90 нм технологический процесс), что также способствует снижению потребляемой модулями памяти мощности – обстоятельству, важному как для ноутбуков, так и крупных рабочих станций и серверов.

Первыми модулями памяти стандарта DDR2, увидевшими свет, стали модули типа DDR2-400 и DDR2-533 (табл. 3.5).

Таблица 3.5. Характеристики модулей оперативной памяти DDR2

Скорость компонента	Скорость модуля	Частота шины	Скорость передачи данных	Пропускная способность модуля	
				одноканальный режим	двухканальный режим
DDR2-400	PC2-3200	200 МГц	400 МТ/с	3,2 ГБ/с	6,4 ГБ/с
DDR2-533	PC2-4300	266 МГц	533 МТ/с	4,3 ГБ/с	8,6 ГБ/с
DDR2-667	PC2-5300	333 МГц	667 МТ/с	5,3 ГБ/с	10,6 ГБ/с
DDR2-800	PC2-6400	400 МГц	800 МТ/с	6,4 ГБ/с	12,8 ГБ/с

Анализируя табл. 3.5, можно сделать вывод, что серьезных проблем с достижением более высоких частот модулей памяти, а следовательно – и более высокой пропускной способности, у производителей микросхем и модулей памяти нет. Что, вообще говоря, неудивительно – учитывая, что микросхемы DDR2 функционируют на частоте, в четыре раза меньшей по сравнению с эффективной частотой внешней шины данных. Другое дело – насколько оправдано такое увеличение частоты?

Проведенные тесты модулей памяти DDR2-533 в двухканальном режиме показали полную бессмысленность увеличения частоты шины памяти до 266 МГц (533 МГц DDR), потому что пиковая пропускная способность процессорной шины, функционирующей на 200 МГц в режиме Quad-Pumped Bus, равна всего 6,4 ГБ/с. Тогда как пиковая пропускная способность (ПС) DDR2-533 в двухканальном режиме – 8,6 ГБ/с. Очевидно, что пропускная способность любой подсистемы всегда лимитируется пропускной способностью самого медленного компонента – ПС системной шины. Вот и получается, что реальная ПС DDR2-533 в двухканальном режиме ничуть не лучше ПС обычной DDR-400. При этом латентность памяти у DDR2-533 выше, чем у DDR-400. Во-первых, за счет таймингов памяти – типичными для DDR2-533 являются тайминги 4-4-4. Для DDR-400 – обычно не более чем 2.5-3-3. Во-вторых, за счет асинхронного режима ее работы.

Для нынешнего поколения чипсетов с 200-МГц частотой FSB (каковых по-прежнему большинство) память типа DDR2 просто не нужна. DDR2-400, из общих соображений, вообще ничуть не лучше, и даже хуже DDR-400. DDR2-533 способна на большее, но раскрыть ее потенциал с большинством современных чипсетов не удастся.

Положение DDR2 улучшится с выпуском новых чипсетов и процессоров, которые поддерживают 266, 333, 400 МГц системные шины.

3.4.7. Графическая плата

Графическая плата (известная как, графическая карта, видеокарта, видеоадаптер, англ. videocard) – устройство, преобразующее изображение, находящееся в памяти компьютера, в видеосигнал для монитора (рис. 3.29).

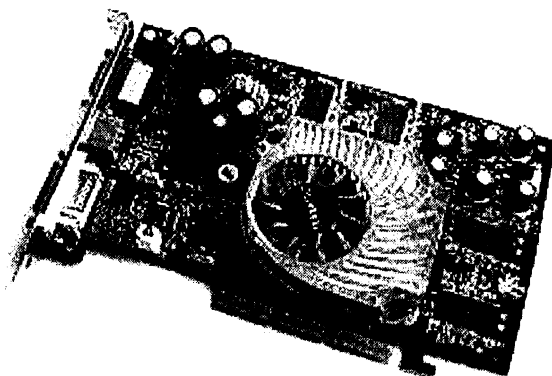


Рис. 3.29. Внешний вид графической платы (GeForce 4200)

Обычно, видеокарта является платой расширения и вставляется в специальный разъем (ISA, VLB, PCI, AGP, PCI-Express) для видеокарт на материнской плате, но бывает и встроеной.

Современные видеокарты не ограничиваются простым выводом изображения, они имеют **встроенный микропроцессор (GPU – graphic processor unit)**, который может производить дополнительную обработку, разгружая от этих задач центральный процессор компьютера. Все современные видеоконтроллеры являются потоковыми – их работа основана на создании и смешивании воедино нескольких потоков графической информации, с точки зрения операционной системы находящихся на разных уровнях изображения. Например статическое изображение рабочего стола, плюс изображение аппаратного курсора мыши плюс поток или несколько потоков данных поступающих, например, от TV-приемника или декодера MPEG, и плюс изображение формируемое блоком обработки трехмерной графики. Видеоконтроллеры с потоковой обработкой, а также с аппаратной поддержкой функций обработки и построения изображения, служат для разгрузки ЦП от рутинных операций по формированию изображения и называются видеоускорителями, а содержащие блок обработки трехмерной графики 3-D ускорителями.

Краткая история развития графических плат.

1. Одним из первых графических адаптеров для IBM PC стала плата **MDA** (Monochrome Display Adapter) в 1981 году, которая работала только в текстовом режиме с разрешением 25х80 символов (физически 720х350 точек) и имел пять атрибутов текста – обычный, яркий, инверсный, подчеркнутый и мигающий. Никакой цветовой или графической информации он передавать не мог, и то, какого цвета будут буквы, определялось моделью использовавшегося монитора, обычно они были черно-белыми, янтарными или изумрудными.

2. Фирма Hercules в 1982 году выпустила видеоадаптер **HGC** (Hercules Graphics Controller – графический адаптер Геркулес) – дальнейшее развитие адаптера MDA, который имел графическое разрешение 720х348 точек и поддерживал две графические страницы. Но он все еще не позволял работать с цветом.

3. Первой цветной графической платой стала **CGA** (Color Graphics Adapter), выпущенная IBM и ставшая основой для последующих стандартов видеокарт. Она могла работать либо в текстовом режиме с разрешениями 40х25 и 80х25 (матрица символа – 8х8), либо в графическом с разрешениями 320х200 или 640х200. В текстовых режимах доступно 256 атрибутов символа – 16 цветов символа и 16 цветов фона (либо 8 цветов фона и атрибут мигания), в графическом режиме 320х200 было доступно четыре палитры по четыре цвета каждая, режим высокого разрешения 640х200 был монохромный.

4. В развитие CGA появился **EGA** (Enhanced Graphics Adapter) – улучшенный графический адаптер, с расширенной до 64 цветов палитрой, и промежуточным буфером. Было улучшено разрешение до 640х350, в результате добавился текстовый режим 80х43 при матрице символа 8х8. Для режима 80х25 использовалась большая матрица -- 8х14, цветов одновременно можно было использовать 16, цветовая палитра была расширена до 64 цветов. Графический режим так же позволял использовать при разрешении 640х350 16 цветов из палитры в 64 цвета. Был совместим с CGA и MDA.

Стоит заметить, что интерфейсы с монитором всех этих типов видеоадаптеров были цифровые, MDA и HGC передавали только светится или не светится точка и еще дополнительный сигнал яркости для атрибута текста "яркий", аналогично CGA по трем каналам (красный, синий, зеленый) передавал основной видеосигнал, и мог дополнительно передавать сигнал яркости (всего получалось 16 цветов), EGA имел по две линии передачи на каждый из основных цветов, т.е. каждый основной цвет мог отображаться с полной яркостью, 2/3, или 1/3 от полной яркости, что и давало в сумме максимум 64 цвета.

5. В ранних моделях компьютеров от IBM PS/2, появляется новый графический адаптер **MCGA** (Multicolor Graphics Adapter – многоцветный графический адаптер). Текстовое разрешение было поднято до 640х400, что позволило использовать режим 80х50 при матрице 8х8, а для режима 80х25 использовать матрицу 8х16. Количество цветов увеличено до 262144 (64 уровня яркости по каждому цвету), для совместимости с EGA в текстовых режимах была введена таблица цветов, через которую выполнялось преобразование 64 цветового пространства EGA в цветовое пространство MCGA. Появился режим 320х200х256, где каждый пиксель на экране кодировался соответствующим байтом в видеопамати, никаких

битовых плоскостей не было, соответственно с EGA осталась совместимость только по тестовым режимам, совместимость с CGA была полная. Из-за огромного количества яркостей основных цветов возникла необходимость использования уже аналогового цветового сигнала, частота строчной развертки составляла уже 31,5KHz.

6. Потом IBM пошла еще дальше и сделала **VGA** (Video Graphics Array – графический видео массив), это расширение MCGA совместимое с EGA и введенное в средних моделях PS/2. Это фактический стандарт видеоадаптера с конца 80-х годов. Добавлены текстовое разрешение 720x400 для эмуляции MDA и графический режим 640x480, с доступом через битовые плоскости. Режим 640x480 замечателен тем, что в нем используется квадратный пиксель, т.е. соотношение числа пикселей по горизонтали и вертикали совпадает со стандартным соотношением сторон экрана – 4:3.

7. Дальше появился **IBM 8514/a** с разрешениями 640x480x256 и 1024x768x256, и **IBM XGA** с текстовым режимом 132x25 (1056x400) и увеличенной глубиной цвета (640x480x65K).

8. С 1991 года появилось понятие **SVGA** (Super VGA – «сверх» VGA) – расширение VGA с добавлением более высоких режимов и дополнительного сервиса, например возможности поставить произвольную частоту кадров. Число одновременно отображаемых цветов увеличивается до 65536 (High Color) и 16,7 млн. (True Color), появляются дополнительные текстовые режимы. Из сервисных функций появляется поддержка VBE (VESA BIOS Extension – расширение БИОС стандарта VESA). SVGA воспринимается как фактический стандарт видеоадаптера где-то с середины 1992 года, после принятия ассоциацией VESA (Video Electronics Standart Association – ассоциация стандартизации видео-электроники) стандарта VBE версии 1.0. До того момента практически все видеоадаптеры SVGA были несовместимы между собой.

Графический пользовательский интерфейс, появившийся во многих операционных системах, стимулировал новый этап развития видеоадаптеров. Появляется понятие **«графический ускоритель»** (graphics accelerator) – это видеоадаптеры, которые производят выполнение некоторых графических функций на аппаратном уровне. К числу этих функций относятся, перемещение больших блоков изображения из одного участка экрана в другой (например, при перемещении окна), заливка участков изображения, рисование линий, дуг, шрифтов, поддержка аппаратного курсора и т.п. Прямым толчком к развитию столь специализированного устройства явилось то, что графический пользовательский интерфейс несомненно удобен, но его использование требует от центрального процессора немалых вычислительных ресурсов, и современный графический ускоритель как раз и призван снять с него львиную долю вычислений по окончательному выводу изображения на экран.

Современная графическая плата состоит из следующих частей.

1. **Видеоконтроллер** – занимается расчетами выводимого изображения, освобождая от этой обязанности центральный процессор. Является основой графической платы, именно от него зависят быстродействие и возможности всего устройства. Он отвечает за формирование изображения в видеопамяти, производит расчеты для обработки команд трехмерной графики, дает команды RAMDAC на формирование сигналов развертки для монитора и осуществляет обработку запросов центрального процессора. Современные видеоконтроллеры по сложности мало чем уступают центральному процессору компьютера, и зачастую превосходят их по числу транзисторов.

Архитектура современного видеоконтроллера обычно предполагает наличие нескольких блоков обработки информации:

- блок обработки 2D графики;
- блок обработки 3D графики: геометрическое ядро (плюс кэш вершин) и блок растеризации (плюс кэш текстур);
- блок обработки видеоданных;
- контроллер внешней шины данных (например, PCI или AGP);
- контроллер внутренней шины данных;
- контроллер видеопамяти, ширина внутренней шины и шины видеопамяти обычно шире внешней (64, 128 или 256 разрядов против 16 или 32), во многие видеоконтроллеры встраивается еще и RAMDAC.

2. **Видеопамять** выполняет роль кадрового буфера, рассчитанные кадры скидываются в эту память процессором и затем выводятся на монитор. Также хранит различные данные для расчетов. Видеопамять бывает нескольких типов, различающихся по скорости дос-

тупа и рабочей частоте. Современные видеокарты комплектуются памятью типа DDR, DDR2 или GDDR3.

3. Цифро-аналоговый преобразователь ЦАП (RAMDAC) служит для преобразования изображения, формируемого видеоконтроллером, в уровни интенсивности цвета, подаваемые на аналоговый монитор. Возможный диапазон цветности изображения определяется только параметрами RAMDAC. Чаще всего RAMDAC имеет четыре основных блока – три цифроаналоговых преобразователя, по одному на каждый цветовой канал (красный, синий, зеленый, RGB), и SRAM для хранения данных о гамма коррекции. Большинство ЦАП имеют разрядность 8 бит на канал – получается по 256 уровней яркости на каждый основной цвет, что в сумме дает 16,7 млн. цветов (и за счет гамма коррекции есть возможность отображать исходные 16,7 млн. цветов в гораздо большее цветовое пространство). Некоторые RAMDAC имеют разрядность по каждому каналу 10bit (1024 уровня яркости), что позволяет сразу отображать более 1 млрд. цветов, но эта возможность практически не используется. Для поддержки второго монитора часто устанавливают второй чип ЦАП. Стоит отметить, что мониторы и видеопроекторы подключаемые к цифровому DVI выходу видеокарты для преобразования потока цифровых данных используют собственные цифроаналоговые преобразователи и от характеристик ЦАП видеокарты не зависят.

4. Видео-ПЗУ (Video ROM) – постоянное запоминающее устройство, в которое записаны видео-BIOS, экранные шрифты, служебные таблицы и т.п. ПЗУ не используется видеоконтроллером напрямую – к нему обращается только центральный процессор, и в результате выполнения им команд видео-BIOS из ПЗУ происходят обращения к видеоконтроллеру. На многих современных картах устанавливаются электрически перепрограммируемые ПЗУ (EEPROM, Flash ROM), допускающие перезапись видео-BIOS самим пользователем при помощи специальной программы. ПЗУ необходимо только для первоначального запуска адаптера и функционирования операционных систем, работающих преимущественно в текстовом режиме; операционные системы использующие встроенные графические оболочки или какие-либо графические подсистемы работающие через собственные видеодрайверы, не используют ПЗУ для управления адаптером, либо используют его только при выполнении программ текстового режима или использующие VESA совместимые команды.

5. Система охлаждения предназначена для сохранения температурного режима видеопроцессора и видеопамати в допустимых значениях.

Характеристики современных графических плат:

- *ширина шины памяти* (в битах) – количество бит информации, передаваемой в секунду. Важный параметр в производительности карты;
- *количество видеопамати* (в Мегабайтах) – встроенная оперативная память на самой плате, значение показывает, какой объем информации может хранить графическая плата;
- *частоты ядра и памяти* (в Мегагерцах), чем больше, тем быстрее видеокарта будет обрабатывать информацию;
- *техпроцесс* – технология печати (в нанометрах (нм.)). Современные карты выпускаются по 110 нм или 90 нм нормам техпроцесса. Чем меньше данный параметр, тем больше элементов можно уместить на кристалле;
- *текстурная и пиксельная скорость заполнения* (в млн. пикселей в секунду) – показывает количество выводимой информации в единицу времени;
- *выводы карты*. Раньше видеоадаптер имел всего один разъем VGA, сейчас платы оснащают в дополнение выходом DVI-I или просто с двумя DVI-I для подключения двух ЖК-мониторов, а также композитным видеовыходом и видеовходом (обозначается, как ViVo).

Поколения ускорителей в видеокартах можно считать по версии DirectX, которую они поддерживают. Различают следующие поколения:

- DirectX 7 – карта не поддерживает шейдеры, все картинки рисуются наложением текстур;
- DirectX 8 – поддержка пиксельных шейдеров версий 1.0, 1.1 и 1.2, в DX 8.1 еще и версию 1.4, поддержка вершинных шейдеров версии 1.0;
- DirectX 9 – поддержка пиксельных шейдеров версий 2.0, 2.0a и 2.0b, в DX 9.0c добавили поддержку версии 3.0, однако, пока еще не все карты способны использовать эти возможности.

Первое препятствие к повышению быстродействия видеосистемы – это **интерфейс** передачи данных, к которому подключен видеоадаптер. Как бы ни был быстр чип видео-

адаптера, но большая часть его возможностей останется незадействованной, если не будут обеспечены соответствующие каналы обмена информацией между ним, центральным процессором, оперативной памятью компьютера и дополнительными видеоустройствами. Основным каналом передачи данных является, конечно, *интерфейсная шина материнской платы* через которую обеспечивается обмен данными с центральным процессором и оперативной памятью. Современные видеоплаты выпускаются с интерфейсами AGP 8x, с пропускной способностью 2,1 Гбайт/с соответственно. Однако и шина AGP уже не удовлетворяет современным требованиям, кроме того, не может обеспечить необходимую мощность питания. Для решения этих проблем изобрели расширение шины PCI – *PCI Express*, это последовательный, в отличие от AGP интерфейс, его пропускная способность может достигать 4Гбайт/с. На данный момент произошел практически полный отказ от шины AGP в пользу PCI Express.

Кроме шины данных, второе узкое место любого видеоадаптера, это *пропускная способность (bandwidth) памяти самого видеоадаптера*. Причем изначально проблема возникла даже не столько из-за скорости обработки видеоданных, сколько из-за необходимости доступа к ним со стороны чипа видеоадаптера, центрального процессора, и RAMDAC'a. Дело в том, что при высоких разрешениях и большой глубине цвета для отображения страницы экрана на мониторе необходимо прочитать все эти данные из видеопамати и преобразовать в аналоговый сигнал который и пойдет на монитор. Если объяснить более понятно и просто, то начнем с того, что то изображение, что вы видите на экране монитора, хранится не в мониторе, а в памяти видеоадаптера. И его нужно прочитать из памяти и вывести на экран столько раз в секунду, сколько кадров в секунду показывает монитор. Возьмем объем одной страницы экрана при разрешении 1024x768 точек и глубине цвета 24bit (True Color), это составляет 2,25MB. При частоте кадров 75Гц необходимо считывать эту страницу из памяти видеоадаптера 75 раз в секунду (считываемые пиксели передаются в RAMDAC и он преобразовывает цифровые данные о цвете пикселя в аналоговый сигнал поступающий на монитор), причем ни задержаться, ни пропустить пиксель нельзя, следовательно, номинально потребная пропускная способность видеопамати для данного разрешения составляет приблизительно 170MB/сек, и это без учета того, что необходимо и самому видеоконтроллеру писать и читать данные из этой памяти. Для разрешения 1600x1200x32бит при той же частоте кадров 75Гц, номинально потребная пропускная составляет уже 550 МБайт в секунду, для сравнения, процессор Pentium2 имел пиковую скорость работы с памятью 528МБ в секунду. Проблему можно было решать двояко – либо использовать специальные типы памяти, которые позволяют одновременно двум устройствам читать из нее, либо ставить очень быструю память.

Типы памяти, применяемые в графических платах:

- FPM DRAM (Fast Page Mode Dynamic RAM – динамическое ОЗУ с быстрым страничным доступом) – основной тип видеопамати, идентичный используемой в системных платах. Использует асинхронный доступ, при котором управляющие сигналы жестко не привязаны к тактовой частоте системы. Активно применялся примерно до 1996 г.;

- VRAM (Video RAM – видеоОЗУ) – так называемая двухпортовая DRAM. Этот тип памяти обеспечивает доступ к данным со стороны сразу двух устройств, т.е. есть возможность одновременно писать данные в какую-либо ячейку памяти, и одновременно с этим читать данные из какой-нибудь соседней ячейки. За счет этого позволяет совмещать во времени вывод изображения на экран и его обработку в видеопамати, что сокращает задержки при доступе и увеличивает скорость работы. Т.е. RAMDAC может свободно выводить на экран монитора раз за разом экранный буфер ничуть не мешая видео чипу осуществлять какие-либо манипуляции с данными. Но, однако, это все та же DRAM и скорость у нее не слишком высокая;

- WRAM (Window RAM) – вариант VRAM, с увеличенной на 25% пропускной способностью и поддержкой некоторых часто применяемых функций, таких как отрисовка шрифтов, перемещение блоков изображения и т.п. Применяется практически только на акселераторах фирмы Matrox и Number Nine, поскольку требует специальных методов доступа и обработки данных, наличием всего одного производителя данного типа памяти (Samsung) сильно сократило возможности ее использования. Видеоадаптеры, построенные с использованием данного типа памяти не имеют тенденции к падению производительности при установке больших разрешений и частот обновления экрана, на однопортовой же памяти в таких слу-

чаях RAMDAC все большее время занимает шину доступа к видеопамяти и производительность видеоадаптера может сильно упасть;

- EDO DRAM (Extended Data Out DRAM – динамическое ОЗУ с расширенным временем удержания данных на выходе) – тип памяти с элементами конвейеризации, позволяющий несколько ускорить обмен блоками данных с видеопамятью приблизительно на 25%;

- SDRAM (Synchronous Dynamic RAM – синхронное динамическое ОЗУ) пришел на замену EDO DRAM и других асинхронных однопортовых типов памяти. После того, как произведено первое чтение из памяти, или первая запись в память, последующие операции чтения или записи происходят с нулевыми задержками. Этим достигается максимально возможная скорость чтения и записи данных;

- DDR DRAM (Double Data Rate) – вариант SDRAM с передачей данных по двум фронтам сигнала, получаем в результате удвоение скорости работы. Дальнейшее развитие пока происходит в виде очередного уплотнения числа пакетов в одном такте шины (DDR2, QDDR и т.п.);

- SGRAM (Synchronous Graphics RAM – синхронное графическое ОЗУ) вариант DRAM с синхронным доступом. В принципе, работа SGRAM полностью аналогична SDRAM, но дополнительно поддерживаются еще некоторые специфические функции, типа блоковой и масочной записи. В отличие от VRAM и WRAM, SGRAM является однопортовой, однако может открывать две страницы памяти как одну, эмулируя двухпортовость других типов видеопамяти;

- MDRAM (Multibank DRAM – много банковое ОЗУ) – вариант DRAM разработанный фирмой MoSys, организованный в виде множества независимых банков объемом по 32КБ каждый, работающих в конвейерном режиме;

- RDRAM (RAMBus DRAM) – память, использующая специальный канал передачи данных (Rambus Channel), представляющий собой шину данных шириной в один байт. По этому каналу удастся передавать информацию очень большими потоками, наивысшая скорость передачи данных для одного канала на сегодняшний момент составляет 1600МБ/сек (частота 800MHz, данные передаются по обеим срезам импульса). На один такой канал можно подключить несколько чипов памяти. Контроллер этой памяти работает с одним каналом Rambus, на одном чипе логики можно разместить четыре таких контроллера, значит теоретически можно поддерживать до 4 таких каналов, обеспечивая максимальную пропускную способность в 6,4GB/сек. Минус этой памяти – нужно читать информацию большими блоками, иначе ее производительность резко падает.

Современные графические платы – это сложные устройства и их стоимость может составлять до 50% стоимости системного блока.

Для примера приведем спецификацию референсной карты GeForce 6600 GT (NV43):

- частота ядра 500 МГц;
- эффективная частота памяти 1 ГГц (2x500 МГц);
- шина памяти 128 бит;
- тип памяти – GDDR3;
- объем памяти – 128 мегабайт;
- пропускная способность памяти – 16 гигабайт в сек;
- теоретическая скорость закраски – 4 гигапикселя в сек;
- теоретическая скорость выборки текстур – 4 гигапикселя в сек;
- один VGA (D-Sub), один DVI-I разъем и TV-Out;
- потребляет до 70 Ватт энергии (на PCI-Express карте разъем для дополнительного питания не нужен, рекомендован источник питания суммарной мощностью 300 или более Ватт).

Архитектура чипа NV-43 приведена на рис. 3.30.

Общая схема чипа

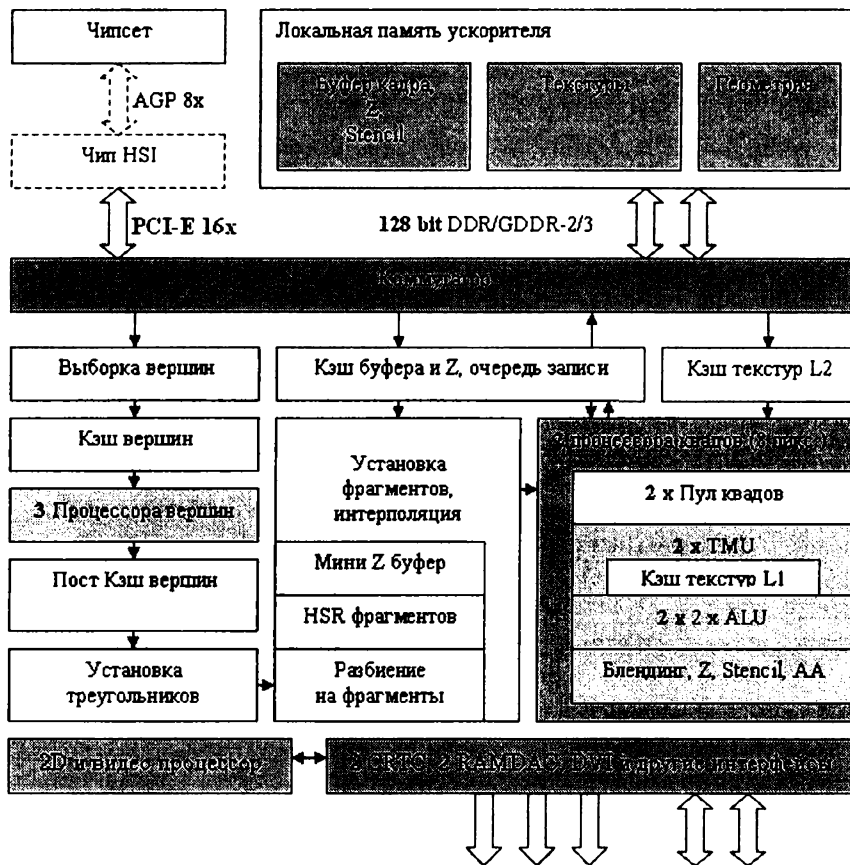


Рис. 3.30. Архитектура чипа NV43 (GeForce 6600 GT)

3.4.8. Жесткий диск

Жесткий диск (англ. hard disk drive (HDD), другие названия: винчестер, накопитель на жестких магнитных дисках – НЖМД) – устройство для хранения информации (рис. 3.31). В отличие от «гибкого» диска (дискеты) – информация записывается на жесткие (алюминиевые или стеклянные) пластины, покрытые слоем ферромагнитного материала. Считывающие головки в рабочем режиме не касаются поверхности пластин благодаря тонкой прослойке воздуха, образуемой при быстром вращении дисков.

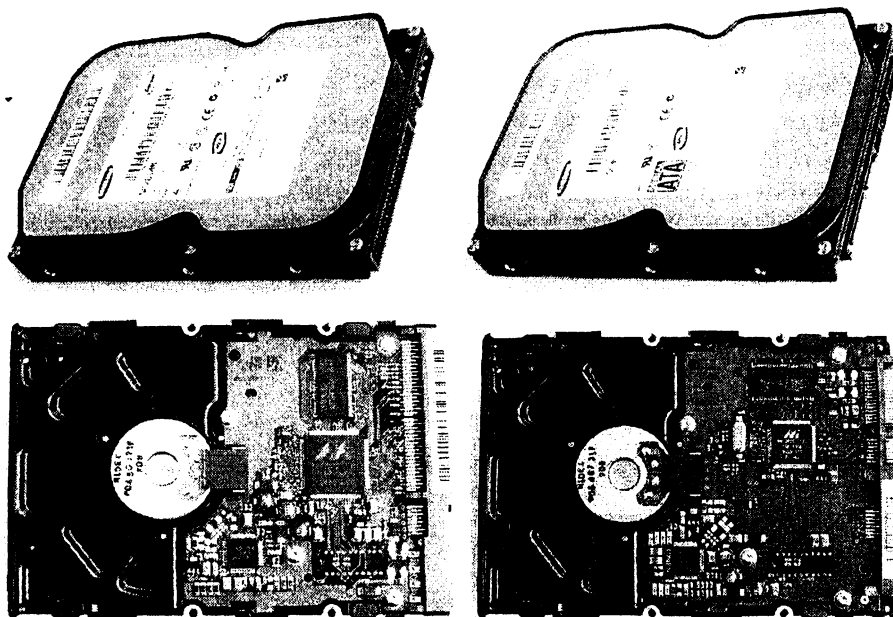


Рис. 3.31. Внешний вид жестких дисков PATA (слева) и SATA (справа)

Свое второе название – «винчестер» – жесткий диск получил благодаря фирме IBM, которая в 1973 выпустила жесткий диск модели 3340, впервые объединивший в одном неразъемном корпусе диски и считывающие головки. При его разработке инженеры использовали краткое внутреннее название «30-30», что означало два модуля (в максимальной компоновке) по 30 Мб каждый. Kenneth E. Haughton, руководитель проекта, по созвучию с обозначением винтовки «30-30» компании «Winchester» предложил назвать этот диск «винчестером». В Европе и Америке название «винчестер» вышло из употребления в 1990-х годах.

Современные жесткие диски, как правило, совершают 5400 или 7200 оборотов в минуту (90 или 120 об/с). Первый жесткий диск для персонального компьютера (IBM XT) имел емкость 5 Мб; емкость современных винчестеров достигает 500 Гб. В отличие от принятой в информатике системы приставок, обозначающих кратную 1024 величину (кило=1024, мега=1048576 и т. д.), производителями при обозначении емкости жестких дисков используются кратные 1000 величины. Так, например, «настоящая» емкость жесткого диска, маркированного как «200 Гб», составляет 186,2 Гб.

Большая часть всех винчестеров производится всего несколькими компаниями: Seagate, Western Digital, Samsung, а также ранее принадлежавшим IBM подразделением по производству дисков фирмы Hitachi. Fujitsu продолжает выпускать жесткие диски для ноутбуков и SCSI-диски, но покинула массовый рынок в 2001 году. Toshiba является основным производителем 2,5- и 1,8-дюймовых HDD для ноутбуков.

Технологии записи данных на HDD:

– *метод параллельной записи.* На данный момент это самая распространенная технология записи информации на HDD. Биты информации записываются с помощью маленькой головки, которая проходя над поверхностью вращающегося диска намагничивает миллиарды горизонтальных дискретных областей – доменов. Каждая из этих областей является логическим нулем или единицей, в зависимости от намагниченности. На сегодняшний день, домены становятся настолько малы, что остро встает вопрос об их стабильности. Дальнейшее развитие этой технологии под вопросом, многие считают этот метод исчерпавшим себя. Плотность записи, при использовании этого метода, на данный момент равна 150 Гбит/дюйм² (23Гбит/см²);

– *метод перпендикулярной записи.* Для того чтобы решить проблему с дальнейшим увеличением плотности, многие производители рассматривают технологию, при которой биты информации сохранялись бы в вертикальных доменах. Это позволит использовать более сильные магнитные поля и снизить площадь материала, необходимую для записи одного бита. Плотность записи у экспериментального прототипа – 200 Гбит/дюйм² (31 Гбит/см²), в дальнейшем планируется довести плотность до 400-500 Гбит/дюйм² (60-75 Гбит/см²).

– *метод тепловой магнитной записи* (Heat assisted magnetic recording – HAMR) на данный момент активно разрабатывается. При использовании этого метода используется точечный подогрев диска, который позволяет головке намагничивать очень мелкие области его поверхности. После того, как диск охлаждается, намагниченность «закрепляется».

На винчестере используются 2 типа доступа. Блочный доступ предполагает, что вся память разделена на блоки одинаковых размеров с произвольным доступом. Файловый доступ использует абстракции – папки с файлами, в которых и хранятся данные: Другой способ адресации – ассоциативный использует алгоритм кэширования для определения адреса.

3.4.9. Другие компоненты

3.4.9.1. Основные компоненты

1. Системный блок – корпус, в котором находятся основные функциональные компоненты компьютера. Корпуса обычно созданы из деталей на основе стали, алюминия и пластика, также иногда используются такие материалы как дерево или органическое стекло.

В системном блоке расположены:

- материнская плата с установленным на ней процессором, ОЗУ, картами расширения (видеоадаптер, звуковая карта);
- отсеки для накопителей – HDD, дисководов CD-ROM и т.д;
- блок питания.

По положению корпуса делятся на 2 основных класса:

- Tower (башня) – вертикальное;
- Desktop (на столе) – горизонтальное.

Корпусы Tower, в свою очередь, бывают следующих типов:

- MiniTower обычно содержит 2 отсека 3,5 дюймов; 2 отсека 5,25; 2 отсека под HDD;
- MidiTower обычно содержит 2 отсека 3,5; 3 отсека 5,25; 2 отсека под HDD;
- BigTower обычно содержит 2 отсека 3,5; 6 отсеков 5,25; 2 отсека под HDD.

2. Монитор – компьютерное устройство вывода информации для визуального восприятия пользователем. Монитор выдает изображение, передаваемое ему в текущий момент времени видеокартой по интерфейсному кабелю. Тип монитора, его качество и функциональные возможности значительно влияют на эффективность использования компьютера.

Классификация мониторов:

- по цветности: цветные и монохромные;
- по виду выводимой информации: алфавитно-цифровые и графические;
- по принципу действия: ЭЛТ – на основе электронно-лучевой трубки (CRT – cathode ray tube), ЖК – жидкокристаллические мониторы (LCD – liquid crystal display); плазменный – на основе плазменной панели; проекционный – видеопроектор и экран размещенные отдельно или объединенные в одном корпусе (как вариант через зеркало или систему зеркал);
- по типу видеоадаптера: MDA, CGA, EGA, VGA, SVGA, XGA;
- по типу интерфейсного кабеля: композитный, раздельный, D-SUB, DVI.

В настоящее время для отображения информации в основном используют ЭЛТ дисплеи размером от 15" до 21", а также ЖК дисплеи, в основе функционирования которых лежит принцип изменения прозрачности жидких кристаллов под действием электрического тока. По сравнению с дисплеями ЭЛТ жидкокристаллические занимают меньше места на рабочем столе, потребляют меньше энергии, при их эксплуатации отсутствуют мерцания и блики. Для проведения проектных работ, требующих вычерчивания протяженных чертежей, в практике САПР-АД используют гибкие экраны, выполненные на основе светоизлучающих полимеров (Light Emitting Polymers) (LEP-дисплеи).

3. Звуковая плата (также называемая как звуковая карта, музыкальная плата) (англ. sound card) – позволяет работать со звуком на компьютере. В настоящее время звуковые карты бывают встроенными в материнскую плату, как отдельные платы расширения и как внешние устройства.

С возрастанием мощности процессоров, постепенно стала отмирать шина ISA, на которой работали все предыдущие звуковые карты, многие производители переключились на выпуск карты для шины PCI. В 1998 году компания Creative вновь делает широкий шаг в развитии звука и выпуском карты Sound Blaster Live! на аудиопроцессоре EMU10K, устанавливает новый стандарт для IBM PC, который остается, в усовершенствованном виде, и по сей день.

4. Сетевая плата (также известная как сетевая карта, сетевой адаптер, Ethernet-адаптер, NIC (network interface card)) – печатная плата, позволяющая взаимодействовать компьютерам между собой, посредством локальной сети.

Обычно, сетевая плата идет как отдельное устройство и вставляется в слоты расширения материнской платы (в основном – PCI). На современных материнских платах, сетевой адаптер все чаще является встроенным, таким образом, покупать отдельную плату не нужно до тех пор, пока не требуется организация еще одного сетевого интерфейса.

На сетевой плате для подключения к локальной сети имеются разъемы для подключения кабеля витой пары и (или) BNC-коннектор для коаксиального кабеля, а также несколько информационных светодиодов, сообщающих о наличии подключения и передаче информации.

5. Система охлаждения компьютера – набор средств для отвода тепла (по сути охлаждения) в компьютере. Для отвода в основном используется:

- радиатор (алюминиевый или медный). Бывают алюминиевые или медные, также встречаются радиаторы с тепловыми трубками, а также радиаторы созданные из композитных материалов.
- связка радиатор+вентилятор (кулер);
- система водяного охлаждения (народное название – «водянка») – установка, где в качестве хладагента используется вода. Состоит из: помпы (насос для циркуляции воды) и специального радиатора;

- фреонная установка – установка, где в качестве хладагента используется фреон. Принцип работы аналогичен с холодильником и устройство также повторяется;
- охлаждающие установки, где в качестве хладагента используется жидкий азот или гелий;
- системы каскадного охлаждения – установки, где совмещаются различные виды вышеперечисленных установок. Считаются наиболее мощными в плане охлаждения.

3.4.9.2. Дополнительные компоненты

1. Дисковод – устройство, позволяющее сохранить информацию на дискетах 3,5" (1,44Mb). В современных компьютерах может вообще отсутствовать.

2. Привод DVD(CD) – устройство, позволяющее считывать (DVD-ROM) информацию с оптических дисков или записывать ее (DVD-RW).

DVD (Digital Versatile Disc или Digital Video Disk) – носитель информации в виде диска, внешне схожий с компакт-диском, однако имеющий возможность хранить больший объем информации за счет использования лазера с меньшей длиной волны, чем для обычных компакт дисков (CD). Первые диски и проигрыватели DVD появились в ноябре 1996 в Японии и в марте 1997 в США.

Изначально «DVD» расшифровывалось как «Digital Versatile Disc» (многоцелевой цифровой диск). Однако некоторые члены DVD Forum'a полагают, что аббревиатуру следует расшифровывать как «Digital Video Disc» (цифровой видеодиск), так как большинство потребителей считают именно так. Toshiba, заведующая официальным сайтом DVD Forum'a, использует «Digital Versatile Disc». К консенсусу не пришли до сих пор, поэтому сегодня «DVD» официально вообще никак не расшифровывается.

DVD по структуре данных бывают трех типов:

- DVD-Video – содержат фильмы (видео и звук);
- DVD-Audio – содержат аудиоданные высокого качества (гораздо выше, чем на аудиокompакт-дисках);
- DVD-Data – содержат любые данные.

DVD как носители бывают четырех типов:

- DVD-ROM – штампованные на заводе диски;
- DVD+R/RW – диски однократной (R – Recordable) и многократной (RW – ReWritable) записи;
- DVD-R/RW – диски однократной (R – Recordable) и многократной (RW – ReWritable) записи;
- DVD-RAM – диски многократной записи с произвольным доступом (RAM – Random Access Memory).

DVD может иметь одну или две рабочие стороны и один или два рабочих слоя на каждой стороне. От их количества зависит вместимость диска:

- однослойные односторонние (DVD-5) вмещают 4,7 гигабайта информации;
- двухслойные односторонние (DVD-9) вмещают 8,7 гигабайта информации;
- однослойные двусторонние (DVD-10) вмещают 9,4 гигабайта информации;
- двухслойные двусторонние (DVD-17) вмещают 17,4 гигабайта информации.

Вместимость можно определить на глаз – нужно посмотреть, сколько рабочих (отражающих) сторон у диска и обратить внимание на их цвет: двухслойные стороны обычно имеют золотой цвет, а однослойные – серебряный, как компакт-диск.

Стандарты записи «+» и «-» частично совместимы. В настоящее время они одинаково популярны – половина производителей поддерживает один стандарт, половина – другой. Все приводы для DVD могут читать оба формата дисков, и большинство пишущих приводов также могут записывать оба типа «болванок».

В отличие от компакт-дисков, в которых структура аудиодиска фундаментально отличается от диска с данными, в DVD всегда используется файловая система UDF.

Скорость чтения/записи DVD указывается кратной 1350 Кб/с, то есть 16-скоростной привод обеспечивает чтение (или запись) дисков в $16 \times 1350 = 21600$ Кб/с (21,09 Мб/с).

3. SCSI контроллер (Small Computer Systems Interface) – интерфейс, разработанный для объединения на одной шине различных по своему назначению устройств, таких как же-

сткие диски, накопители на магнитооптических дисках, приводы CD, DVD, стриммеры, сканеры, принтеры и т. д.

В настоящее время SCSI широко применяется на серверах, высокопроизводительных рабочих станциях; RAID-массивы на серверах часто строятся на жестких дисках со SCSI-интерфейсом (хотя в настоящее время на серверах нижнего ценового диапазона все чаще применяются RAID-массивы на основе SATA).

4. TV-тюнер (TV tuner) – устройство, предназначенное для приема телевизионного сигнала в различных форматах вещания (PAL, SECAM, NTSC) с показом на компьютере или просто на отдельном мониторе. По конструктивному исполнению ТВ-тюнеры бывают внешние (подключаются к компьютеру через USB или между компьютером и дисплеем через видеокабель) и внутренние (вставляются в слот PCI или PCI-Express).

3.4.9.3. Устройства ввода информации

Манипуляторы обеспечивают удобство при вводе информации на экран. В системах автоматизации проектирования применяют клавиатуры, манипуляторы-мыши, трекболы и планшеты (дигитайзеры). Кроме стандартных полноразмерных и полнофункциональных клавиатур, в САПР используются виртуальные, которые проецируются на любую поверхность. Проектор улавливает все движения рук пользователя и передает данные на мобильное устройство. Такая клавиатура может заменить мышь. Трекбол представляет собой перевернутую мышь с возможностью вращения шарика пальцами рук. Вместе с шариком на поверхности трекбола могут находиться несколько функциональных клавиш. Дигитайзеры используются при необходимости ввода картографических данных без сканирования чертежей. Карта накладывается на прямоугольный планшет, представляющий собой сенсорную систему контроля нажатий. Проектировщик указывает нужные точки или линии на чертеже, координаты которых определяются программно, и на экране дисплея появляются контуры карты.

1. Клавиатура – набор кнопок или клавиш, предназначенных для управления каким-либо устройством или для ввода информации. Существует два основных вида клавиатур:

- *алфавитно-цифровые клавиатуры* – для управления техническими и механическими устройствами (пишущая машинка, компьютер, калькулятор, кассовый аппарат, телефон). Каждой клавише соответствует определенный символ или несколько. В клавиатурах такого типа клавиши сопровождаются наклейками с изображением символов или действий, соответствующих нажатию;
- *музыкальные клавиатуры* – для игры на музыкальных инструментах. Каждой клавише соответствует определенный звук.

2. Компьютерная мышь (манипулятор типа «мышь») – устройство ввода информации для компьютера. Представляет собой ручное устройство с датчиками перемещения, клавишами, колесиками (опционально) и т. п. Перемещения мыши по поверхности (или в пространстве) преобразуются в перемещение курсора на дисплее (в простейшем случае) либо выполняет какое-либо запрограммированное действие. Функции клавиш, колес и прочих дополнительных элементов управления задаются операционной системой или программой. Название «мышь» манипулятор получил потому, что вместе с проводом для подключения напоминает мышь с хвостом

3. Световое перо – один из инструментов ввода графических данных в компьютер. Внешне имеет вид шариковой ручки или карандаша, соединенного проводом с одним из портов ввода-вывода компьютера. Обычно на световом пере имеется одна или несколько кнопок, которые могут нажиматься рукой, удерживающей перо. Ввод данных с помощью светового пера заключается в прикосновениях или проведении линий пером по поверхности экрана монитора. В наконечнике пера устанавливается фотоэлемент, который регистрирует изменение яркости экрана в точке, с которой соприкасается перо, за счет чего соответствующее программное обеспечение вычисляет позицию, «указываемую» пером на экране и может, в зависимости от необходимости, интерпретировать ее тем или иным образом, обычно как указание на отображаемый на экране объект или как команду рисования. Кнопки используются аналогично кнопкам мыши – для выполнения дополнительных операций и включения дополнительных режимов.

Также световое перо может быть элементом графического планшета. В этом случае пером пишут или рисуют не по экрану монитора, а по поверхности планшета.

4. Джойстик (Joystick = Joy + Stick) – устройство управления. Применяется в вычислительной технике (компьютерных играх), в управлении специализированными транспортными средствами, различными механическими системами.

Джойстики можно разделить на два вида:

- дискретные – выходной управляющий сигнал может принимать два значения: «0» или «1», вкл./выкл. и т. д. Джойстики такого типа являются в настоящее время устаревшими и практически не используются;
- аналоговые – выходной сигнал плавно меняется от нуля до максимума в зависимости от угла отклонения рукоятки: чем больше рукоять отклонена, тем больше уровень сигнала. В таких джойстиках используются потенциометры или оптические датчики наподобие тех, что применяются в компьютерных мышах.

Существуют также специализированные устройства, которые распознаются системой как джойстики:

- игровой пульт (gamepad) – для аркадных игр. Игровой пульт является основным устройством ввода в игровых приставках;
- автомобильный или мотоциклетный руль – для гоночных симуляторов;
- штурвал – для авиасимуляторов.

5. Графический планшет (дигитайзер, диджитайзер) – это устройство для ввода рисунков от руки непосредственно в компьютер. Состоит из пера и плоского планшета, чувствительного к нажатию пера. Также может прилагаться специальная мышь.

По принципу работы и технологии есть разные типы планшетов:

- в электростатических планшетах регистрируется локальное изменение электрического потенциала сетки под пером;
- в электромагнитных перо излучает электромагнитные волны, а сетка служит приемником. В обоих случаях на перо должно быть подано питание;
- фирма Wacom создала технологию на основе электромагнитного резонанса, когда сетка и излучает, и принимает сигнал, а перо лишь отражает его. Поэтому в таком устройстве запитывать перо не нужно. Но при работе электромагнитных планшетов возможны помехи от излучающих устройств, в частности мониторов;
- также есть планшеты, в которых нажим пера улавливается за счет пьезоэлектрического эффекта. При нажатии пера в пределах рабочей поверхности планшета, под которой проложена сетка из тончайших проводников, на пластине пьезоэлектрика возникает разность потенциалов, что позволяет определять координаты нужной точки. Такие планшеты вообще не требуют специального пера и позволяют чертить на рабочей поверхности планшета как на обычной чертежной доске.

Кроме координат пера в современных графических планшетах могут определяться давление пера на рабочую поверхность, наклон, направление и сила сжатия пера рукой.

Также в графических планшетах совместно с пером используется мышь, которая, однако, работает не как обычная компьютерная мышь, а именно как особый вид пера. Такая мышь может работать только на планшете. Поскольку разрешение планшета гораздо выше, чем разрешение обычной компьютерной мыши, то использование связки мышь+планшет позволяет достичь значительно более высокой точности при вводе.

Характеристики планшетов:

- рабочая площадь обычно приравняется к одному из стандартных бумажных форматов (A7-A0). Стоимость приблизительно пропорциональна площади планшета. На больших планшетах работать удобнее;
- разрешение планшета – шаг считывания информации. Разрешение измеряется числом точек на дюйм (dots per inch, dpi). Типичные значения разрешения для современных планшетов составляет несколько тысяч dpi;
- число степеней свободы описывает число квазинепрерывных характеристик взаимного положения планшета и пера. Минимальное число степеней свободы – 2 (X и Y положения проекции чувствительного центра пера), дополнительные степени свободы могут включать давление, наклон пера относительно плоскости планшета.

Ведущие производители графических планшетов: Acacad, Adesso, Aiptek, Genius, GTCO CalComp, KYE, Wacom.

6. Тачпад (touchpad) – это устройство ввода, применяемое, чаще всего, в ноутбуках. Оно служит для перемещения курсора в зависимости от движений пальца пользователя.

Используется в качестве замены компьютерной мыши. Тачпады различаются по размерам, но обычно их площадь не превосходит 50 см². Компания Apple традиционно использует для обозначения тачпада слово Трекпад.

Работа тачпадов основана на измерении емкости пальца или измерении емкости между сенсорами. Емкостные сенсоры расположены вдоль вертикальной и горизонтальной осей тачпада, что позволяет определять положение пальца с нужной точностью.

Тачпады являются устройствами с довольно низким разрешением. Это позволяет использовать их в повседневной работе за компьютером (работа в офисных приложениях, интернет-серфинг), однако делает очень сложной работу в графических редакторах и невозможной игру в 3D-шутерах.

Однако у тачпадов есть и ряд преимуществ, по сравнению с другими манипуляторами:

- не требуют ровной поверхности, как мыши;
- расположение тачпада фиксировано относительно клавиатуры;
- работа с ними не требует особого привыкания, как, например, в случае с трекболом.

Основные производители тачпадов: Synaptics, Alps Electric Corporation, Cirque Corporation.

3.4.9.4. Периферия (внешние компоненты)

Периферийное оборудование позволяет ускорить процесс получения результата, выполнить более качественно все расчеты и проектные разработки, контролировать проектный процесс и многократно использовать полученные результаты.

1. Принтер (printer) – устройство для преобразования информации, хранящейся на запоминающих устройствах (текст, графика) в твердую копию, обычно на бумаге. Процесс этот называется вывод на печать, а получившийся документ – распечатка.

Принтеры, в зависимости от вида печати разделяют на цветные, черно-белые и фотопринтеры; в зависимости от способа нанесения символов (точек) на носитель на: алфавитно-литерные, матричные, струйные, лазерные.

Первый принтер, получивший название UNIPRINTER, был создан в 1953 году компанией Remington Rand для компьютера UNIVAC. По принципу действия напоминал печатную машинку. В СССР такие машины назывались АЦПУ (алфавитно-цифровое печатающее устройство). Их распечатки можно узнать по шрифту, похожему на шрифт печатной машинки и «прыгающим» по строке буквам.

Сейчас наиболее распространены следующие виды принтеров:

– **матричные.** Его механизм был изобретен в 1964 году компанией Seiko Epson. Изображение формируется печатной головкой, которая состоит из набора иголок (игольчатая матрица). Иголки ударяют по бумаге через красящую ленту, головка передвигается построчно вдоль листа. Выпускались принтеры с 9, 12, 14, 18 и 24 иглоками. Основное распространение получили 9-ти и 24-х игольчатые принтеры. Качество печати напрямую зависит от числа иголок, поскольку таким образом получается больше точек на дюйм, принтеры с 24-мя иглоками называют LQ (Letter Quality). Основными недостатками данного типа принтеров являются низкая скорость работы и высокий шум, однако благодаря дешевизне копии (расходным материалом, по сути, является только красящая лента) – они распространены до сих пор. Одна из самых первых технологий печати остается актуальна и на сегодняшний день благодаря низкой себестоимости расходных материалов.

– **струйные.** Первый работающий принтер по этой технологии появился в 1976 году – это был принтер от компании IBM. Принцип их действия похож на матричные принтеры тем, что изображение на носителе формируется из точек. Вместо головки с иглоками в струйных принтерах используется картридж с чернилами, на дне которого есть небольшие отверстия – сопла. Дальше различие идет в строении картриджа, существует три метода выталкивания жидкости из него:

- **пьезоэлектрическая** – самая первая технология, над соплом расположен пьезокристалл с диафрагмой. Когда на пьезоэлемент подается электрический ток, он изгибается и тянет за собой диафрагму – формируется капля, которая впоследствии выталкивается на бумагу. Используется в принтерах компании Epson. Технология позволяет «играть» размером капли, например, чтобы рисовать тонкие линии более мелкими каплями;

- *BubbleJet* (компания Canon). К каждому соплу идет тонкий канал – дюза, в ней расположен микроскопический нагревательный элемент, который при прохождении электрического тока мгновенно нагревается до температуры около 500°C, при нагревании в чернилах образуются газовые пузырьки (bubbles – отсюда и название технологии), которые выталкивают на капли жидкости из сопла на носитель;
- *Drop-on-demand* (компания Hewlett-Packard). Метод схож с пузырьковой технологией, однако используется более низкая температура нагрева и на бумагу попадает не капля, а пар. Эта технология работает немного быстрее, чем BubbleJet и позволяет получить более четкую печать.

– **лазерные принтеры.** По поверхности фотобарабана (металлический цилиндр, покрытый тонкой пленкой из фотопроводящего полупроводника (обычно оксид цинка)) равномерно распределяется статический заряд, после этого лазер наносит на барабан рисунок, изменяя заряд в тех местах, где необходимо поставить точки. Другим барабаном на фотобарабан наносится тонер – красящая пыль, после этого барабан прокатывается по бумаге, заряженной положительно и тонер перетягивается на бумагу. После этого бумага проходит через валики и нагревается для фиксации краски, а фотобарабан разряжается и очищается от остатков тонера.

Способы соединения с компьютером:

- *параллельный порт* (LPT – line printer terminal);
- *USB-интерфейс*;
- *сетевой интерфейс* – способность подключаться не к компьютеру, а к локальной сети компании. Этот способ подключения позволяет пользоваться принтером с нескольких компьютеров, при том, что принтер будет доступен всегда, а не только когда включен компьютер, к которому подсоединен принтер.

Принтеры и плоттеры позволяют выдать твердую копию. В САПР-АД используются струйные, лазерные и термосублимационные (фотопечатающие) принтеры. Следует отметить, что в последнее время в практике САПР начинают использоваться трехмерные принтеры (3D-принтеры), которые позволяют создавать трехмерные барельефы. Таким способом можно наносить изображение на пластик, дерево или легкий металл. 3D-принтеры могут работать в режущем и скульптурном режимах. Для создания макетов изображений применяются различные системы изготовления функциональных прототипов.

Модель фирмы Stratasys представляет собой камеру с подающими полимерный материал головками. Этот материал осаждается в виде рядов узких полосок на соответствующую подоснову. В результате в камере формируется точная масштабная копия изображения трехмерного объекта, представленного на экране дисплея.

В последние годы достаточно активно развивается направление быстрого прототипирования, основанное на разбиении пространственного объекта по слоям малой толщины и формировании набора плоских картинок-сечений. Каждое плоское сечение переносится на определенную подоснову средствами специальной установки. Все сечения складываются вместе в твердую копию математической модели объекта с точностью до толщины слоя.

Высокую точность физического воспроизведения модели обеспечивает технология SLA (Stereo Litography Apparatur), которая с помощью лазера формирует модель-прототип из жидкого фотополимера (рис 3.32). После распечатки текущего слоя за счет перемещений платформы верхняя кромка полученной части изделия опускается ниже уровня жидкого фотополимера ровно на толщину слоя.

Освещенные лучом лазера участки поверхности фотополимера быстро спекаются и осаждаются на платформе или ранее выращенной части прототипа. Данная технология быстрого прототипирования позволяет разрабатывать различные трехмерные модели, которые могут применяться как макеты, наглядные пособия, а также конструктивные элементы для последующей компоновки сложных узлов.

Программные пакеты послойного синтеза могут поставляться вместе с техническим обеспечением САПР как дополнение к различным системам автоматизации проектирования (ГеММа-3Б и др.).

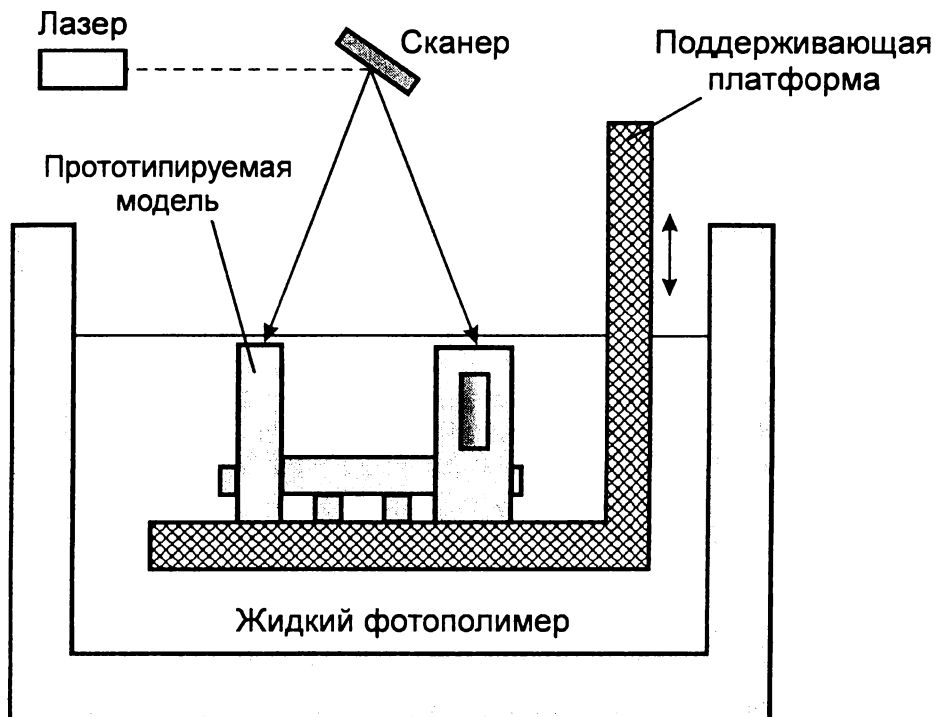


Рис. 3.32. Принцип действия технологии Stereo Litography Apparatur

2. Графопостроитель (от греч. grapho – пишу, рисую), **плоттер** – устройство для автоматического вычерчивания с большой точностью рисунков, схем, сложных чертежей, карт и другой графической информации на бумаге размером до А0 или кальке.

Графопостроители рисуют изображения с помощью пера (пишущего блока).

Связь с компьютером графопостроители, как правило, осуществляют через последовательный, параллельный или SCSI-интерфейс. Некоторые модели графопостроителей оснащаются встроенным буфером (1 Мбайт и более).

Типы графопостроителей:

- рулонные и планшетные;
- перьевые, струйные и электростатические;
- векторные и растровые

Назначение графопостроителей – высококачественное документирование чертежно-графической информации.

Графопостроители можно классифицировать следующим образом:

- по способу формирования чертежа: с произвольным сканированием и растровые;
- по способу перемещения носителя: планшетные, барабанные и смешанные (фрикционные, с абразивной головкой);
- по используемому инструменту (типу чертежной головки): перьевые, фотопостроители, с фрезерной головкой.

На рынке плоттеров доминируют устройства фирмы Hewlett-Packard. Неплохими плоттерами считаются модели DXY от фирмы Roland.

3. Сканер (scanner) – устройство, которое анализируя какой-либо объект (обычно изображение, текст), создает цифровую копию изображения объекта.

Сканируемый объект кладется на стекло планшета сканируемой поверхностью вниз. Под стеклом располагается подвижная лампа, движение которой регулируется шаговым двигателем. Свет, отраженный от объекта, через систему зеркал попадает на чувствительную матрицу (CCD – Couple-Charged Device), далее на АЦП и передается в компьютер. За каждый шаг двигателя сканируется полоска объекта, которые потом объединяются программным обеспечением в общее изображение.

В зависимости от способа сканирования объекта и самих объектов сканирования существуют следующие **виды**:

- **планшетные** – наиболее распространенный вид сканеров, поскольку обеспечивает максимальное удобство для пользователя – высокое качество и приемлемую ско-

рость сканирования. Представляет собой планшет, внутри которого под прозрачным стеклом расположен механизм сканирования;

- *ручные* – в них отсутствует двигатель, следовательно, объект приходится сканировать пользователю вручную, единственным его плюсом является дешевизна и мобильность, при этом он имеет массу недостатков – низкое разрешение, малую скорость работы, узкая полоса сканирования, возможны перекосы изображения, поскольку пользователю будет трудно перемещать сканер с постоянной скоростью;
- *листопротяжные* – лист бумаги вставляется в щель и протягивается по направляющим роликам внутри сканера мимо лампы. Имеет меньшие размеры, по сравнению с планшетным, однако может сканировать только отдельные листы, что ограничивает его применение в основном офисами компаний. Многие модели имеют устройство автоматической подачи, что позволяет быстро сканировать большое количество документов;
- *барабанные* сканеры применяются в полиграфии, имеют большое разрешение (около 10 тысяч точек на дюйм). Оригинал располагается на внутренней или внешней стенке прозрачного цилиндра (барабана);
- *слайд-сканеры* служат для сканирования пленочных слайдов, выпускаются как самостоятельные устройства, так и в виде дополнительных модулей к обычным сканерам;
- *сканеры штрих-кода* – небольшие, компактные модели для сканирования штрих-кодов товара в магазинах.

Основные характеристики сканеров:

- *оптическое разрешение* измеряется в точках на дюйм (dots per inch – dpi). Указывается два значения например 600x1200 dpi, горизонтальное – определяется матрицей CCD, вертикальное – определяется количеством шагов двигателя на дюйм;
- *интерполированное разрешение* – искусственное разрешение сканера достигается при помощи программного обеспечения. Его практически не применяют, потому что лучшие результаты можно получить, увеличив разрешение с помощью графических программ после сканирования. Используется производителями в рекламных целях;
- *скорость работы*. В отличие от принтеров, скорость работы сканеров указывают редко, поскольку она зависит от множества факторов. Иногда указывают скорость сканирования одной линии в миллисекундах;
- *глубина цвета* определяется качеством матрицы CCD и разрядностью АЦП. Измеряется количеством оттенков, которые устройство способно распознать. 24 бита соответствует 16 777 216 оттенков. Современные сканеры выпускают с глубиной цвета 24, 30, 36 бит. Несмотря на то, что графические адаптеры пока не могут работать с глубиной цвета больше 24 бит, такая избыточность позволяет сохранить больше оттенков при преобразованиях картинки в графических редакторах.

Основные производители: Agfa, Epson, HP, Mustek, Plustek, UMAX.

4. Модем – (аббревиатура, составленная из двух слов – Модулятор-Демодулятор) периферийное устройство для компьютера, позволяющее ему связываться с другим компьютером, оборудованным модемом через телефонную или кабельную (кабельное ТВ) сети.

Типы модемов:

- *по исполнению*: *внешние* – подключаются к COM или USB порту, имеют внешний блок питания; *внутренние* – устанавливаются в системный блок компьютера в слот PCI;
- *по принципу работы*: *аппаратные* – все операции и преобразования (цифро-аналоговые и аналого-цифровые) сигнала производятся отдельным процессором – Digital Signal Processor (DSP); *программные* – все операции над сигналом реализованы программно и производятся центральным процессором компьютера. При этом в модеме находится только линейная часть, обеспечивающая сопряжение уровней сигнала и их передачу в телефонную линию.

Наиболее распространены в настоящее время внутренний программный и внешний аппаратный модемы.

Устройство модема:

- *порты ввода-вывода с адаптерами.* Предназначены для обмена данных между телефонной линией и модемом, с одной стороны и модемом и компьютером – с другой;
- *сигнальный процессор (DSP)* модулирует исходящие сигналы и демодулирует входящие в соответствии с используемым протоколом передачи данных;
- *контроллер* управляет сигнальным процессором и обрабатывает команды компьютера;
- *микросхемы памяти:* ROM – энергонезависимая память, в которой хранится микропрограмма управления модемом; EPROM, EEPROM или NVRAM – энергонезависимая электрически перепрограммируемая память, в которой хранятся настройки модема в момент выключения; RAM – оперативная память модема, используется для буферизации принимаемых и передаваемых данных, работы алгоритмов сжатия и прочего; флэш-память – дополнительная память, которая используется для записи входящих голосовых и факсимильных сообщений при выключенном компьютере (ее имеют не все модемы).

Модемы с дополнительными возможностями:

- *факс-модем* – позволяет компьютеру, к которому он присоединен, передавать и принимать факсимильные изображения на другой факс-модем или обычную факс-машину;
- *голосовой модем* – имеет функцию оцифровки голосового сигнала с микрофона в блок данных и обратно. Это позволяет осуществить передачу голосовых сообщений в режиме реального времени на другой удаленный голосовой модем, прием сообщений от него и воспроизведение их через внутренний динамик. Возможно использование такого модема в режиме автоответчика и для организации голосовой почты.

5. Микрофон – устройство, позволяющее преобразовывать звук в электрический сигнал. Типы микрофонов: динамический, конденсаторный, электретный и угольный.

6. Акустическая система – набор устройств для воспроизведения или записи звука. В ПК обычно представляет собой набор колонок подключаемых к системному блоку

7. Источник бесперебойного питания (ИБП, UPS) – автоматическое устройство, позволяющее аппаратуре некоторое время работать от аккумуляторов ИБП, при пропадании электричества или выходе его параметров за допустимые нормы. Кроме того, оно способно корректировать параметры (напряжение, частоту) электропитания. Часто применяется для обеспечения бесперебойной работы компьютеров.

Существует **три схемы построения ИБП:**

- *резервный* – используется для питания персональных компьютеров или рабочих станций локальных вычислительных сетей. Практически все недорогие маломощные ИБП, предлагаемые на отечественном рынке, построены по резервной схеме. При выходе электропитания за нормированные значения или его отсутствии, автоматически переключает подключенную нагрузку на питание от аккумуляторов. При появлении нормального напряжения снова переключает нагрузку на питание от сети;
- *интерактивный* – тоже самое, кроме того, на входе присутствует ступенчатый стабилизатор напряжения, позволяя получить выходное напряжение синусоидальной формы, вместо прямоугольной, как у предыдущего варианта;
- *он-лайн* – используется для питания файловых серверов и рабочих станций локальных вычислительных сетей, а также любого другого оборудования, предъявляющего повышенные требования к качеству сетевого электропитания. Принцип работы состоит в двойном преобразовании напряжения. Сначала входное переменное напряжение преобразуется в постоянное, затем обратно в переменное напряжение с помощью обратного преобразователя (инвертора).

Некоторые ИБП оснащаются модулем, который способен передать компьютеру информацию о своем состоянии, при этом поставляющееся программное обеспечение, проанализировав ситуацию, позволяет выключить компьютер, завершив работу всех программ.

Характеристики ИБП:

- *выходная мощность*, измеряемая в вольт-амперах (VA) или ваттах (W);

- время переключения, то есть время перехода ИБП на питание от аккумуляторов (миллисекунд, ms);
 - время автономной работы, определяется емкостью батарей и мощностью подключенного к ИБП оборудования (мин.), у большинства офисных ИБП оно равняется 4-15 минутам;
 - ширина диапазона входного (сетевого) напряжения, при котором ИБП в состоянии стабилизировать питание без перехода на аккумуляторные батареи (вольты, V);
 - срок службы аккумуляторных батарей (обычно 5 и 10 лет).
- Основные производители: American Power Conversion (APC), Ippon, Liebert.

3.5. Лингвистическое обеспечение САПР

Лингвистическое обеспечение охватывает языки, применяемые для описания процедур автоматизированного проектирования, а также проектных решений. Следует отметить, что *понятие языка для лингвистического обеспечения оказывается более широким и общим, чем в обиходном понимании. Это система символов, правила их связи, обеспечивающие формирование непротиворечивых фраз и предложений, описывающих определенный процесс, явление, операцию или функционирование объекта.* Например, полноправным элементом лингвистического обеспечения САПР является как язык программирования Pascal (Delphi), так и язык, поддерживающий прямой диалог проектировщика с программной средой, напоминающий ограниченный русский язык. Таких языков в САПР достаточно много. Они весьма различны на разных уровнях и стадиях формирования проектных решений. *Лингвистическое обеспечение САПР объединяет в себе языковые средства алгоритмизации, программирования, проектирования и управления.*

Принципы алгоритмизации и программирования являются инвариантными по отношению к системам САПР. Языки программирования САПР – это средство разработчика программного обеспечения для формирования исполняемого кода. Различают структурные и декларативные языки программирования. Структурные языки отличает четкое распределение на программные модули и данные. Примерами таких языков могут служить Си, Pascal, Modula, Ada, PL, Fortran, Delphi. *Декларативные языки* применяются для программирования искусственного интеллекта и представляют особый интерес для САПР, так как позволяют разрабатывать компактные, полиморфные (самоизменяющиеся в зависимости от внешних условий) программы. Отличительным признаком декларативных языков (Smalltalk, Prolog, Lisp) является отсутствие четкого разделения на блоки кода и исходных данных.

Языки проектирования САПР разделяются на выходные, промежуточные, входные, внутренние и сопровождения. Входные языки могут служить для описания объектов и заданий. Для описания объектов применяются схемные, графические и языки моделирования.

Средства проектирования и управления специфичны для каждой САПР. Например, автоматизированное проектирование автомобильных дорог требует использования особой терминологии, которая квалифицируется как алфавит языка проектирования. В качестве базовых терминов (ядра лингвистического обеспечения) выступают наиболее часто встречающиеся, информационно-насыщенные, лаконичные, имеющие явно выраженную однозначную смысловую нагрузку слова и выражения. *Языковые средства управления САПР автомобильных дорог (САПР-АД) используют алфавит языка проектирования.* Кроме этого, должны быть разработаны формализованные логические системы контроля за корректностью промежуточных и конечных результатов. В качестве соответствующего алфавита используются ключевые слова, которые при различных конфликтных ситуациях обеспечивают остановку программы для вывода определенных подтверждений (табл. 3.12).

Следует отметить, что в настоящее время отсутствует стройная и целостная система, позволяющая разрабатывать алфавиты языка управления лингвистического обеспечения САПР транспортных коммуникаций. Остается надеяться, что в ближайшей перспективе такая важная и интересная проблема найдет свое разрешение в трудах теоретиков и практиков-проектировщиков.

Таблица 3.12. Алфавит языка управления лингвистического обеспечения

Характер средств языка управления	Сообщения	Указания	Предупреждения	Ошибки
Общесистемные средства	Запись в базу Считывание файла Запись файла	Выбрать режим Записать (Y/N)? Стереть (Y/N)? Данные из базы (Y/N)? Ввести пароль	Нет файла Нет доступа Устройство отсутствует Недостаточно памяти	Ошибка ввода Ошибка чтения Неверный параметр
Средства САПР-АД	Расчет координат ВУ Расчет координат НК Расчет координат КК	Радиус кривой Выбрать масштаб Указать точку отсчета	Недостаточный радиус кривой	Слишком большой уклон (повторить расчет)

3.6. Методическое обеспечение САПР

Методическое обеспечение характеризуется документами и руководствами, которые определяют порядок ввода, запуска, эксплуатации автоматизированной системы, особенно-сти данной САПР, перспективы ее дальнейшего развития.

Методология эксплуатации конкретной САПР должна включать в себя *общесистемные вопросы*, связанные с порядком ввода программного обеспечения, порядком действий персонала при невозможности его запуска, сбойных ситуациях и т.д. Эти операции в основном зависят не столько от конкретного программного пакета, сколько от технического обеспечения. Отказы часто связываются с невозможностью печати на конкретном типе принтера или плоттера из-за различных протоколов печати выводными устройствами различных фирм, затруднений с использованием сканеров при вводе изображений с бумаги в электронном виде и пр.

Документация по конкретной САПР представляет собой многотомный пакет, в котором детально, пошагово рассматривается любая операция, связанная с применением пакета автоматизации проектирования. Покупатель лицензионной версии программного обеспечения имеет право на установленную договорными обязательствами консультационную поддержку со стороны представителя фирмы-производителя. Наладка соответствующего программного и технического обеспечения, обучение персонала входит в стоимость пакета САПР либо составляет незначительную сумму. Новые версии данного пакета такой пользователь получает со значительной скидкой (от 20 до 50 и более процентов). *Поэтому методическое обеспечение играет большую роль в практике эффективного использования САПР.* При использовании легальных лицензионных версий прилагается набор соответствующей документации (3-5 томов подробнейшей инструкции с примерами и фотографиями экранов). Однако мировая практика использования САПР утверждает, что лицензионных программных продуктов в различных странах эксплуатируется от 5 до 50 %. Пользователи не особенно заботятся о качественном методическом обеспечении. В этом отношении достаточно показательным в настоящее время может быть так называемое «Правило 80/20», согласно которому 80% пользователей программного обеспечения знают о 20% возможностях данного пакета. Следовательно, нелегальное использование программ резко сокращает их эффективность, а обучение методом проб и ошибок значительно растягивает период адаптации пользователя к новой технологии.

3.7. Организационное обеспечение САПР

Организационное обеспечение включает в себя все квалификационные требования к взаимодействию пользователя или проектной организации с системой автоматизации: инструкции; приказы; распоряжения, имеющие отношение к запуску, апробированию, плановой эксплуатации, ремонту, сопровождению и установке новых версий САПР. В зависимости от преследуемой цели использования устанавливается иерархия должностных лиц, отвечающих за эффективную эксплуатацию САПР.

При внедрении САПР в учебный процесс должен быть налажен строгий учет использования времени ЭВМ студентами со стороны оператора или преподавателя с соответствующими записями в журнал. Также должны записываться все нарушения в работе системы, сбои, зависания и пр.

Использование САПР для *исследовательских целей* требует более высокой квалификации обслуживающего персонала. Контроль должен проводиться администратором системы, постоянно согласующим свои действия с технологом-практиком, имеющим большой опыт работы в проектной организации.

Следует отметить особую роль организационного обеспечения в общей схеме эффективной эксплуатации САПР. Специфика транспортной отрасли часто требует более тесного контакта технологов и отделов компьютерного обслуживания проектных предприятий. Грамотное планирование предстоящих работ может привести к существенному сокращению продолжительности отдельных этапов проектировочной деятельности. Например, использование локальных и радиосетей позволит передавать оцифрованные результаты полевых измерений и натурных съемок местности непосредственно в группу проектирования без промежуточной записи на различные носители информации.

Организационное обеспечение тесно связано с методическим. Помимо того, что они являются полноправными элементами общей системы базового обеспечения САПР, и организационное, и методическое:

- *требуют документального оформления* основных положений своего применения. Продажа лицензионных версий САПР сопровождается инструкциями пользователю (методическое обеспечение) и правилами установки конкретной версии, перечнем возможных конфликтов с аппаратным обеспечением (организационное обеспечение);

- *зависимы от человеческого фактора* и дополняют социальную среду своего функционирования. Ни одна из составляющих базовую среду САПР не зависит в такой степени от пользователя, как методическое и организационное обеспечения. Опыт проектировщика, его существующие навыки работы с программными комплексами, отношение к САПР как инструменту проектирования, этика пользователя и его информационная культура практически определяют эффективность работы этих видов базового обеспечения;

- *более скрытны по характеру своего проявления.* Программное, техническое, информационное обеспечения представляют собой материализованные сущности. Обиходное представление о САПР как о большой программе, которая работает на сверхмощном компьютере, до сих пор преобладает. Однако при таком подходе многие предприятия после приобретения систем автоматизированного проектирования не смогли достичь планируемой эффективности, предсказываемой технико-экономическими расчетами. И только кропотливая работа по изучению потребностей конкретного предприятия в определенных информационно-проектировочных сервисах с использованием опыта специализированных консалтинговых компаний позволяет добиться ощутимых результатов повышения производительности труда проектировщиков.

4. КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА В САПР

4.1. Классификация графической информации

Уже с первых версий программных продуктов САПР графика стала использоваться как полноправный инструмент расширения возможностей проектировщика. Графическое решение задач имеет следующие **преимущества**:

- 1) зрительное представление реального объекта проектирования с дальнейшим его конструированием;
- 2) проведение модельного проектирования абстрактного объекта с указанием связей, взаимодействующих элементов и др.;
- 3) минимум времени на осмысление проектировщиком результатов вычислений;
- 4) активизация мыслительных способностей проектировщика в направлении получения эффективных проектных решений.

Графическая информация в САПР классифицируется:

- 1) в зависимости от степени влияния проектировщика на графическую информацию:

- статичные изображения;
- динамические изображения, формируемые программными средствами без участия проектировщика;
- интерактивное взаимодействие проектировщика и программной среды, приводящее к появлению потребных для проектировщика изображений объектов;
- когнитивная графика (способствующая познанию) – визуальное представление скрытого содержания объектов с использованием неформальных методов (звуковое и цветовое сопровождение результатов расчетов);

- 2) в зависимости от размерности изображаемых объектов:

- плоскостные (двумерные);
- пространственные (трехмерные);
- субпространственные (абстрактные);

- 3) в зависимости от степени динамичности графики:

- *пассивная графика* – это фиксированное, не изменяющееся изображение, которое выводится на бумагу, пленки с помощью различных печатающих устройств (принтеров и плоттеров). Пассивную графику нельзя использовать повторно, кроме как сканировать изображение и перевести его в электронный вид. Результатом вывода на твердую копию анимационного фильма может быть ряд отдельных кадров;
- *динамическая графика* обеспечивается дисплеями, жидкокристаллическими панелями, способными регенерировать изменяющееся от кадра к кадру изображение, воспринимаемое человеческим глазом как непрерывное, плавное перемещение и изменение объектов в секторе обзора;

- 4) в зависимости от соотношения текстовой и графической информации на экране дисплея:

- текст + рисунок;
- текст + динамическое изображение;
- изображение + текст;
- изображение.

Различие между рисунком и динамическим изображением заключается в свойствах графических структур, которые исключают или имеют возможность изменять свой внешний вид, генерируя новые кадры на отведенной площади экрана дисплея.

4.2. Графические шаблоны

Компьютерная графика позволяет формировать базу данных графических примитивов, которые используются при проектировании. Выполнение проектов по разработке транспортных коммуникаций требует применения целого ряда типовых шаблонов, неизменных от проекта к проекту по размерам, структуре и другим характеристикам. Такие заготовки выгодно оформлять в виде неделимых объектов, используемых многократно с существенной экономией времени.

По оценкам экспертов подготовка базы данных типовых объектов сокращает общую продолжительность проектного процесса в зависимости от сложности шаблонов и частоты

их использования на 10-20 %. Например, в базу графических данных САПР автомобильных дорог целесообразно включать параметрические клотоиды, отгоны виражей, переходно-скоростные полосы, путепроводы, дорожные знаки. Причем такая база данных должна быть разделена по специфическим признакам на разделы («Дорожные знаки», «Проектирование плана», «Проектирование профиля» и др.). Доступ к структурированной базе графических примитивов должен быть быстрым и удобным. В этом отношении в пакетах САПР реализуются схемы многоуровневого меню (рис. 4.1).

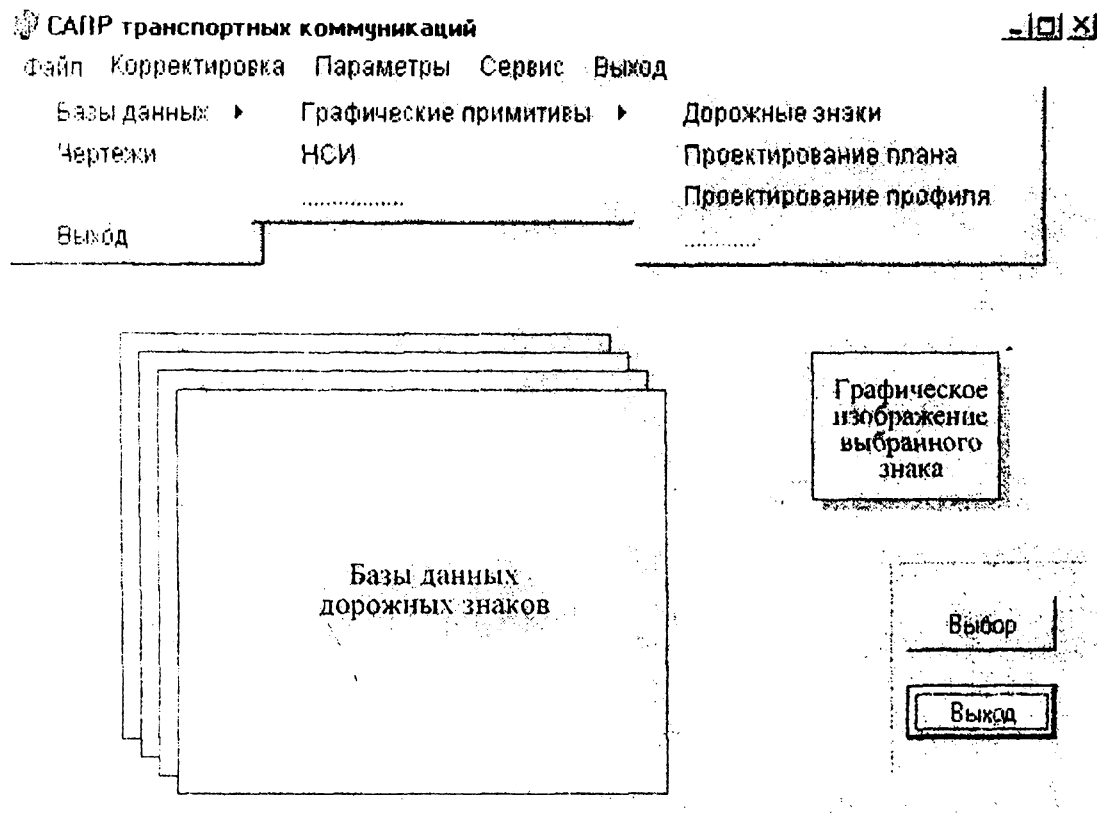


Рис. 4.1. Подпрограмма доступа к графической базе данных пакета САПР

Благодаря повышению быстродействия ЭВМ в процессе проектирования появляется возможность оперативного внесения изменений в электронный чертеж или сложное трехмерное изображение. Незначительные задержки перерисовки новой сцены на экране дисплея из-за необходимости проведения расчетов нового положения объектов позволяют активно использовать в графике интерактивные схемы взаимодействия проектировщика и пакетов САПР. Интенсивный диалог «человек + программа» в процессе проектирования резко сокращает время получения эффективного результата, обеспечивает качество конечной продукции в виде масштабированных чертежей или цветных фотореалистических изображений, полученных средствами технического обеспечения САПР.

4.3. Типы моделей в САПР

Графическое представление объекта есть результат геометрического моделирования. Наиболее простые двумерные модели представляют собой сечения объектов некоторой плоскостью либо изделие в различных видах. В транспортном проектировании часто оказывается достаточно использование двумерной модели, иллюстрирующей вид в плане. Масштабное изображение плана трассы железной или автомобильной дороги на картографической подоснове, нити трубопровода, разводки подземных городских коммуникаций, рейдов речных и морских портов – вот неполный перечень проектных работ транспортной отрасли, где отсутствие третьего измерения компенсируется цветовым выделением различных элементов.

Более наглядным и реалистичным является *трехмерное изображение*. Программное обеспечение, формирующее трехмерные модели (3D-модели), использует три основных типа представления изображения: каркасный («проволочный»), поверхностный, сплошных тел.

Каркасные модели используются для вывода наиболее простых объектов, имеющих плоские грани и незначительное количество ребер. Для представления каркасной модели достаточно иметь координаты вершин и соединяющие их вычерченные ребра (рис. 4.2).

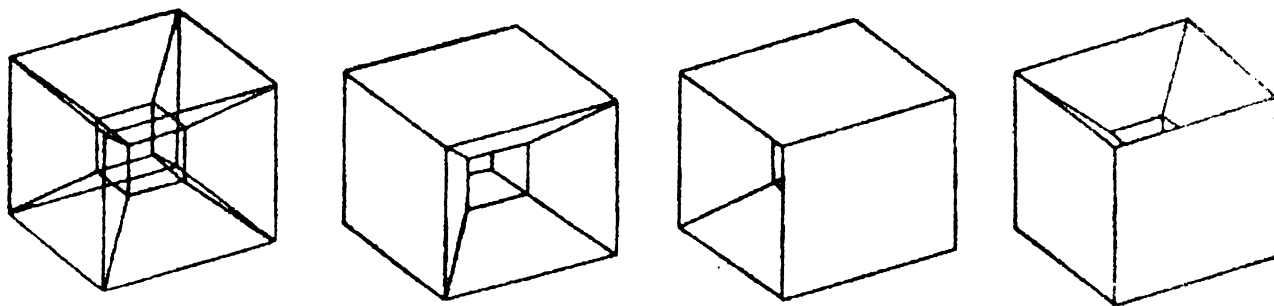


Рис. 4.2. Каркасная модель

Однако даже для простых объектов возникает неоднозначность интерпретации связи отдельных вершин и ребер. Для корректного восприятия модели требуется дополнительная обработка, заключающаяся в исключении видимости отдельных связей вершин плоскостями, находящимися между этими связями и наблюдателем.

Для объектов сложных нелинейных форм применяются **поверхностные модели**, видимые границы которых описываются различными математическими методами аппроксимации поверхности. Подбор криволинейных элементов производится с помощью сплайнов, обеспечивающих реалистичное изображение (рис. 4.3).

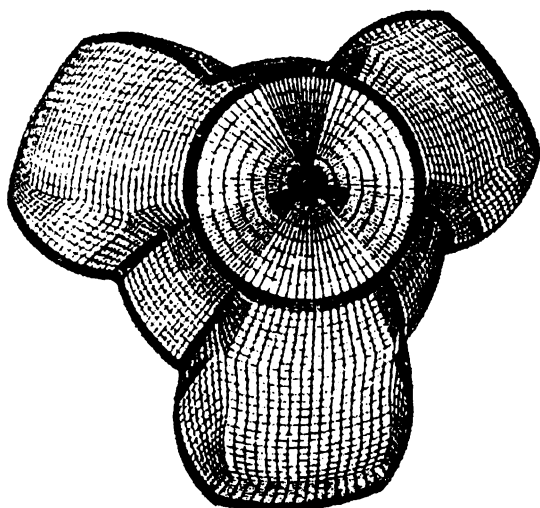


Рис. 4.3. Поверхностная модель

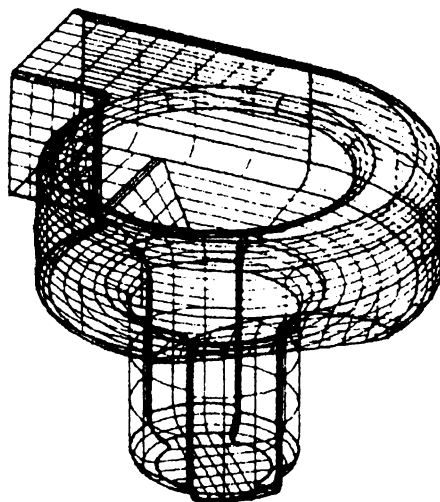


Рис. 4.4. Объемная модель

Объемные модели позволяют представить объекты наиболее совершенного вида с точки зрения восприятия их пользователем. Все поверхности такой модели выводятся на экран дисплея после обработки различными программными алгоритмами расчета изменения освещенности участков, бликов, теней (рис. 4.4).

Все три типа 3D-моделей можно рассматривать не только как различные подходы к графическому представлению одного и того же объекта, но и как цепочку предварительной обработки данных для получения реалистичного изображения.

На первом этапе объект разбивается на ряд связанных параллелепипедов, внутри которых вписываются поверхности сложного объекта (каркасная модель). Далее следует сглаживание граней параллелепипедов до касания их с поверхностью объектов (поверхностная модель).

Второй этап позволяет выполнить расчет видимости граней с исключением последних из чертежа. На этом этапе производится операция «натягивания» на поверхность соответствующего материала, что придает модели цвет, фактуру, определяет характер изменения ее освещенности в зависимости от точки расположения источника света и его силы (объемная модель) (рису. 4.5).

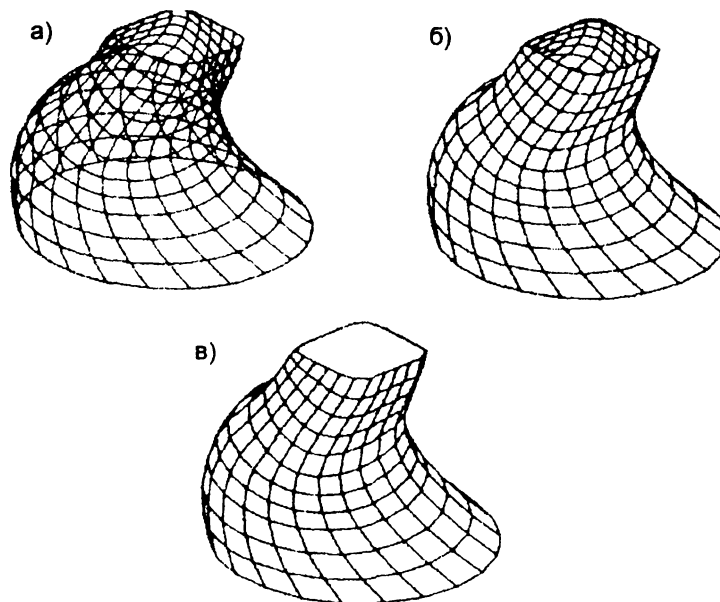


Рис. 4.5. Различные типы моделей представления объекта: а – каркасная; б – поверхностная; в – объемная

В САПР при графическом представлении моделей используются различные алгоритмы расчета объектов, обеспечивающие реалистичность изображений. Такие алгоритмы являются основой ядра геометрического проектирования. В настоящее время многие САПР используют ядра **Parasolid** и **Acis**, отличающиеся быстротой и надежностью расчетов. Их различия касаются, прежде всего, пользовательского интерфейса, общей организации структуры данных, механизмов решения конкретных задач, например, создания сборочных моделей, получения двухмерных чертежей по 3D-моделям.

Некоторые отечественные САПР-продукты имеют свое ядро геометрического моделирования (например, T-FLEX CAD фирмы Аскон), не уступающие по своим характеристикам зарубежным аналогам.

В приложениях, моделирующих трехмерную сцену, редко используются одноцветные грани. Чаще всего на них нанесен некоторый рисунок, называемый **текстурой грани**.

Строительными блоками трехмерной модели являются различные треугольники, размер и ориентация которых могут создавать у наблюдателя устойчивую иллюзию трехмерного изображения (рис. 4.6).

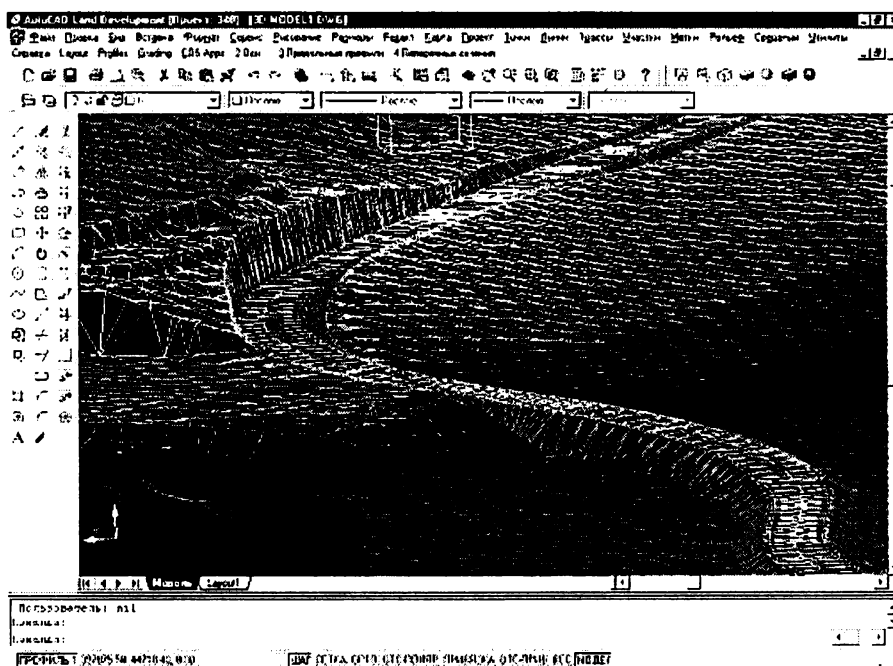


Рис. 4.6. Трехмерное изображение участка автомобильной дороги

Соотношение угла зрения проектировщика к ориентации плоскости в точке наблюдения объекта позволяет рассчитать параметры треугольников, включая их цвет, степень прозрачности, видимость граней и т.д. *Количество текстурированных (закрашиваемых по определенному правилу) треугольников, выводимых графической системой на экран дисплея в секунду*, является одной из важнейших характеристик программно-аппаратной среды САПР. В настоящее время этот показатель может достигать 1 млрд. текстурированных треугольников (текстелей) в секунду.

4.4. Особенности реалистичного воспроизведения модели объекта в САПР

Визуальное представление объектов проектирования на экране является неотъемлемым атрибутом любой системы автоматизированного конструирования. Различные САПР выполняют эту работу с определенной степенью детализации. В практике компьютерной анимации используется термин **«рендеринг»**, обозначающий процесс воссоздания изображения по данным программного расчета. В настоящее время возможности компьютерной обработки изображений позволяют представить на экране реалистичные трехмерные картины, по качеству не уступающие фотографиям (рис. 4.7).



Рис. 4.7. Проектирование участка автомобильной дороги в САПР PLATEIA 5.0

Рендеринг трансформирует результаты проектных расчетов в легко воспринимаемый вид объекта, располагаемого в ракурсе удобного обзора. Так как расчет освещенности, цвета, тени может производиться программой с любого положения точки наблюдения, то возникает возможность перемещения этой точки по некоторой траектории с динамическим определением параметров объекта. При этом на экране дисплея проектировщик может совершить «облет» модели по заданному пути, приблизиться или удалиться от нее на определенное расстояние, рассечь по указанному сечению. Например, *визуализация участка проектируемой автомобильной дороги позволяет провести целый ряд «испытаний»:*

- *оценить трассу с точки зрения безопасности, «проехав» на виртуальном автомобиле (уточнить положение дорожных знаков, провести дополнительные расчеты опасных участков, изменить план и профиль элементов дороги, не выдержавших испытание);*
- *отметить места поперечных сечений полотна и определить объемы земляных работ и другие параметры дорожных одежд, оценить сложность производства работ по отсыпке земляного полотна;*

– наметить ландшафтно-архитектурные решения по формированию полос зеленых насаждений в зоне проложения трассы автомобильной дороги (выбор и сравнение текстур рисунков, определяющих парковый ансамбль, зону посадки хвойных, лиственных, плодово-ягодных деревьев и кустов и др.).

Данный подход позволяет проводить комплексную оценку полученного проектного решения, которое соблюдает все требования нормативного характера и одновременно является объектом единого регионального застроечного ансамбля городской, пригородной или удаленной зон.

Компьютерная графика помогает проектировщику взглянуть на результат своего творчества, приподнять таинственную завесу времени, увидеть несуществующее во всех деталях и подробностях, часто невозможных даже для реальных объектов. Проектировщик оказывается наделенным магическими способностями совершения различных манипуляций с проектом, размах которых ограничивается только его фантазией.

Можно подняться на многокилометровую высоту и взглянуть на проектируемую (но уже действующую) транспортную сеть М-ского мегаполиса, увидеть заторы автомобилей на подходах к узлу пересечения, заметив недостаточную плотность сети на восточном направлении.

Можно опуститься вниз, проникнув на 0,3-0,5 м ниже уровня дороги, и со скоростью 1 с/год изучать динамику нагрузок на элементы дорожной одежды и видеть происходящие разрушения слоев. Причем такие картины можно просматривать для различных скоростей движения автомобилей, типов транспортных средств, температурных колебаний, распределения атмосферных осадков, характера покрытия дороги и др.

Можно стать простым статистом, исследуя режимы работы виртуальных остановок городского общественного транспорта, фиксируя зависимость числа пассажиров, ожидающих конкретный маршрут, от интервалов следования данного маршрута.

Посредством компьютерной графики можно моделировать будущее состояние технической системы, создавая целые виртуальные миры, которые могут существовать не только во время обозрения и изучения их проектировщиком, но и без его участия. В настоящее время разработаны и активно используются сложные программные пакеты, в которых создаваемые виртуальные объекты и сценарии развиваются и взаимодействуют между собой по определенным законам. Интеграция транспортной инфраструктуры в общую динамическую схему существования виртуального города, промышленного центра не представляет проблем. Можно отметить целый ряд программных продуктов игрового плана, в которых экономическая стратегия развития региона включает модели развития транспорта (Transport Tусооп, Loco-Commotion. «Транспорт-2002» и др.). Особого прикладного значения они не имеют, однако могут с успехом использоваться в качестве тренажеров.

Таким образом, компьютерная графика является важным звеном, воплощающим проектное решение, полученное проектировщиком, в наглядное изображение. Необходимо лишь выбрать базовый программный продукт, поддерживающий формат представления выходных данных САПР и требуемый уровень детализации. В результате на плазменном дисплее 40" можно получить анимационный ролик, снятый с качеством хорошей кинокамеры, продолжительностью от 2-х до 20 минут, повествующий об удивительных событиях мира транспорта, происходящих на фоне реальной жизни большого, но виртуального города.

5. ПРОГРАММНЫЕ ПАКЕТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ КОММУНИКАЦИЙ

Как отмечалось ранее, сложность, специфичность и узкопрофильность проблем проектирования транспортных коммуникаций существенно ограничивает сферу применения соответствующих программных продуктов. Незначительность рынка проектных услуг в области транспорта лимитирует объем финансовых средств, направляемых на дальнейшее совершенствование существующих версий транспортных САПР. В результате в настоящее время мы имеем целый ряд программных продуктов, выполняющих цели транспортного проектирования, но с ограниченным функциональным назначением (с фиксированной нормативной базой, с невозможностью проведения некоторых работ проектного процесса, с закрытыми форматами выходных параметров и др.). Многие пакеты транспортных САПР представляют собой расширение среды AutoCAD, в которую добавляются специальные функции расчета параметров и визуализации результатов проекта.

5.1. Программный пакет CADdy

CADdy является интегрированным пакетом автоматизации проектирования и управления производственными процессами широкого класса. Данный пакет на рынке продуктов САПР появился впервые в 1983 году как редактор чертежей. Его создатель – немецкая фирма **ZIEGLER-Instruments GmbH** – стала развивать CADdy как модульную структуру, обеспечивающую решение различных задач в области машиностроения, электроники, геодезии. Открытая архитектура пакета позволяет развивать возможности CADdy благодаря внедрению новых программ-приложений на различных языках программирования. В состав пакета введена дополнительная возможность для гибкой настройки технологий проектирования в виде мощной встроенной системы программирования PLUS.

CADdy включает в себя следующие модули: CADdy «Машиностроение», CADdy «Промышленные установки», CADdy «Электроника», CADdy «Электротехника», CADdy «Архитектура», CADdy «Геодезия».

Система CADdy «Геодезия» предназначена для обработки данных в таких областях как геодезия, топография, проектирование дорог. В этом модуле выделяется 4 подсистемы:

- «Геодезия-1» обеспечивает преобразование данных полевых измерений, полученных с помощью электронных приборов с широким набором функций для редактирования; контролем измеренных в полевых условиях расстояний; вычислением площадей районов, ограниченных полигонами; вычислением по известным координатам пунктов азимутов и расстояний относительно геодезических пунктов; вычислением высоты точек с учетом кривизны земной поверхности на данной широте и др.;

- «Геодезия-2» позволяет выбирать координаты из существующих файлов данных и создавать по ним топографические карты и планы местности. Многослойная техника построения чертежей позволяет разработать тематические карты и планы. Кроме того, в цифровую модель местности можно внести дополнительную информацию;

- «Геодезия-3» обеспечивает построение трехмерной модели местности по данным полевой съемки с изображением продольных и поперечных профилей поверхности района по заданной трассе, сеточной трехмерной модели поверхности, определением объема массы грунта относительно заданного уровня;

- «Геодезия-4» содержит функции для расчета осей при прокладке городских улиц и дорог, продольных сечений уличного полотна, вычисления объемов строительных материалов.

В начале 90-х годов прошлого столетия пакет CADdy появился на российском рынке программных средств САПР.

Отличительные особенности пакета CADdy следующие.

1. В отличие от системы AutoCAD, которая разрабатывалась как мощный графический пакет, а уже потом другие фирмы создавали прикладные программы, разработчики CADdy изначально ориентировались на создание **комплексной проектирующей системы**. Графический пакет системы включает в себя практически все возможности, предусмотренные в системе AutoCAD версии 12, и дополнительно обеспечивает импорт и экспорт файлов в формате PCX и GIF. Позволяет одновременно иметь на экране векторное и растровое изо-

бражение и осуществляет эффективную систему управления проектами, в том числе и сетевыми.

2. Принципы работы с системой CADdy предусматривают **гибкую технологию организации труда на нескольких рабочих местах**. Пользователь имеет возможность сконфигурировать наборы модулей на каждом рабочем месте оптимальным образом, так что группа, состоящая из специалистов разного профиля, сможет работать над проектом параллельно. При наличии локальной сети, допускается свободный обмен данными между рабочими местами. Несмотря на относительно недавнее появление CADdy на российском программном рынке, система уже привлекла внимание землеустроителей, архитекторов, строителей, специалистов по городскому планированию и инженерным сетям, а также геодезистов и картографов.

3. Программа находит **широкое применение** при создании территориальных земельных кадастров, банков данных геоинформационных систем, обработке геодезических изысканий, в том числе, с использованием аэрофотосъемки и специальных геодезических приборов. Программа сертифицирована Роскомземом РФ для разработки интегрированных кадастровых информационных систем и успешно используется для создания территориальных кадастров более чем в 150 городах и районных центрах Российской Федерации. Так, с применением системы CADdy и электронных геодезических приборов фирмы Karl Zeiss, выполнена обработка геодезической съемки и формирование банка данных земельного кадастра города Рязани. Управлением архитектуры и градостроительства Тверской области выполнен проект реконструкции исторического центра г. Кашина.

4. В значительной степени широкому распространению программы способствует то, что система CADdy представляет собой **«золотую середину» по соотношению цена/эффективность**. Ее возможности близки к возможностям универсальных мощных геоинформационных систем, ориентированных на рабочие станции. В то же время система доступна по цене.

5. Немаловажным является и тот факт, что программа **полностью русифицирована, хорошо документирована**, а лицензионным пользователям предоставляется право на техническую помощь, обучение, консультации и сопровождение.

6. Система CADdy строится по **модульному принципу** и включает в себя более 80 программ. Пользователи системы формируют свои рабочие места из ее отдельных компонентов, что позволяет экономить средства и наращивать систему в процессе ее эксплуатации.

7. **Ядро системы – базовый пакет (CADdy GP)**, является мощным графическим редактором, реализующим функции создания и редактирования графических объектов, масштабирования, создания и размещения надписей и условных знаков (точечных, линейных и площадных), нанесения заливок и штриховок. Пользователь имеет возможность создания собственных библиотек шрифтов и условных знаков. Базовый пакет CADdy также включает функции доступа к табличным базам данных формата DBF и является исполняющей средой для пользовательских программ и функций, написанных на языке СИ с помощью модуля CADdy PLUS.

8. Новая версия CADdy поддерживает **совместную обработку растровой и векторной информации**. При этом сканерная копия карты или снимка становится дополнительным слоем цифровой карты CADdy.

Появляется **новый класс объектов – растр/вектор**, который автоматически обрабатывается всеми стандартными функциями системы (включая редактирование, перемасштабирование, геометрические преобразования и трансформации). Реализован вывод гибридных чертежей с растровой и векторной графикой. Растровое изображение сжимается с коэффициентом до 50:1, что позволяет организовать хранение большого количества растровых изображений в памяти компьютера.

9. Существует также **возможность быстрого наполнения банка данных CADdy** путем конвертирования массивов информации из других систем. Это достигается использованием стандартных конвертеров известных обменных форматов (DXF, IGES, REB, SICAD, PROCART и др.) и прямым преобразованием в форматы данных CADdy, опираясь на их полную открытость и документированность.

10. Имеется возможность визуального программирования. Пользователь выполняет действия, реализующие его функцию, например, рисует окружность, а программа компилирует соответствующую программу на языке Си.

Полностью русифицированная CADdy версии 11.0 работает на персональных компьютерах PC386/486 и PENTIUM, поддерживает широкий спектр графических адаптеров, позволяет использовать разнообразные устройства ввода/вывода информации (сканеры, дигитайзеры, плоттеры и принтеры), способна эффективно обрабатывать большие объемы цифровых и графических данных.

Для автоматизированного проектирования автомобильных дорог CADdy содержит **модуль «Проектирование дорог» (CADdy STR)**. В каждом проекте можно создать максимально 99 дорог. В качестве основы для проектирования дорог используется цифровая модель рельефа (ЦМР) (рис. 5.1).

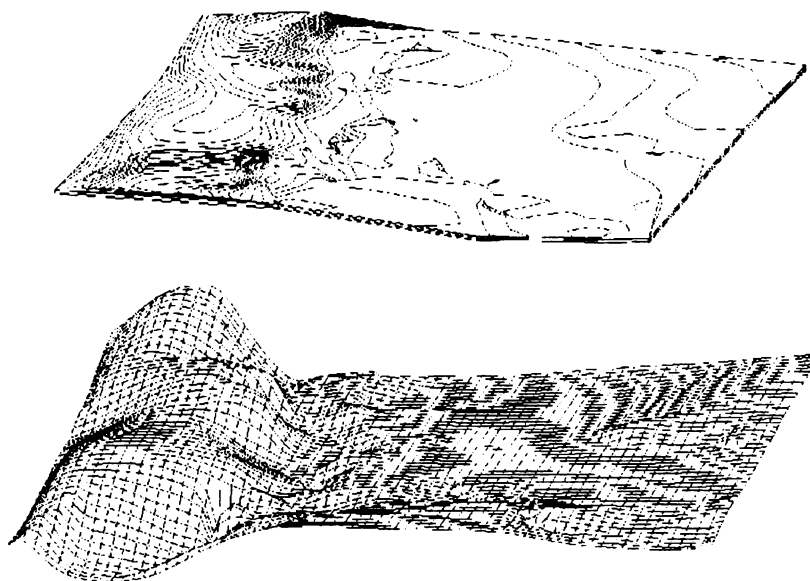


Рис. 5.1. Цифровая модель рельефа местности, построенная в CADdy STR

В плане ось дороги строится из прямых участков, сопрягающихся между собой горизонтальными кривыми постоянного и переменного радиуса кривизны (рис. 5.2).

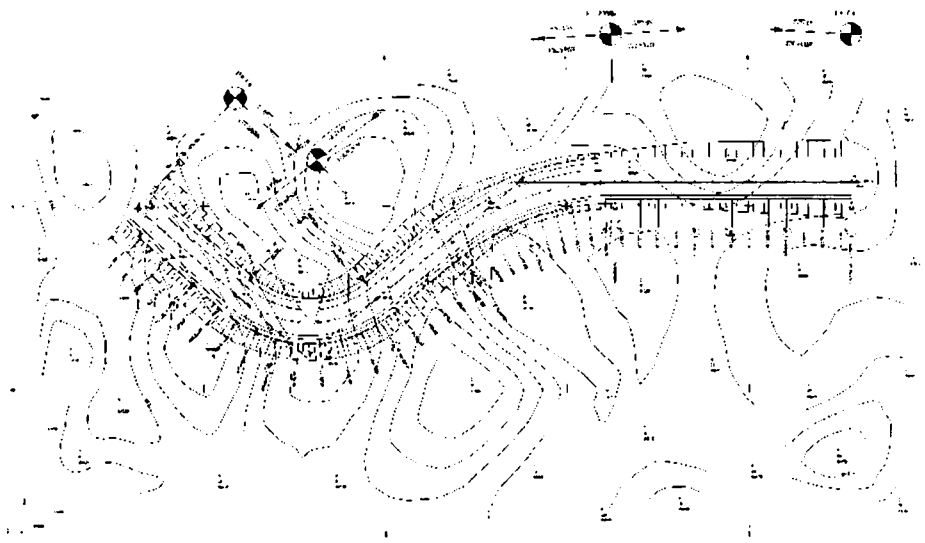


Рис. 5.2. Горизонтальная планировка дороги в CADdy STR

В продольном профиле трасса дороги состоит из линий различного уклона, соединяющихся между собой вертикальными круговыми кривыми. Проверка соблюдения нормативов на проектирование дорог в зависимости от ее категории. Создание разбивочного плана главных точек оси дороги, относительно которых на определенном расстоянии (в плане или по высоте) должна проходить ось/граница дороги (например, мостовые переходы, зоны отчуждения, высотные препятствия). Границы дорожного полотна (максимально 99 левых и 99 правых границ), обочин, газонов, откосов, кюветов задаются как относительно оси дороги, так и относительно друг друга.

Значения поперечных уклонов основных элементов дороги устанавливаются в соответствии с техническими условиями на ее проектирование. Построение продольного профиля выполняется с учетом пикетов, высотные отметки которых вычисляются по ЦМР. Пикеты дополняются точками перегиба рельефа и точками пересечения трассой дороги сооружений и водотоков. Для плавного сопряжения участков продольного профиля дороги задаются вертикальные кривые необходимого радиуса. Для безопасного движения автотранспорта на кривых в плане устраиваются виражи с уширением проезжей части, а дорожному полотну придается односкатный поперечный профиль с наклоном к центру кривой.

Также возможно решение следующих задач:

- проектирование транспортных развязок (пересечений или примыканий);
- построение на развязках каплевидных и треугольных островков безопасности, различных скруглений (3-элементная дуга), правых и левых поворотов;
- проектирование бордюров, барьерных ограждений, систем водоотвода, шумозащитных заграждений, многослойного дорожного покрытия (битумные, бетонные, брусчатые);
- расчет линий пересечений с цифровой моделью рельефа при проектировании откосов или каналов;
- создание двумерного (2D) или трехмерного изображения (3D) построенной дороги для визуального просмотра;
- выполнение ортогональной или полярной привязки проекта трассы дороги к точкам геодезического обоснования;
- оформление типовых профилей с простановкой размеров и штриховкой отдельных слоев;
- количественный расчет объемов и площадей покрытий дороги по слоям и создание спецификаций.

Для установки CADdy STR требуется базовый пакет CADdy.

В состав пакета CADdy также входит **модуль CADdy FMB**, который обеспечивает нанесение разметки и расстановку дорожных знаков на дорогах, созданных модулем CADdy STR. *Решаемые задачи:*

- создание маркировки на развязках, запретных зонах (у капель и треугольных островков), вдоль оси и границ, а также поперек проезжей части (переходы, переезды, пешеходные зоны и т.д.);
- возможно произвольное создание линий продольной или поперечной разметки;
- каталог включает около 500 дорожных знаков (предупреждающих, запрещающих и т.д.);
- создание полной документации о наличии всех дорожных обозначений.

Для установки CADdy FMB также требуется базовый пакет CADdy.

5.2. Программный пакет InRoads

InRoads – программный пакет, обеспечивающий решение некоторых задач координатной геометрии, проектирования дорог и ландшафтов. Модульная архитектура предоставляет проектировщику все средства для обеспечения жизненного цикла проекта: от обработки материалов натурных съемок до разработки плана и продольного профиля трассы. Одной из **ключевых возможностей пакета** является проектирование любых линейных сооружений (дорог, каналов, дамб). Для визуализации решений при разработке проектов вертикальной планировки служат модули просмотра модели в виде отдельных точек, полигонов или сети треугольников (рис 5.3).

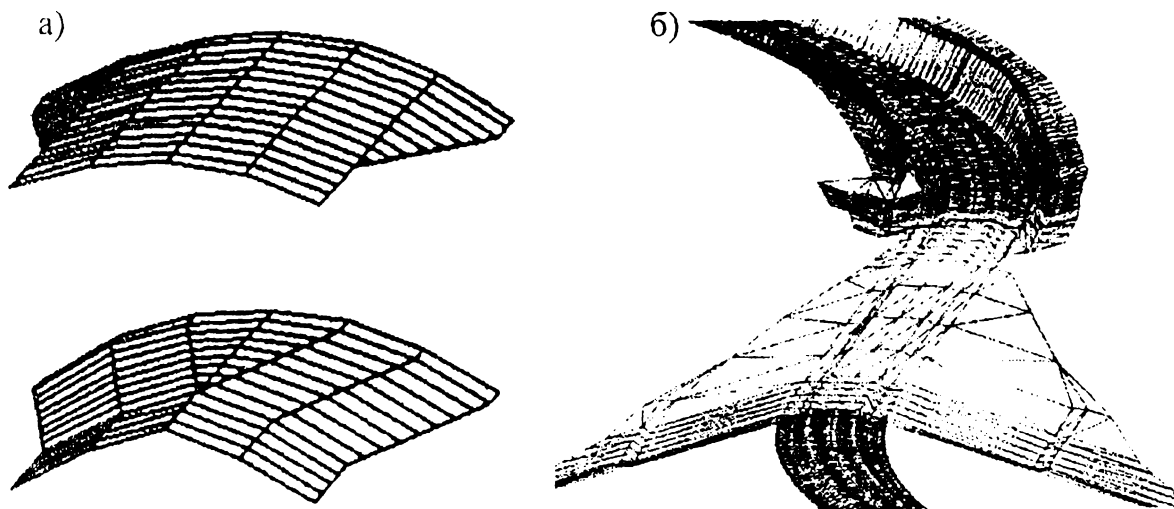


Рис. 5.3. Изображение поверхностей в пакете InRoads: а – полигон; б – сеть треугольников

Имеющиеся средства позволяют изменять и объединять модели рельефа, а также вырезать из них фрагменты. При создании текстовых документов и чертежей пакет InRoads использует все преимущества **графического ядра MicroStation**, включая средства черчения, модификации объектов, создание собственных стилей элементов, средства просмотра проекта, управление печатью. InRoads имеет *ограниченные возможности модификации программного обеспечения*. Прилагается обширная библиотека процедур со списком аргументов, изменяя которые можно создавать собственные подпрограммы.

Координатное проектирование выполняется с помощью особого модуля, посредством которого описываются не только осевые линии дорог, но и любые линейные объекты (бровки, островки безопасности, уширения проезжей части на остановках городского общественного транспорта, границы площадок и др.). Посредством инструментов изменения элементов поверхностей можно редактировать группы точек, треугольники модели, линейные объекты, сглаживая линии. После завершения редактирования InRoads автоматически регенерирует (рисует заново) весь чертеж с обновлением его измененной части. После завершения проектирования все поверхности дороги можно просмотреть, построить профили и поперечники, вычислить объем земляных работ.

Основные модули пакета InRoads:

– **проектирование коридоров**. После создания плана и профиля коридора проектируется его поверхность. Для этих целей предназначен **модуль InExpress**. Поверхность проектируется путем последовательного размещения шаблонов в характерных точках трассы с заданным шагом вдоль указанных плана и профиля трассы. При этом могут использоваться разные шаблоны и разные правила перехода от одного шаблона к другому. В процессе проектирования коридора InRoads соединяет центральные точки шаблонов, но возможно соединение и всех других узловых точек шаблонов;

– **шаблоны** – это типичные поперечники, и в отличие от трассы они описывают поперечное, а не продольное строение коридора. Шаблон можно создать средствами CAD-системы, используя обычные линейные сегменты, или средствами **специального редактора InRoads**. При наличии библиотеки шаблонов у проектировщика появляется мощный высокопроизводительный инструментарий проектирования коридоров любой сложности – от простейших траншей, дамб или пешеходных дорожек до многополосных автомагистралей с виражами и переменными уклонами откосов насыпей и выемок;

– **узловые точки**. **Центральные точки** привязывают шаблон к оси трассы. При проектировании коридора центральные точки шаблонов «нанизываются» на осевую линию с учетом его планового и высотного положения. **Точки перехода** определяют динамику шаблона и позволяют перемещать его сегменты независимо друг от друга. Благодаря этому осуществляется плавный переход от одного шаблона к другому. В процессе генерирования коридора точки перехода соединяются 3D линиями, которые используются для обозначения различных линейных объектов (лотка, бордюрного камня, границы асфальтобетонного покрытия и т.д.). **Точки высотных изменений** обозначают сегменты шаблона, которые могут

изменять свое высотное положение в зависимости от схемы виража. *Точка вращения сегмента* не изменяет своего положения относительно оси трассы во время генерирования поперечников на вираже;

– **проектирование виражей.** InRoads поддерживает все наиболее часто используемые методы расчета перехода от двускатного поперечного профиля к односкатному и предоставляет дополнительные средства описания правил преобразования уклонов. InRoads автоматически вычисляет норму отгона виража методом, который выбрал пользователь. Поддерживается ряд международных таблиц расчета виража. Среди параметров, участвующих в вычислениях, коэффициент трения покрытия, проектная скорость, максимальное значение изменений уклонов. Результаты вычислений выводятся в специальное диалоговое окно, в котором можно изменять те или иные параметры. Эти данные можно загрузить в дизайн-файл или экспортировать в текстовый файл для создания отчетов. В дополнение к ручному редактированию можно отключить процедуру автоматического вычисления, установив ограничения для кривых. Внутри указанных пользователем ограничений InRoads заменит автоматически созданные элементы на элементы, соответствующие этим ограничениям. Можно заставить участвовать в процессе изменения поперечного профиля на вираже все слои дорожной одежды. Для каждого слоя можно указать собственные диапазоны (нормы) изменений;

– **боковые откосы.** Проектирование боковых откосов насыпей или выемок между поверхностью коридора и существующей поверхностью можно выполнить:

- *методом шаблонов* (самый простой). При создании шаблона описывается требуемый уклон откоса насыпи и выемки. Во время генерирования коридора InRoads автоматически определяет рабочую отметку поперечника и по ее знаку генерирует откос насыпи или выемки;
- *методом таблицы насыпей/выемок* (более сложный). Используется в случае крупных проектов, когда непрактично создавать шаблоны для всех возможных ситуаций. В таблице размещается каталог откосов, которые применяются при пересечении с существующей поверхностью;
- *методом таблицы материалов.* Используется в тех случаях, когда требуется изменять крутизну откосов в зависимости от используемого укрепляющего материала;
- *методом таблицы решений.* С помощью этого метода можно не только создать откос с несколькими пересечениями, но и присоединить его элементы к независимым планам и профилям вспомогательных трасс.

– **проектирование ландшафтов.** В состав InRoads входит **модуль SiteWorks**, обеспечивающий проектирование поверхностей. Модели рельефа можно создать внутри InRoads, а можно импортировать и готовые модели, созданные другими пакетами Civil Engineering (FieldWorks, InRoads Survey). Для создания точной модели рельефа поддерживается несколько типов точек, описывающих поверхности, в том числе:

- *случайные точки* (наиболее общий тип);
- *узловые точки линий перегиба рельефа* (хребты, овраги, бордюры и т.д.);
- *узловые точки горизонталей.* Имеют одинаковые отметки;
- *точки внутренних границ.* Описывают области, внутри которых модель рельефа создаваться не должна (внутри контуров зданий, прудов и т.д.);
- *точки внешних границ.* Задают периметр площадки, внутри которой должна быть создана модель рельефа.

– **создание моделей рельефа.** Исходные данные для создания моделей рельефа могут содержаться в текстовых файлах, дизайн-файлах MicroStation, DXF файлах и бинарных файлах. После импорта данных создается модель рельефа в виде сети треугольников. InRoads предоставляет широкий набор средств для просмотра и модификации моделей. Можно просмотреть периметр модели, горизонталы и треугольники. Можно также просмотреть отдельные точки с индикацией типа каждой из них, вектора уклонов, создать цветную диаграмму областей с одинаковыми отметками;

– **проектирование площадок.** Средства модуля SiteWorks окажутся полезными при проектировании котлованов или типовых автомобильных стоянок. В процессе проектирования создается новая модель, а модель существующего рельефа используется в качестве подложки. Ее данные используются также для подсчета объемов земляных работ. Фрагмент

модели существующего рельефа можно скопировать в создаваемую модель. При этом существующая модель не изменится. Можно создать неограниченное число моделей и одновременно манипулировать ими;

- **инструменты «тонкой настройки».** Инструменты интерактивного изменения элементов поверхностей позволяют изменять отдельные точки, перемещая, добавляя или удаляя их из модели. Можно редактировать группы точек, изменяя отметки группы, выделяя, объединяя или удаляя группы точек, треугольники модели и линейные объекты, сглаживая линии. После завершения операций редактирования InRoads автоматически регенерирует поверхность. При этом обновление выполняется лишь в ограниченной области, что позволяет эффективно использовать ресурсы компьютера.

- **анализ результатов проектирования.** После завершения проектирования поверхностей их можно просмотреть, а также построить профили или поперечники и отредактировать их, вычислить объемы. Профиль можно построить вдоль всей трассы или для ее отдельного участка. Еще один способ просмотра созданных моделей – поперечные сечения, построенные с заданным шагом вдоль указанной трассы;

- **графические документы.** В InRoads предусмотрен вспомогательный пакет **DraftWorks**, который автоматизирует подготовку материалов к выводу на печать и создание аннотаций, а также подсчет расхода материалов, необходимых для реализации проекта, и оценку их стоимости. DraftWorks содержит следующие модули:

- **разработчик стандартов оформления** – создает единый стиль оформления графических документов, выпускаемых компанией;
- **генератор меток** – создает и динамически размещает на чертеже метки и аннотации. Команды позволяют установить тип рамки, стиль текста, угол разворота метки относительно объекта;
- **генератор отчетов** – помечает элементы дизайн-файла или чертежа ярлыками (tags) с кодами материала или стоимости. Эти данные используются для автоматического подсчета расходуемых материалов и составления сметной документации;
- **генератор чертежей** – описывает листы чертежей, указывая стандартные границы и размещая фрагменты модели внутри этих границ в разных масштабах;
- **генератор окон** – объединяет инструменты для описания содержания окон просмотра фрагментов модели. Можно описать требуемый фрагмент дисплея, активные слои и т.д. и при необходимости вызывать содержание этого окна по его имени;
- **проводники** – средства для создания и выполнения аннотированных макро-файлов. Автоматизируют выполнение стандартных задач дизайнера, т.е. автоматически вызывают необходимые команды и предоставляют оператору необходимые комментарии.

5.3. Программный комплекс PLATEIA

Программный комплекс PLATEIA создан в 1991 году словенской проектной фирмой CGS для решения задач проектирования, строительства и реконструкции дорог. Данный продукт выполнен в виде приложения под AutoCAD и включает эффективные инструменты проектирования дорог: специальные средства для работы с цифровыми моделями рельефа и картами, построения продольных и поперечных профилей, работы с кривыми, средства создания и расстановки дорожных знаков, информационных указателей, разметки. Дружелюбный к пользователю интерфейс использует мощные инструменты AutoCAD в сочетании со встроенными функциями PLATEIA. Среди множества программных средств, предназначенных для решения задач дорожного проектирования, программа PLATEIA занимает особое место: достаточно сказать, что за последнее десятилетие именно с ее помощью выполнена большая часть современных проектов европейских автодорог. **Важнейшие характеристики программного обеспечения PLATEIA:**

- **основное назначение** – проектирование автомобильных дорог;
- **программа разработана как приложение к AutoCAD**, может работать на базе как самого AutoCAD, так и Autodesk Land Desktop. Поскольку для оформления чертежной документации в большинстве проектных организаций используется именно

AutoCAD, пользователю PLATEIA не придется осваивать новые приемы работы и способы передачи выполненных чертежей смежным организациям. Наиболее целесообразно использовать программу PLATEIA совместно с Autodesk Land Desktop: в этом случае наряду с инструментами дорожного проектирования можно применять команды построения и редактирования трехмерных моделей местности и решать смежные задачи земельного проектирования;

- программа полностью локализована (от синтаксиса команды до внутренних диалоговых окон настройки) и поставляется с подробной документацией, где в доступной форме приведено описание каждой команды программы;
- проектирование автомобильных дорог с помощью программы производится в соответствии с существующими нормами. Приступая к созданию проекта, пользователь задает категорию дороги и тип ландшафта. На основе этих данных программа определяет расчетную скорость движения, наименьшие радиусы кривых в плане и в продольном профиле, наибольший продольный уклон. Далее она автоматически контролирует, находятся ли вводимые параметры в пределах допустимых значений;
- оформление чертежной документации – будь-то план трассы, продольный профиль или поперечные сечения – выполняется в строгом соответствии с ГОСТами;
- программа имеет модульную структуру, каждый модуль отвечает за выполнение конкретного этапа проектирования. Пользователь может приобрести программу целиком либо отдельные модули в зависимости от решаемой задачи. Программа может поставляться как в локальном, так и в сетевом вариантах.

PLATEIA интуитивно понятна специалисту в области дорожного проектирования. В названиях команд, параметрах диалоговых окон отражена специфика терминологии дорожного проектирования. Расположение команд в строках меню повторяет последовательность основных этапов дорожного проектирования.

Программа состоит из пяти модулей: «Местность», «Оси», «Продольный профиль», «Поперечные сечения» и «Транспорт».

Модуль «Местность» (Layout) – прекрасный набор инструментов для работы с картами и цифровой моделью местности (ЦММ) (рис. 5.4) – включает библиотеку топографических условных знаков, используемых при работе с картами, а также средства импорта данных из электронных геодезических приборов и из файлов различных форматов.

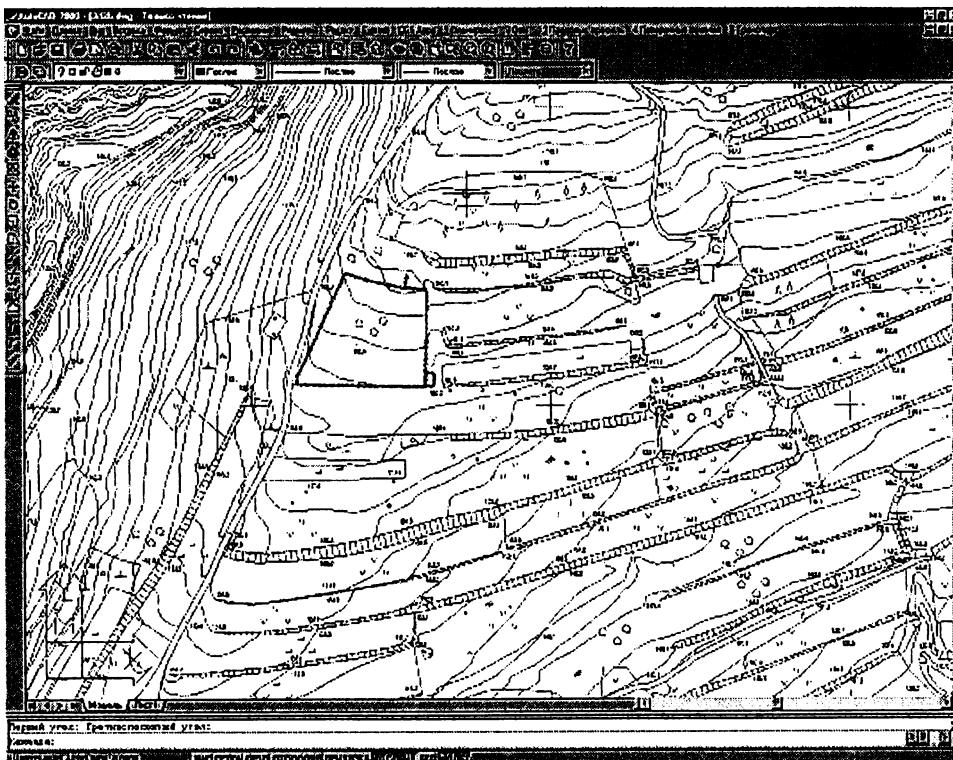


Рис. 5.4. Цифровая Модель Местности в PLATEIA

Модуль позволяет автоматически или интерактивно отрисовывать «связи» между точками – линии, которые могут нести различный физический смысл: контур здания, инженерные сети, разбивка участков для кадастровых карт. Если нужно, пользователь присоединяет к точкам и «связям» атрибутивную информацию: от такой банальности, как номер точки или ее отметка, до, скажем, диаметра трубопровода или материала, из которого этот трубопровод изготовлен. Количество атрибутивной информации определяется пользователем.

На основе карт и массивов точек PLATEIA «Местность» автоматически генерирует трехмерную модель рельефа. Созданная модель используется как основа для проектирования дороги. Созданные в PLATEIA цифровые модели можно использовать в AutoCAD Map или Autodesk World, а трехмерную модель рельефа – передавать в специализированные программы визуализации.

Назначение модуля «Оси» (Axes) – трассирование осевых линий проектируемой дороги. Производится она специальными средствами «горизонтальные элементы», которые делают возможной параметрическую трассировку прямых, круговых и переходных кривых, а также клотоид (рис. 5.5). С помощью этого инструмента, соблюдая правила геометрических построений, возможно описывать изгибы и повороты проектируемой дороги. Кроме того, можно расставить по трассе пикеты и указать расположение поперечных сечений.

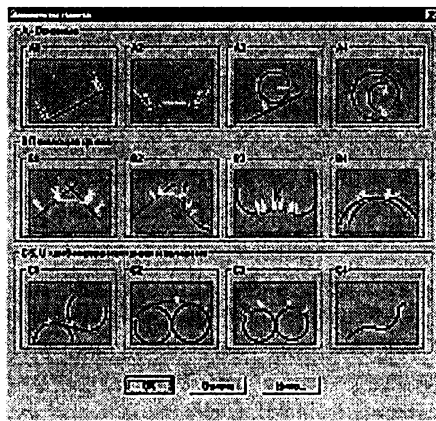


Рис. 5.5. Средства отрисовки горизонтальных кривых системы PLATEIA

В PLATEIA предусмотрена возможность осуществления расчетов, которые необходимы для определения минимальных радиусов в зависимости от принятых условий. Начиная работу с PLATEIA, прежде всего, нужно выбрать нормы проектирования, указать категорию дороги и тип рельефа, определить ширину трассы и принять расчетные скорости. По заданным параметрам PLATEIA будет осуществлять построения и отследит ошибки. Созданная в этом модуле ось служит основой для построения продольных профилей и поперечных сечений (рис 5.6.).

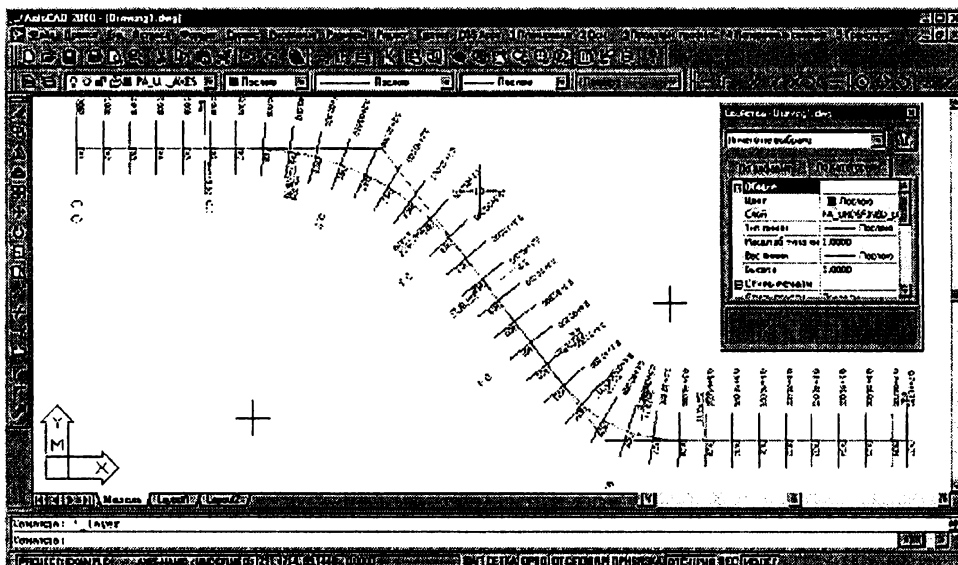


Рис. 5.6. Разбивка осей трассы в программе PLATEIA

Модуль «Продольный профиль» (Longitudinal Sections) включает инструменты, которые позволяют отрисовывать тангенсы и вертикальные радиусы, рассчитывать отметки дороги. В шапке профиля пользователь может задавать необходимое количество заполняемых строк и располагать их в произвольном порядке, то есть кроме типовых шапок делать собственные. Созданные шапки можно сохранить.

Отрисовка «земли» на профиле осуществляется автоматически по ЦММ и оси трассы (рис. 5.6). Тангенсы и вертикальные радиусы отрисовываются пользователем в интерактивном режиме, при этом PLATEIA проконтролирует соответствие нормам и стандартам. Если последние нарушены, интеллектуальная система оповещения сообщит об этом пользователю. Вся информация, необходимая для правильного построения вертикальных кривых, показывается в командной строке.

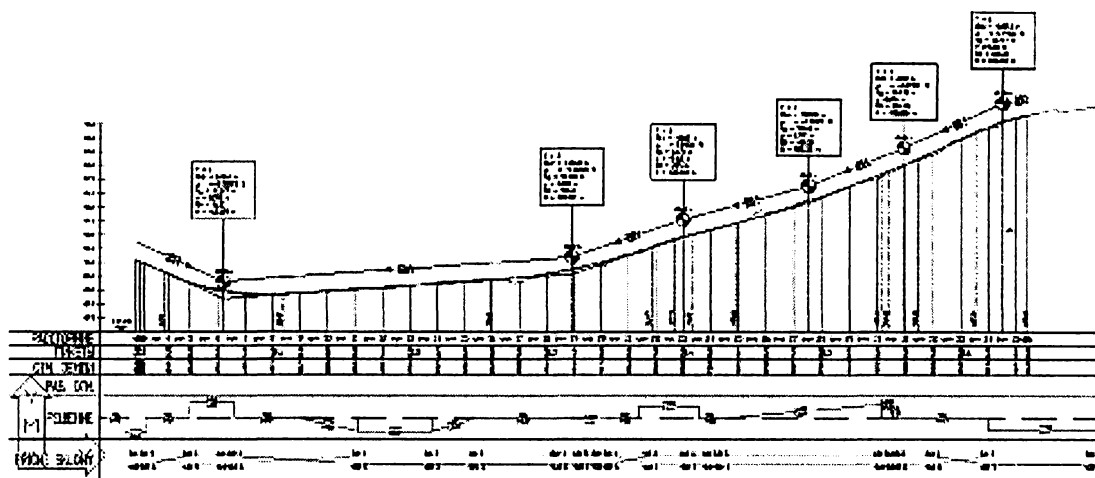


Рис. 5.6. Продольные профили, выполненные в системе PLATEIA

Модуль построения продольных профилей позволяет проектировщику приблизительно рассчитать объемы земляных масс (выемки/насыпи), обозначить эти объемы на профиле и сохранить в текстовом файле. PLATEIA способна учитывать осадки – производится расчет и простановка уклонов, требуемых для отвода ливневых вод, есть инструменты для отрисовки и расчета уклонов водоотводящих каналов.

Группа команд «Реконструкция» позволяет эффективно проектировать новую и реконструировать существующую дороги с учетом имеющихся поперечных уклонов на протяжении всего участка, а также выбрать оптимальные вертикальные кривые при реконструкции дороги и рассчитать толщину новой дорожной одежды.

Модуль «Поперечные сечения» (Cross Sections) предлагает широкий выбор инструментов и функций. Использование модулем данных местности и продольных профилей дает возможность в немалой степени автоматизировать построение поперечных сечений (рис 5.7.).

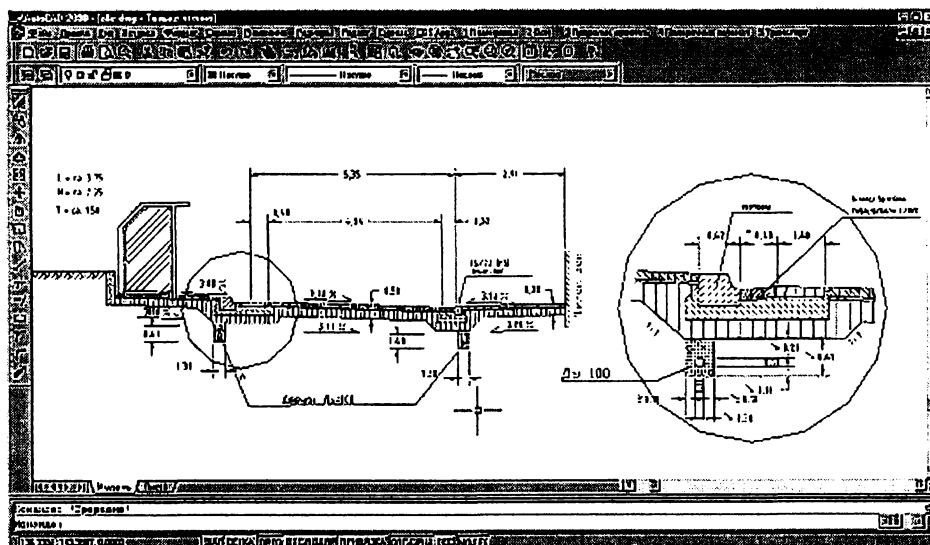


Рис. 5.7. Работа с поперечными сечениями в системе PLATEIA

Специально разработанные инструменты «Типовые элементы поперечника» делают простой и удобной обычно трудоемкую работу с поперечниками. С помощью этих инструментов производится параметрическая отрисовка откосов, канав, растительного слоя, слоя подсыпки и многого другого.

Здесь, как и в модуле «Продольные профили», проектировщик может создавать любые шапки для поперечников, сохранять их для дальнейшего использования. Имеются функции для работы с несколькими сечениями: если, к примеру, требуется расставить обозначения уклонов дороги на нескольких поперечниках или отрисовать откосы, сделать это можно одной командой.

Построение поперечников обеспечивает возможность точного расчета объемов (модуль «Планиметрия»), в том числе выемки и насыпи, гумуса, подсыпки и других элементов профиля (рис. 5.8).

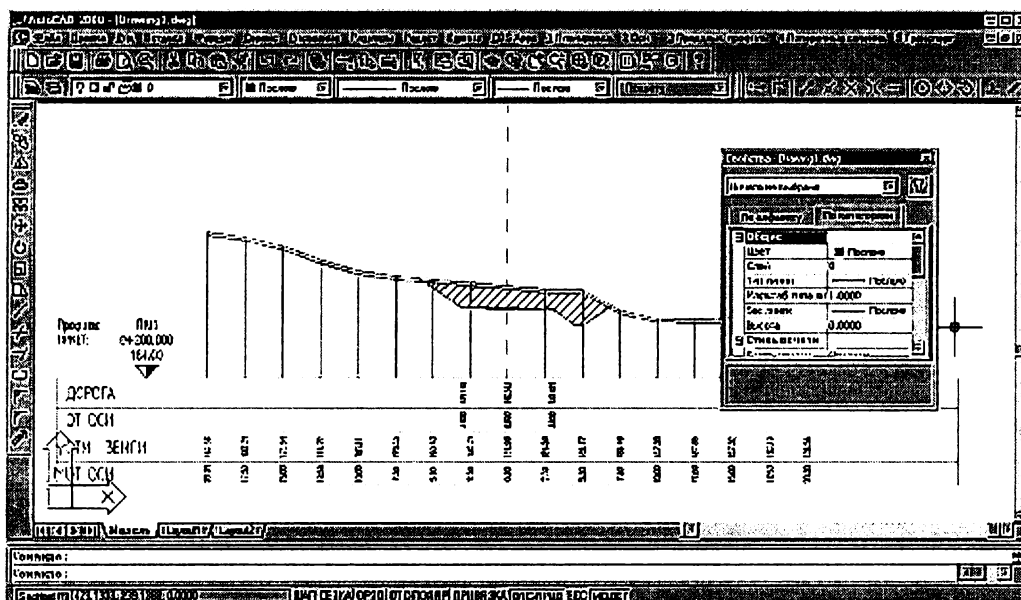


Рис. 5.8. Работа с поперечными сечениями в системе PLATEIA

Модуль «Транспорт» (Traffic) – это набор инструментов для проектирования пересечений, разметки и дорожных знаков (рис. 5.9). Разметка дороги (в том числе отрисовка «зебр», «островков») и отдельных ее полос осуществляется специальными инструментами. Очень удобно реализована отрисовка дорожных знаков и щитов. Уникальная функция «Динамическая траектория» (Dynamic Vehicle Curves) позволяет в интерактивном режиме анализировать траектории движения транспорта. При этом учитываются заносы на поворотах и габариты транспортных средств.

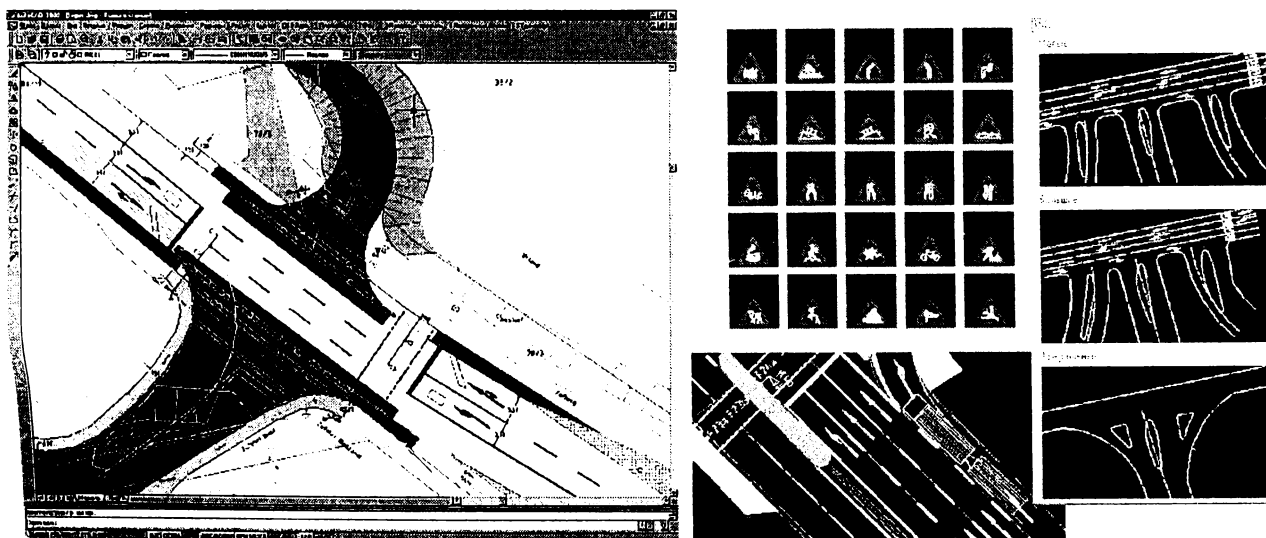


Рис. 5.9. Нанесение разметки и расстановка дорожных знаков при помощи программы PLATEIA

Большой выбор разнообразных меню (в частности, меню «Блоки транспортных средств», «Автобусная остановка», «Перекресток с круговым движением», «Динамические вертикальные кривые движения»), появившиеся в новой версии (5.0) делают работу удобной и эффективной.

Все модули PLATEIA обладают возможностью обмена данными как между собой, так и с программным обеспечением других разработчиков. Данные проекта хранятся в текстовом формате, что обеспечивает большую гибкость системы. В пределах одного проекта можно, например, посмотреть несколько вариантов решений и выбрать оптимальный. Связанность модулей позволяет выстроить единую технологическую линию – от обработки представленных изыскателями данных до выпуска чертежа дороги.

PLATEIA используется при проектировании как сельских или городских дорог местного значения, так и скоростных автомагистралей – в любом случае значительно расширяя возможности проектировщика (рис. 5.10).



Рис. 5.10. Результат работы PLATEIA: до (слева) и после (справа)

Чтобы оценить возможности и преимущества программы PLATEIA при проектировании автомобильных дорог в соответствии с нормами и стандартами, приведем в качестве **примера** пилотный проект по реконструкции проезжей части улицы Герасима Курина (г. Москва), выполненный проектировщиками института «Мосинжпроект».

При выполнении проекта необходимо было учесть *следующие требования* технического задания:

- категория дороги – магистральная улица районного значения (категория Б4);
- дорогу запроектировать под две полосы движения транспорта в каждом направлении;
- ширина полос движения 3,75 м;
- предусмотреть расширение существующей проезжей части;
- на остановках общественного транспорта предусмотреть устройство карманов шириной 2 м;
- вертикальное решение выполнить в увязке с отметками проезжей части существующей дороги и существующей застройкой;
- предусмотреть установку дорожных знаков, разметку проезжей части.

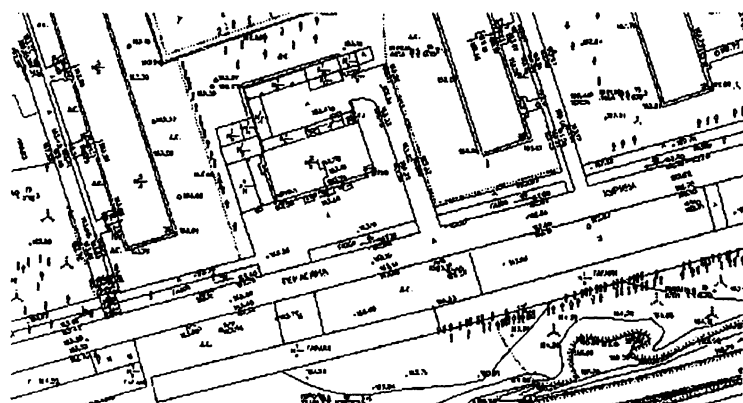
Исходные материалы для выполнения проекта (рис. 5.11):

- электронная геодезическая основа существующей дороги, полученная из Мосгоргеотреста;
- текстовый файл с точками съемки по поперечникам.

Этапы выполнения проекта:

1-й этап. Определение начальных данных проекта.

Были заданы категория дороги, тип ландшафта, ширина проезжей части, количество полос движения. На основе введенных проектных данных программа автоматически определила расчетную скорость, предельные значения радиусов горизонтальных и вертикальных кривых, продольных уклонов.



ШИКЕТ N : 1 + 0.000

№	Расстояние м	Отметка Н	Тип покрытия	Тип покрытия	Прим.
1	0.00	165.00	ГР		Оавис
2	15.00	165.25	ГР		
3	26.00	165.32	ГР		
4	48.00	165.40	АСФ		
5	60.00	165.50	АСФ		

ШИКЕТ N : 2 + 0.000

№	Расстояние м	Отметка Н	Тип покрытия	Тип покрытия	Прим.
1	0.00	165.26	АСФ		Оавис
2	15.00	165.34	АСФ		
3	20.00	165.37	АСФ		
4	30.10	165.46	АСФ		
5	47.40	165.66	АСФ		
6	60.00	165.72	АСФ		

Рис. 5.11. Исходные материалы для выполнения проекта

2-й этап. Создание плана трассы.

Перед началом работы над планом трассы в основной чертеж была подключена геооснова в качестве внешней ссылки (рис. 5.12). Необходимо отметить, что чертежи геоосновы, поставляемые Мосгоргеотрестом, имели формат MicroStation (DGN). В институте «Мосинжпроект» программа PLATEIA используется совместно с Autodesk Land Desktop, возможности которого включают импорт файлов MicroStation.

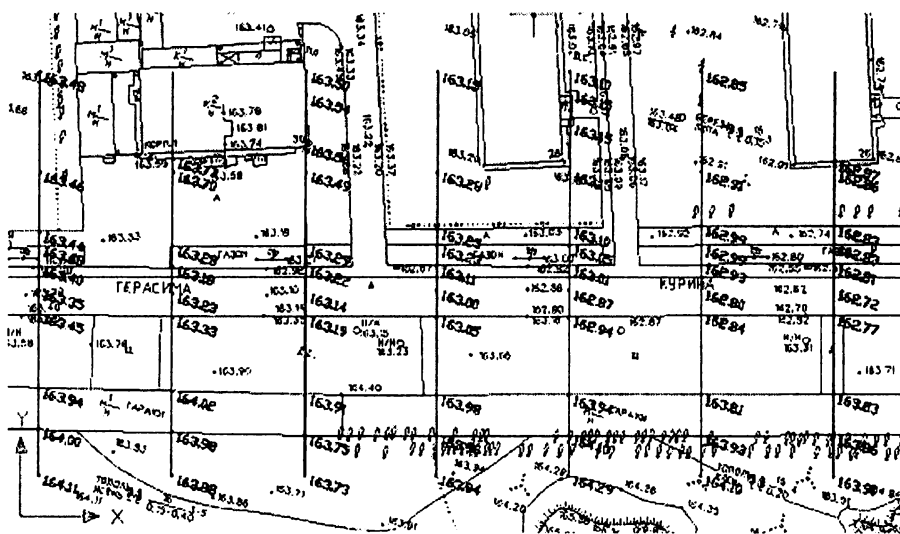


Рис. 5.12. Внешний вид основного чертежа с подключенной геоосновой

Геодезическая съемка выполнялась по существующим поперечным сечениям реконструируемой дороги. Данные съемки хранились в текстовых файлах, которые средствами программы были импортированы в чертеж.

Далее были созданы горизонтальные элементы, объединенные затем в продольную ось дороги. На продольную ось были нанесены поперечные сечения, определены их имена и расстояния между ними (рис. 5.13).

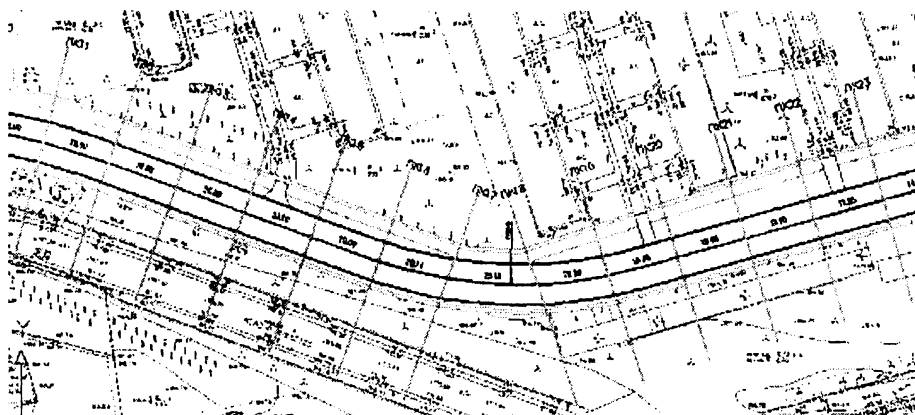


Рис. 5.13. Продольная ось дороги с поперечниками

В соответствии с техническим заданием на проектирование были отрисованы кромки проезжей части, тротуаров, газонов. При этом с левой стороны дороги кромки совпадали с кромками старой дороги. С правой – создавались вновь, так как необходимо было выполнить расширение проезжей части. На остановках общественного транспорта запроектировали карманы глубиной 2 м (при этом использовались специальные команды программы, обеспечивающие различные способы построения). Данные трассы были сохранены в файлах, которые при необходимости можно снова импортировать в чертеж. Результатом работы на этом этапе стал чертеж плана трассы (рис. 5.14).



Рис. 5.14. Чертеж плана трассы

3-й этап. Создание 3М-проекций осей трассы и поперечных сечений.

Для построения продольного профиля и поперечных сечений необходимо было определить проекцию линии трассы и поперечников на существующий рельеф. PLATEIA предлагает два способа решения этой задачи. Первый – проецирование осей трассы и поперечных сечений на трехмерную модель рельефа. Построение такой модели, как правило, требует достаточно большого количества исходных данных (замеров). Второй – это построение линии продольного профиля путем интерполяции по точкам съемки на поперечниках, в этом случае поверхность строить не нужно. В данном проекте использовался именно этот способ.

Необходимо отметить, что на сегодняшний день трехмерная модель имеется в распоряжении проектировщиков далеко не всегда, поэтому наличие двух вариантов создания линий продольного профиля – несомненное преимущество программы PLATEIA.

4-й этап. Создание продольного профиля.

Для оформления таблицы продольного профиля выбрана стандартная форма из набора предоставляемых программой форм. Проектировщики задали масштабы по горизонтали и вертикали, затем автоматически была отрисована линия рельефа (данные для отрисовки были взяты из текстовых файлов, созданных при проектировании плана трассы), автоматически заполнились графы «отметка земли» и «элементы плана».

Далее началось непосредственно проектирование продольного профиля дороги. Были заданы продольные уклоны по оси проезжей части от 0 до 31,4%. Вписаны три вертикальные кривые: выпуклая с радиусом 4000 м и вогнутые с радиусами 4000 м и 1000 м. Заданы типы поперечных уклонов, рассчитаны их значения, отображены значения рабочих отметок. Необходимо отметить, что при проектировании продольного профиля приходилось неоднократно редактировать параметры элементов, при этом графическое представление проектного решения продольного профиля и данные в шапке таблицы обновлялись автоматически, что сократило время работы (рис. 5.15).

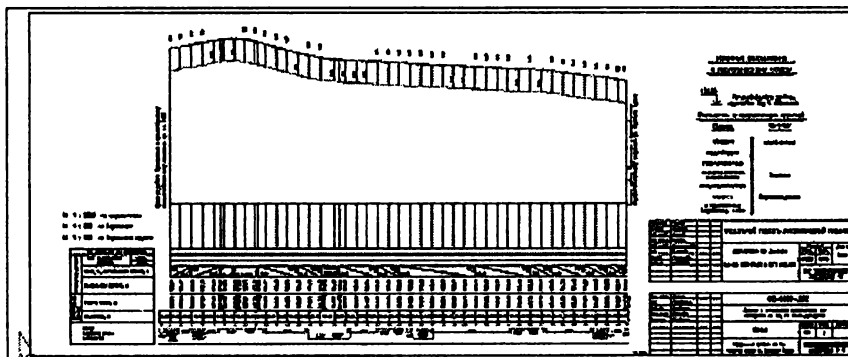


Рис. 5.15. Продольный профиль трассы

5-й этап. Проектирование поперечных сечений.

[illegible]

6-й этап. Проектирование вертикальной планировки.

В результате проделанной работы был сформирован комплект рабочих чертежей проекта.

В ближайшее время ожидается выход новой версии программного обеспечения PLATEIA 6.0. Приведем лишь некоторые из возможностей этого обновления:

- повышенное быстродействие команд выполнения сложных расчетов;
- улучшенный интерфейс;
- новые возможности установки PLATEIA в локальных сетях;
- хранение данных проекта во внешней БД, что позволяет улучшить их передачу между модулями программы;
- усовершенствованные возможности настройки начальных значений параметров программы;
- новые команды для проектирования элементов поперечного профиля дороги (полос движения, тротуаров, газонов, обочин и т.д.);
- новые блоки условных обозначений. Пользователю предоставлена возможность создания собственных символов (для этого используется инструмент, называемый «Менеджером символов»);
- усовершенствованные команды для работы с геоточками, новые команды для работы со «связями» в модуле «Местность»;
- новые методы создания горизонтальных элементов;
- повышенная точность определения станций продольной оси;
- дополнительные команды для настройки таблиц продольного профиля и поперечных сечений (добавление новых граф, изменение порядка их следования и т.д.);
- возможность определять значения уклонов для каждого элемента поперечного профиля дороги;
- возможность создания поперечных сечений с различными масштабными коэффициентами по вертикали и горизонтали;
- возможность вставки новых поперечных сечений в уже существующие поперечные сечения и удаления отдельных поперечников;
- автоматическое обновление поперечных сечений при изменении масштаба, базовой отметки, структуры таблиц поперечника;
- автоматическая компоновка продольного профиля и поперечных сечений в пространстве листа;
- анимационное моделирование перемещения транспортного средства по заданной траектории движения в плане и в продольном сечении.

5.4. Программный комплекс AutoCAD Land Development Solutions Release 2

Мы с вами уже привыкли, что AutoCAD – это универсальный графический редактор на все случаи жизни, который подходит и для проектирования в строительстве, и для машиностроения... Но нас, пользователей, все устраивало, пока речь шла о персональных рабочих местах. Когда же надо было собрать все в одну технологическую линию – начинались проблемы.

В недавние еще времена каждому отделу требовалось приобрести AutoCAD плюс (в каждой области) модуль для построения трехмерной поверхности. Это могла быть программа Softdesk S8 Civil/Survey или что-то другое, но непременно дорогостоящее. Расходы порождали экономию, сокращение рабочих модулей. Как результат – технологическая цепочка прерывалась.

И вот появился новый программный комплекс ***AutoCAD Land Development Solutions Release 2*** – три пакета, полностью отвечающих потребностям геодезистов и инженеров по генплану. Это основной продукт ***Land Development Desktop*** и два дополнительных специализированных приложения: ***Autodesk Civil Design*** и ***Autodesk Survey***.

AutoCAD Land Development Desktop, построенный на основе мощных и эффективных платформ AutoCAD 2000 и AutoCAD Map, необходим на всех стадиях проектирования в строительстве и всех этапах создания карт.

Он использует все возможности AutoCAD Map. Это создание и управление базами точек, одновременный доступ нескольких пользователей к базе точек, работа с большим количеством точек, создание и редактирование карт, автоматическое создание чертежей, привязка данных к объектам AutoCAD, работа с топологиями, привязка к точкам дополнительных данных во внешних базах данных.

AutoCAD Land Development Desktop адресован геодезистам, градостроителям и землеустроителям. Это программное обеспечение включает такие возможности, как координатная геометрия (COGO), работа с плановым обоснованием (Plan Drafting), цифровыми трехмерными моделями местности (Terrain Modeling) и управление данными проекта (рис 5.18).

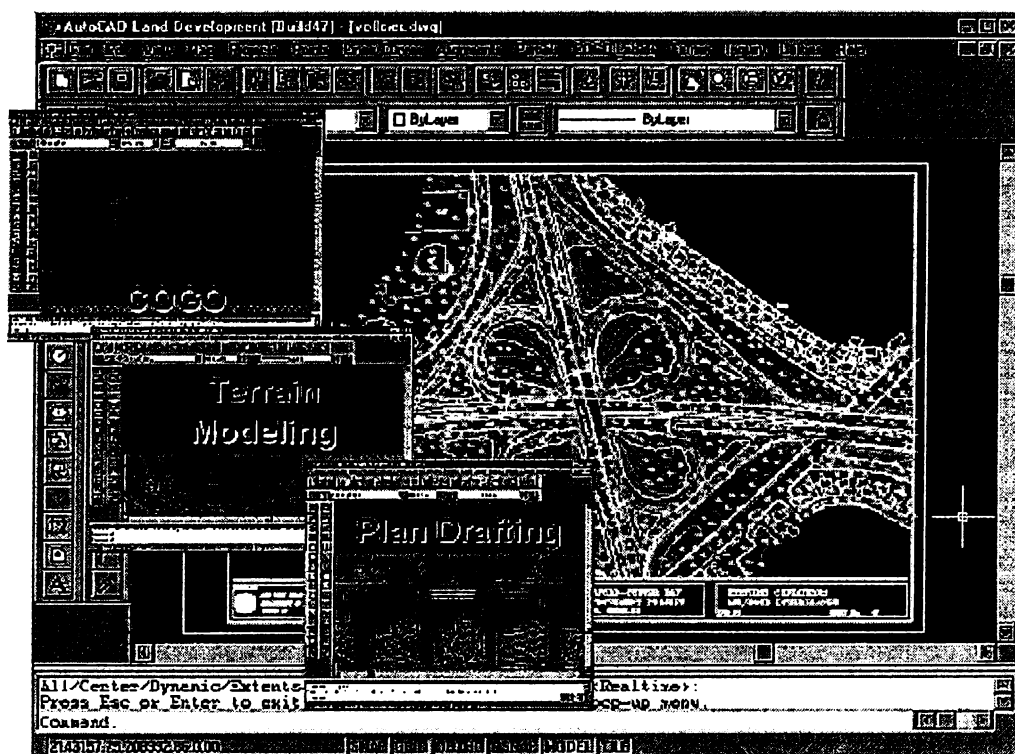


Рис. 5.18. Пример построения транспортной развязки «клеверный лист» в AutoCAD Land Development Desktop

AutoCAD Land Development Desktop предоставляет богатый выбор средств визуализации проекта. Цвет граней поверхности может зависеть от отметки или уклона: в этом случае визуализация достигается путем задания цвета слоям различных интервалов отметок для участков поверхности.

Основные функции пакета:

1. Интеграция земельных технологий:

- *COGO (координатная геометрия)* включает в себя базовую геометрию: создание линий, кривых, спиралей на основе геометрии, специальных типов линий деревьев, воды, стен. Задание в плане осевых линий линейных объектов (редактирование в табличном и графическом виде, автоматическое задание смещений, разбивка на пикеты). Работы по землеустройству (определение размеров земельных участков, их автоматическая маркировка, определение площади и параметров. Возможен одновременный доступ к данным нескольких пользователей);
- *Terrain Modeling (цифровая модель местности)* – создание, моделирование и анализ трехмерной поверхности. Построение триангуляции на основе любой из комбинаций: по точкам, по горизонталям, по примитивам AutoCAD. Возможно редактирование триангуляции. Отрисовка поверхности идет с учетом перепада высот (подпорные стенки, откосы). Далее – отрисовка горизонталей, серьезный механизм сглаживания изолиний, их подписание. После построения нескольких поверхностей программа позволяет подсчитать объемы земляных масс методом сечений и разбивкой на сетку квадратов. Есть возможность разрезать поверхность, вычертить сечения нескольких поверхностей одновременно, определить линии стока; можно работать с горизонталями как с объектами. Отрисовка поверхностей идет с учетом перепада высот (подпорные стенки, откосы);
- *Plan Drafting (плановое проектирование)* – посадка зданий, отрисовка малых форм, спортивных площадок (волейбольных, теннисных, футбольных), дорожек, создание автомобильных парковок. Есть библиотека покрытий.

2. Проектирование линейных объектов:

- **проектирование дорог** – отрисовка оси дороги в плане с вписанием горизонтальных кривых, привязка поперечника к оси объекта, вписание вертикальных кривых с учетом категории дороги и видимости. Редактирование на любой стадии проектирования, как в таблице, так и графически. Хороший механизм для создания стоянок автомашин, тупиковых площадок и перекрестков;
- **проектирование наружных трубопроводов** – отрисовка трубопроводов в плане с автоматическим получением профиля, редактирование объектов в табличном варианте, пополнение базы данных по трубам и колодцам. Создание дренажных систем, расчет размеров и анализа трубопроводов, кюветов, водоотводных канав.

AutoCAD Land Development Desktop возможно использовать и как самостоятельную программу, и как платформу для *специальных приложений*:

1. Autodesk Survey – приложение к AutoCAD Land Development Desktop, предназначенное для обработки данных полевых измерений, импортируемых из различных электронных тахеометров, электронных накопителей информации, GPS-оборудования или вводимых с клавиатуры. Survey позволяет импортировать данные из более чем шестидесяти различных типов геодезических инструментов, а также из текстового редактора в формате (ASCII), преобразовывать данные для обратной их передачи в эти приборы. Есть возможность при помощи удобной табличной формы или непосредственно с командной строки просто и быстро ввести данные вручную. При импорте данных из различных электронных приборов все данные вводятся сначала в текстовый файл, где их нетрудно редактировать, а затем передаются для дальнейшей обработки непосредственно в проект.

При вводе данных Survey позволяет кодировать точки (им присваивается определенный условный знак или принадлежность определенным линиям), а это серьезно упрощает процесс построения плана местности. При необходимости точкам присваивается различная дополнительная информация, сохраняемая в виде базы данных. Также возможно использование кодировки для автоматической отрисовки линий и кривых с точно заданными параметрами, проходящими через точки объекта.

Survey позволяет готовить различные данные для последующей передачи в электронные приборы, графически отображать эллипсы ошибок. Уравнивание данных измерений проводится методом наименьших квадратов. Результаты уравнивания передаются в стандартный текстовый редактор – так легче эти данные оформлять и просматривать.

2. Autodesk Civil Design – дополнительный модуль AutoCAD Land Development Desktop для выполнения проектов гражданского строительства, расширяющий возможности AutoCAD Land Development Desktop в области проектирования линейных объектов.

Практическая реализация проекта в AutoCAD Land Development Desktop выглядит следующим образом.

Геодезисты выезжают в поле. Если они работают традиционными методами и используют старые приборы, то по возвращении в офис должны будут создать текстовый файл набора точек и обработать данные в модуле Autodesk Survey. Построение триангуляции происходит в AutoCAD Land Development Desktop, где вы отрисовываете трехмерную модель поверхности. Там же осуществляется построение горизонталей и отрисовка ситуации. Если геодезисты воспользуются электронными приборами, процесс потребует существенно меньшего времени.

Поскольку в программе AutoCAD Land Development Desktop отсутствуют условные отечественные знаки, то предлагается программа Топокад, где все точечные, линейные, условные площадные знаки даны по новому Классификатору условных топографических знаков.

Таким образом, вы получаете в электронном виде планшет с отрисованной трехмерной поверхностью.

Если специалисты отдела генплана не занимаются проектированием дорог II-V категории, а только решают вопросы вертикальной планировки площадки и проектируют внутриквартальные проезды, им достаточно AutoCAD Land Development Desktop: программа позволит сделать разбивочный чертеж, вертикальную планировку в красных горизонталях, подсчитать картограмму земляных масс, отрисовать сводный план сетей и решить вопросы благоустройства территории. Если вам нужна готовая база деревьев и кустарников, если вы хотите оформлять чертежи по отечественным ГОСТам и СНиПам – вам предлагается программа Планикад.

Если же вы занимаетесь проектированием дорог общего пользования, то в дополнение к AutoCAD Land Development Desktop вам понадобится модуль Civil, который поможет такие дороги запроектировать. Civil – серьезный механизм для выпуска проекта по дороге в полном объеме, с вписанием клотоид и спиралей, вертикальных кривых, отрисовкой поперечников, подсчетом объемов по поперечникам.

Если геодезисты еще не освоили компьютер, специалисты генплана берут бумажную топосъемку, сканируют ее, открывают в AutoCAD Land Development Desktop растровую подложку и сами оцифровывают чертеж, поднимая горизонтали и необходимые точки рельефа. Далее программа отрисовывает триангуляцию и вы можете дальше решать свои проектные задачи.

Трехмерная поверхность необходима и архитекторам. Ведь прежде чем принять решение, архитектор должен увидеть площадку для посадки здания в трехмерном виде и далее определиться с ландшафтным проектированием. Все это можно сделать в AutoCAD Land Development Desktop.

Специалисты смежных отделов строят в AutoCAD Land Development Desktop трехмерную поверхность, а в Civil проектируют сети.

Если говорить об экологии, то в AutoCAD Land Development Desktop можно сделать отрисовку изолиний по данным выбросов и многое другое.

Чего вы бы ни коснулись в проектировании, всё в результате сведется к трехмерной поверхности: она нужна специалистам всех отделов и всех специальностей.

Поскольку данные проекта хранятся в одной базе данных, AutoCAD Land Development Desktop позволяет всей группе проектировщиков использовать большое количество чертежей и информацию по проектам.

5.5. Программный комплекс AutoCAD Дороги CS

На рынке специализированных программных средств для проектирования дорог различного назначения появилось новое решение – AutoCAD Дороги CS (Creative Suite – Творческий Набор). Это AutoCAD 2000, базовое программное обеспечение AutoCAD Land Development Desktop R2 (рус.) и специализированное приложение для проектирования дорог PLATEIA 5.0 (рус.).

Для инженера-проектировщика работа с точками – основа и начало работы над проектом. Использование мощных инструментов **AutoCAD Land Development Desktop R2** позволяет осуществлять запросы, импорт, экспорт, управление группами и редактирование точек, создавать модели рельефа, работать с неограниченным количеством поверхностей, выполнять сечения поверхностей, наносить горизонтали, разбивать строительные площадки, проводить анализ водостоков, рассчитывать объемы земляных работ.

Ввод данных в проект чаще всего производится путем импорта группы точек из файлов ASCII или файлов баз данных Microsoft Access.

Универсальность программы позволяет, в полном объеме используя данные геодезической съемки о координатах и отметках точек, построить на основе этих данных триангуляционную сеть: трехмерное представление определенного участка местности. Модуль цифрового моделирования содержит полный набор функций, необходимых для работы с поверхностями. С помощью триангуляционной модели мы можем формировать трехмерные поверхности, интерполируя отметки точек, для которых нет геодезических данных.

AutoCAD Land Development Desktop R2 предоставляет богатый выбор средств визуализации проекта. Цвет 3М-граней поверхности может зависеть от отметки или уклона: в этом случае визуализация достигается путем задания цвета слоям различных интервалов отметок для участков поверхности (рис. 5.19). Неограниченный простор для визуализации проекта открывает наложение текстур на определенные области поверхностей – все зависит от возможностей вашего компьютера и времени, которое вы готовы уделить этому процессу.

Второй компонент AutoCAD Дороги CS – программа для проектирования автомобильных и железных дорог **PLATEIA 5.0**, которая выполнена в виде приложения под AutoCAD R14 или AutoCAD 2000 и включает уникальные высокоэффективные инструменты проектирования дорог: специальные средства для работы с цифровыми моделями рельефа и картами, построения продольных и поперечных профилей, работы с кривыми, средства создания и расстановки дорожных знаков, информационных указателей, нанесения разметки.

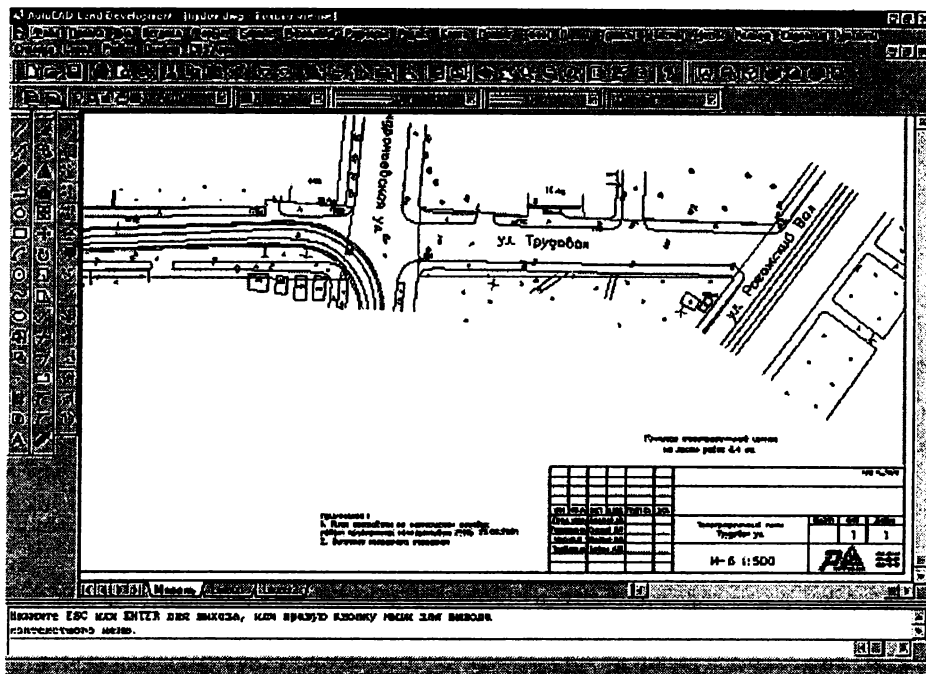


Рис. 5.19. Электронный топографический план

Программа имеет модульную организацию и может быть оптимальным образом сконфигурирована под индивидуальное рабочее место.

В состав AutoCAD Дороги CS вошли три основных модуля программы PLATEIA 5.0: «Оси», «Продольные профили» и «Поперечные сечения».

В начале работы над проектом определяются нормы проектирования с указанием категории дороги, типа рельефа, ширины трассы, расчетных скоростей, а также стандарты расчетов и оформления чертежей. По заданным параметрам PLATEIA будет осуществлять построения, а встроенная библиотека стандартов отследит возможные ошибки.

В соответствии с традиционными методами проектирования в модуле «Оси» естественным образом создаются горизонтальные элементы, трассируются осевые линии проектируемой дороги. Специальные средства «Горизонтальные элементы» обеспечивают параметрическую трассировку прямых, круговых и переходных кривых, а также клотоид. С помощью этого инструмента легко, соблюдая правила геометрических построений и выбирая элементы сопряжений, описывать изгибы и повороты проектируемой дороги.

«Оси» – основа для создания поперечных сечений. При помощи одной команды меню можно расставить по трассе пикеты и указать расположение поперечных сечений, а следующим шагом сделать проекцию трассы на трехмерную модель рельефа. Система хранения данных позволяет сохранять результаты этапов работы над проектом. Далее поперечники обрабатываются модулями «Продольные профили» и «Поперечные сечения», а полученные в этих модулях данные используются для показа на чертеже обочин, продольного профиля дороги, линий выемки/насыпи. Встроенные средства модуля «Оси» позволяют визуализировать проект, определяя объекты и линию движения камеры. Пользователь получает перспективное изображение дороги для согласования элементов трассы с ландшафтом (рис. 5.20).

Инструменты модуля «Продольные профили» позволяют подготовить один из основных чертежей, по которым осуществляется строительство автомобильной дороги. Продольный профиль содержит данные о местности и проектных решениях.

Отрисовка «земли» на профиле осуществляется автоматически по цифровой модели местности и оси трассы. Включенные в модуль инструменты позволяют отрисовывать тангенсы и вертикальные радиусы, рассчитывать отметки дороги.

Тангенсы и вертикальные радиусы проектируются как в интерактивном режиме, так и при помощи параметрического задания, причем интеллектуальная система контроля соответствия нормам и стандартам сообщит пользователю, если последние нарушены. Вся информация, необходимая для построения вертикальных кривых по стандартам, показывается в командной строке.

ное проектирование автомобильных дорог в стадии их строительства, реконструкции и ремонта. В основу идеологии системы были положены расчетные схемы для реконструкции дорог, а новое строительство рассматривалось как частный случай реконструкции без учета элементов существующей дороги. Этому соответствовала и аббревиатура названия системы: ReCAD – РеКонструкция Автомобильных Дорог.

В 2001 г. вышла версия системы Indor ReCAD для Windows, которая была анонсирована и сертифицирована как программный продукт для широкого применения в проектной дорожной практике.

В марте 2003 г. система Indor ReCAD была передана для дальнейшего развития в компанию «ИндорСофт. Инженерные сети и дороги». Постепенно в систему добавлялись новые типы данных, инструменты для работы с ними, расширялись функциональные возможности и, как следствие, области применения системы. В связи с этим в компании «ИндорСофт» было принято решение о создании линейки программных продуктов IndorCAD для автоматизированного проектирования объектов транспортного, промышленного и гражданского строительства. В основе всех программных продуктов этой линейки лежит ядро системы Indor ReCAD – система автоматизированного проектирования IndorCAD.

Система IndorCAD – это универсальная система автоматизированного проектирования объектов транспортного, промышленного и гражданского строительства. В IndorCAD реализованы алгоритмы и инструменты, решающие задачи, которые возникают на всех этапах проектирования объектов – от обработки материалов инженерных изысканий и подготовки цифровой модели местности до формирования выходных чертежей, отчетных таблиц и ведомостей. Инструментальные средства системы позволяют:

- вводить геодезическую информацию, полученную различными методами (нивелирование, тахеометрическая съемка, GPS-съемка, растровая подложка);
- формировать цифровую модель местности, редактировать ее, отображать в различных представлениях (изолинии, твердотельная модель, уклоны и т.д.), анализировать поверхности;
- формировать геологическую модель местности;
- работать с несколькими поверхностями;
- включать и отключать отображение отдельных объектов проекта (растров, поверхностей, элементов поверхностей, проектных решений и др.), что позволяет визуально анализировать полученные решения;
- одновременно отображать все проекции проектируемого объекта (план, продольный и поперечный профили);
- просматривать проект в 3D-виде на любом этапе проектирования;
- объединять проекты;
- формировать чертежи, сводные ведомости, таблицы и отчеты по проекту;
- используя богатый ActiveX-интерфейс, создавать собственные модули и надстройки системы для выполнения частных задач.

Отличительной особенностью системы IndorCAD является принцип единой модели, который позволяет отслеживать результаты выполненных изменений одновременно во всех проекциях объекта (в плане, продольном или поперечных профилях) и 3D-виде: изменения, выполненные в одной из проекций, мгновенно отображаются во всех остальных проекциях и 3D-виде. Возможность трехмерной визуализации позволяет достаточно реалистично представить проект и визуально оценивать качество проектных решений на любом этапе проектирования.

Модульная структура IndorCAD позволяет изменять список решаемых системных задач, привлекать к разработке программных модулей сторонних разработчиков, методически и структурно совершенствовать систему, расширяя ее возможности. Система IndorCAD может поставляться в той или иной конфигурации, которая определяется перечнем подключаемых программных модулей.

В состав линейки программных продуктов IndorCAD входят:

- система подготовки топографических планов IndorCAD/Topo;
- система автоматизированного проектирования автомобильных дорог IndorCAD/Road;
- система автоматизированного проектирования генеральных планов IndorCAD/Site;
- система автоматизированного проектирования железных дорог IndorCAD/Rail.

Система подготовки топографических планов *IndorCAD/Topo* предназначена для ввода и обработки данных, полученных в ходе инженерно-геодезических и геологических изысканий, и подготовки цифровой модели местности (ЦММ). *Инструментальные средства системы позволяют:*

- вводить данные, полученные в результате геодезических изысканий (параметры станций теодолитного хода и съемочные точки), импортировать файлы электронных геодезических приборов;
- обрабатывать полученные данные и выполнять геодезические расчеты;
- загружать данные из файлов, подготовленных в других системах;
- вводить данные по растровой подложке (сканированные карты, чертежи, аэрофотоснимки);
- формировать геологическую модель местности;
- выполнять анализ и редактирование поверхности, полученной на основе исходных данных. Эффект «псевдо 3D» (изменение цвета поверхности в зависимости от направления уклонов и источника света), изолинии, изоконтур и градиенты стоков позволяют визуально оценить рельеф построенной поверхности;
- наносить объекты инженерного и сервисного обустройства, зеленые насаждения, здания, ограждения и др.;
- передавать построенную цифровую модель местности в другие программы компании IndorSoft;
- формировать отчетные документы.

ЦММ может быть представлена в соответствии с существующими требованиями оформления топографических планов, для этого в системе IndorCAD используется универсальная технология отображения условных знаков *IndorExFonts*. Файлы с ЦММ, подготовленные в системе IndorCAD/Topo, могут быть переданы в любую из систем автоматизированного проектирования IndorCAD и использованы для проектирования объектов транспортного, промышленного и гражданского строительства.

Система автоматизированного проектирования автомобильных дорог *IndorCAD/Road* позволяет проектировать автомобильные дороги всех технических категорий на стадии их строительства, реконструкции и ремонта.

Система IndorCAD/Road представляет собой дополнительный модуль, подключаемый к базовой системе IndorCAD по технологии ActiveX. В системе IndorCAD/Road реализованы следующие основные разделы проектирования: План, Продольный профиль, Верх земляного полотна, Поперечный профиль, 3D-вид. В составе системы могут поставляться дополнительные модули: геодезический редактор, геология, редактор дорожных знаков, редактор инженерных коммуникаций, имитационная система транспортных потоков и другие. *Инструментальные средства модуля дают возможность:*

- выполнять трассирование автомобильной дороги (построение в плане кривой, описывающей траекторию дороги с учетом ограничений на допустимые радиусы поворотов) как с применением классических геометрических элементов (дуг окружностей и клотоид), так и современных инструментов вычислительной математики (кривых Безье 3-го и 5-го порядков);
- работать с произвольным количеством трасс и выполнять вариантное трассирование;
- удобно и наглядно редактировать трассы (параллельный перенос трассы, изменение азимута начального направления, добавление и смещение вершин углов, изменение параметров вписанных кривых и т.д.);
- выполнять разбивку трассы на поперечные профили (дискретизацию отметок трассы с заданным интервалом);
- проектировать продольный профиль трассы классическим или сплайновым методами;
- проектировать верх земляного полотна (виражи), переходно-скоростные полосы, автобусные карманы, разделительные полосы;
- конструировать дорожную одежду и поперечные профили как типовые, так и индивидуальные;
- «привязывать» к трассе дополнительные объекты инженерного обустройства: элементы дорожной разметки, дорожные знаки, ограждения и сигнальные столбики, мосты и путепроводы. Привязка объектов выполняется в координатах относитель-

но трассы, что приводит к автоматическому смещению этих объектов при изменении планового положения трассы;

- просматривать существующие и проектные трассы в 3D-виде, визуально оценивать дальность видимости объектов на автомобильной дороге. Дополнительно реализована возможность «проезда» по проектной трассе (вид с точки зрения водителя), что позволяет наиболее качественно оценить проектное решение;
- формировать чертежи, сводные ведомости, таблицы и отчеты по проекту.

В настоящее время система автоматизированного проектирования автомобильных дорог успешно эксплуатируется во многих проектных организациях России и ближнего зарубежья.

Система автоматизированного проектирования генеральных планов **IndorCAD/Site** представляет собой дополнительный модуль, подключаемый к базовой системе IndorCAD по технологии ActiveX. Инструментальные средства модуля позволяют решать задачи, возникающие при проектировании генеральных планов застройки территорий:

- строить поверхность с заданным уклоном;
- производить автоматические измерения уклонов поверхности в интересующих участках;
- отображать в произвольных точках существующие, проектные и рабочие отметки поверхности (разности между проектными и существующими отметками);
- автоматически достраивать откосы от проектной поверхности до существующей;
- производить подсчет объемов земляных работ по сетке;
- формировать отчетные ведомости, таблицы и чертежи, принятые при проектировании генеральных планов.

Система автоматизированного проектирования железных дорог **IndorCAD/Rail** представляет собой дополнительный модуль, подключаемый к базовой системе IndorCAD по технологии ActiveX. Инструментальные средства модуля позволяют:

- трассировать железные дороги (строить в плане кривую, описывающую траекторию дороги) с применением традиционных геометрических элементов (прямых, дуг окружностей и клотоид);
- выполнять вариантное трассирование, предоставляя инженеру возможность выбрать наилучшее проектное решение;
- удобно и наглядно редактировать трассы (интерактивное и параметрическое редактирование, параллельный перенос трассы, изменение азимута ее начального направления и т.д.) с учетом нормативов и рекомендаций;
- проектировать продольный профиль трассы классическим методом;
- проектировать поперечные профили трассы, задавать конструкцию насыпи (как из библиотеки типовых, так и индивидуальную);
- формировать проектную поверхность с учетом насыпей и выемок, заложенных при проектировании поперечных профилей;
- просматривать существующие и проектные железные дороги в 3D-виде;
- формировать чертежи продольного профиля трассы железной дороги в стандартной для железных дорог форме, предусмотренной ГОСТ.

Рассмотрим более детально работу в системе **IndorCAD/Road**.

1. Все начинается с создания *цифровой модели местности (ЦММ)*. ЦММ можно загрузить из текстового файла или получить посредством обработки здесь же, в системе, данных тахеометрической съемки, нивелирной съемки или GPS. Источником ЦММ также могут быть растровые подложки, которые векторизуются инструментальными средствами самой системы. По ЦММ строится поверхность в виде триангуляции Делоне. В системе предусмотрены всевозможные средства редактирования как ЦММ, так и поверхности, ею порожденной.

Поверхность можно визуально анализировать как посредством изолиний, так и градиентов стока и, собственно, в виде совокупности треугольных плоскостей. Последние, благодаря эффекту «псевдо-3D» за счет направленного источника света (рис. 5.21) позволяют различать на поверхности понижения-повышения, экспозиции склонов и пр.

Благодаря широкому применению разнообразных структурных и ситуационных линий и контуров ЦММ (поверхности) приобретают привычный вид карты (топоплана).

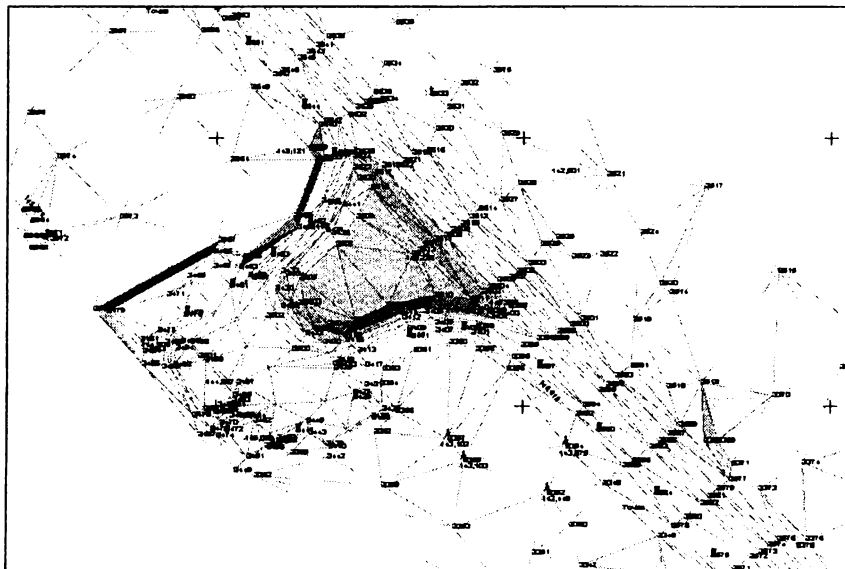


Рис. 5.21. Фрагмент ЦММ (поверхности) существующей автомобильной дороги

2. Следующий шаг в проектировании дорог с помощью системы IndorCAD/Road – **трассирование**. Проект может содержать множество трасс (основная, вспомогательные, примыкания, пересечения и т.п.). С каждой трассой связана карточка объекта, где могут быть заданы индивидуальные параметры трассирования. В системе реализованы как традиционные схемы трассирования дорог посредством тангенциального хода с вписыванием закруглений типа «клотоида – круговая кривая – клотоида», так и схемы на основе кубических сплайнов и кривых Безье 3-го, 5-го порядков. Последние позволяют осуществлять пространственное трассирование дорог, что особенно эффективно при проектировании транспортных развязок в разных уровнях.

По каждой запроектированной трассе автоматически строится продольный профиль. Проектирование проектной линии продольного профиля осуществляется или традиционным тангенциальным методом, или с помощью сглаживающих сплайнов. Оптимизация проектной линии посредством сглаживающих сплайнов чрезвычайно эффективна при реконструкции и ремонте автомобильных дорог, когда в узкой полосе варьирования удастся найти наиболее плавные очертания проектной линии и, в тоже время, обеспечить прохождение проектной линии через контрольные точки (рис. 5.22). Геологические разрезы формируются на продольном профиле, если на плане нанесены скважины и заполнены карточки выработки, литологии и уровней грунтовых вод.

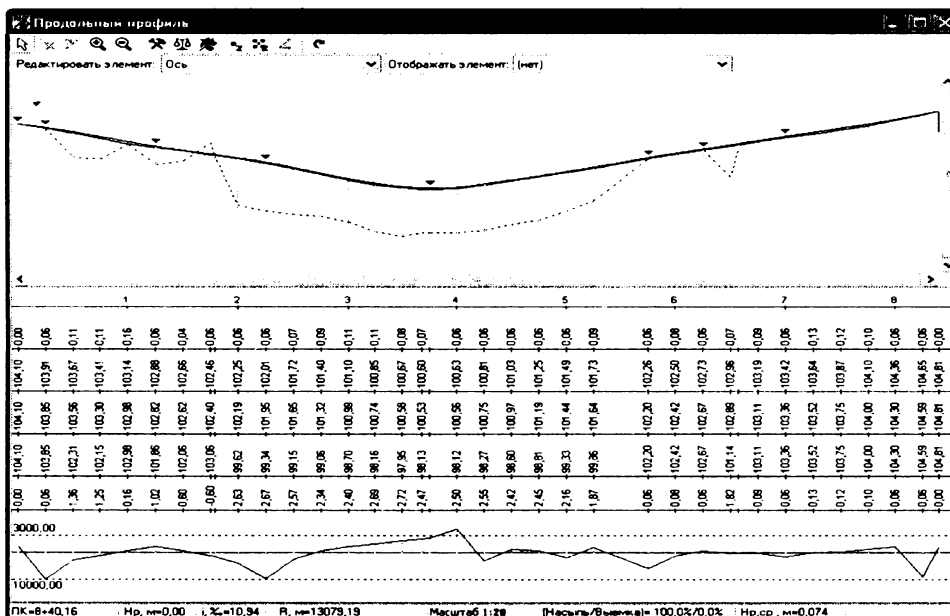


Рис. 5.22. Продольный профиль в системе IndorCAD/Road

Продольные профили строятся не только по трассам, но и по любой структурной линии. Таким образом, в частности, решается вопрос обеспечения продольного водоотвода.

3. Следующей проектной процедурой в системе In-dorCAD/Road является **формирование верха земляного полотна (ВЗП)**. Горизонтальная планировка ВЗП заключается в том, что таблично-графическими процедурами задаются параметры проезжей части, обочин, разделительных полос, бордюров, переходно-скоростных полос, карманов автобусных остановок. Эти элементы меняют свои параметры по длине дороги, что учтено в диалоге их формирования. Вертикальная планировка ВЗП состоит из расчета отгонов виражей и собственно виражей. При этом возможно осуществлять отгоны виражей не только на интервале переходной кривой в плане, но и на любом произвольном интервале. Это актуально при проектировании ремонтов и реконструкций, а также при использовании переходных кривых трассы в плане, отличных от клотоид (сплайны, кривые Безье).

Процедура формирования конструкций дорожных одежд, поперечных профилей земляного полотна и продольного водоотвода сведена в системе IndorCAD/Road в единый раздел «Поперечный профиль» (рис. 5.23).

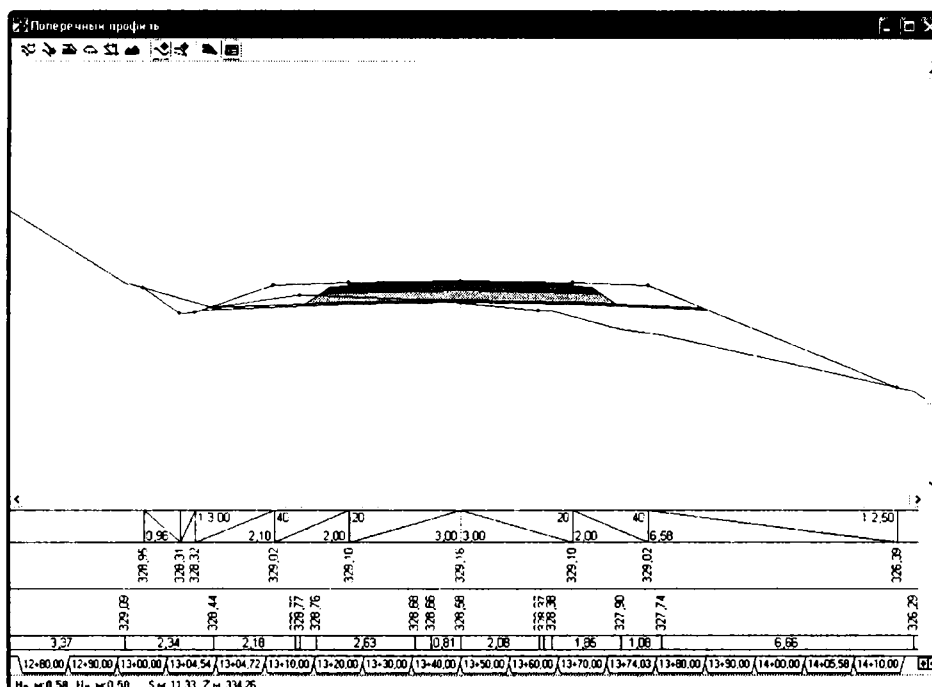


Рис. 5.23. Поперечный профиль в системе IndorCAD/Road

Благодаря именованным структурным линиям можно задавать конструкцию дорожной одежды как существующую, так и проектируемую (ремонт, реконструкция). В качестве элементов дорожной одежды могут устанавливаться прикромочные лотки, бордюры, конструкции уширений и др. Полезным инструментом проектирования поперечных профилей, существенно повышающим производительность труда проектировщика, являются библиотеки типовых решений, которые формируются из ранее созданных элементов. В разделе поперечных профилей также отрабатываются полосы временного и постоянного отвода земель, интерполированной земли, срезки растительного слоя. Если визуализировать продольный профиль по структурной линии дна кювета, то изменениями положения проектной линии этого профиля мы добиваемся отвода воды из кювета. Все происходящие изменения в продольном профиле кювета в реальном времени отображаются на соответствующих поперечных профилях.

Глубоко проработан в системе IndorCAD/Road вопрос 3D-представления объекта проектирования. Это стало возможно благодаря тому, что реализован принцип единой модели дороги (проекта), то есть любые изменения в одной из проекций дороги (план, продольный и поперечный профили) приведут к немедленным изменениям в других проекциях. Такой подход позволяет получать непротиворечивые проектные решения, дает возможность одновременно корректировать план, продольный и поперечные профили и получать в реальном времени трехмерное представление проектируемого объекта (рис. 5.24).

Рис. 5.24. 3D вид проектируемой развязки с элементами инженерного обустройства

4. Проектирование инженерного обустройства (дорожные знаки, разметка, ограждения, освещение, озеленение) осуществляется в разделе «план», но вместе с условными обозначениями элементов обустройства на плане формируются их 3D-аналоги на перспективных изображениях.

В системе IndorCAD/Road можно задать *траекторию проезда (пролета)* по проектируемому объекту и записать проезд в файл формата AVI и в последующем осуществлять его передачу для просмотра без системы проектирования. Кроме того, в системе имеется возможность произвольного проезда по проектируемой дороге с помощью управления стандартным игровым тренажером типа «руль с педалями» (рис. 5.25). Это создает практически полную имитацию движения по проектируемой (виртуальной) дороге, на которой к тому же может случайным образом генерироваться транспортный поток. Такой подход способствует выработки скорректированных проектных решений, повышающих удобство и безопасность движения.



Рис. 5.25. Имитация проезда по дороге на тренажере с позиции водителя

Поскольку система реализована в идеологии Windows, то проектировщик может одновременно работать со всеми проекциями проекта (рис. 5.26). К тому же ОС Windows позволяет подключать два и более мониторов к одному системному блоку, что дает возможность работать инженеру-проектировщику не только с проекциями модели проектируемого объекта, но и одновременно на смежных мониторах с таблицами, чертежами и текстами.

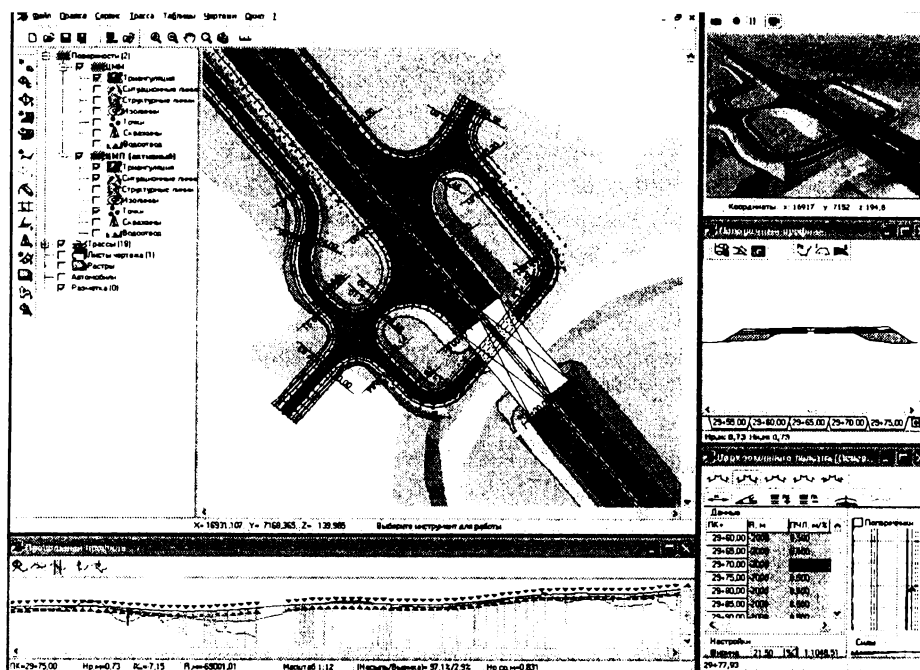


Рис. 5.26. Система IndorCAD/Road в многооконном режиме работы

К настоящему времени система IndorCAD/Road прошла широкую апробацию при проектировании объектов различной сложности. Так, например, проектирование реконструкции под I категорию участков федеральной дороги М-52 «Чуйский тракт» в Алтайском крае Российской Федерации выявило необходимость повысить производительность работы алгоритмов по обработке ЦММ, поскольку одновременно обрабатывалось свыше 30 000 точек (пикетов). Благодаря оптимизации некоторых процедур производительность обработки ЦММ увеличилась в десятки раз и «торможение» не возникало даже на компьютерах средней мощности. Разбиение этой же трассы протяженностью 19 км на поперечники с шагом 10 м также не вызвала затруднений. Сейчас система IndorCAD/Road позволяет работать с реальными проектами, содержащими сотни тысяч точек (пикетов).

Проектирование дорог в горной местности (Краснодарский край) выявило преимущество и гибкость трассирования посредством сплайнов и кривых Безье перед традиционными методами трассирования.

Проектирование городских улиц и дорог в г. Томске (рис. 5.27) показало, что система IndorCAD/Road обладает практически всеми необходимыми инструментами для проектирования генеральных планов и сложных транспортных объектов.

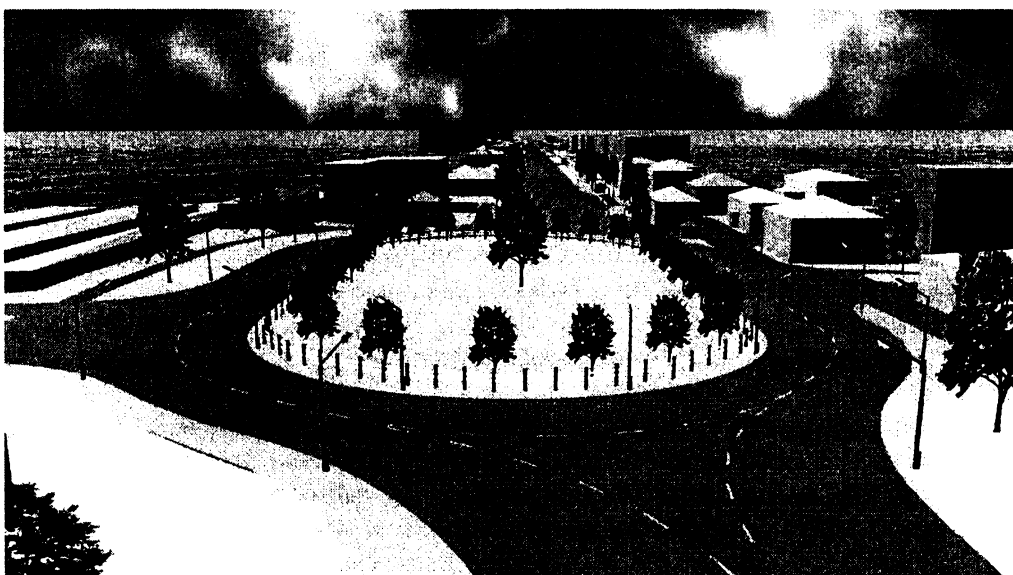


Рис. 5.27. Проектирование городской магистрали в г. Томске

5.7. Система автоматизированного проектирования Robur 5.0

Система автоматизированного проектирования автомобильных дорог Robur 5.0 разработана научно-производственной фирмой «Топоматик» (г. Санкт-Петербург).

Основные возможности системы:

- создание цифровой модели рельефа и работа с поверхностями;
- проектирование плана трассы;
- проектирование продольного и поперечного профилей;
- подсчет объемов земляных работ. Генерация чертежей и ведомостей;
- обработка исполнительной съемки.

Основные отличительные особенности системы:

- Robur ориентирован на использование как в проектных организациях, так и в дорожных ремонтно-строительных управлениях;
- построенный на основе *технологии пространственного моделирования*, Robur идеально подходит для обработки материалов изысканий, проектирования как городских, так и загородных дорог, а также подъездных путей к предприятиям;
- совместим с большинством программных продуктов (рис. 5.28), используемых в проектных и строительных организациях, и легко встраивается в технологическую цепочку;

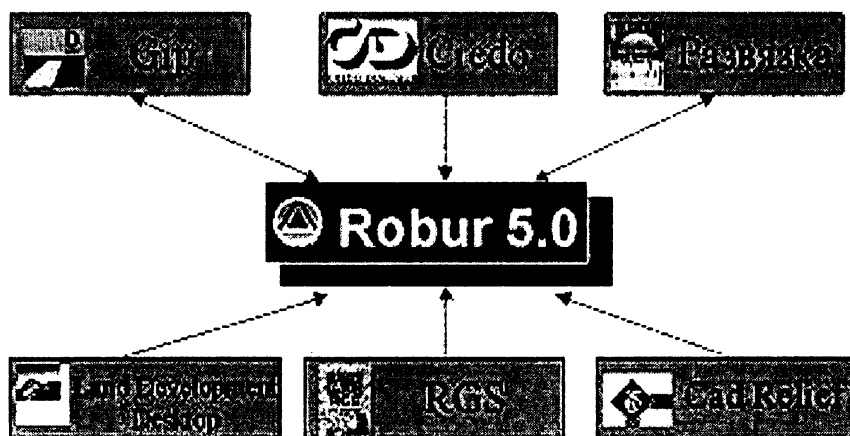


Рис. 5.28. Совместимость системы Robur 5.0 с другими программными продуктами в области проектирования транспортных коммуникаций

- вместо того, чтобы создавать множество несвязанных между собой документов, при помощи Robur возможно создание единой пространственной модели дороги. В распоряжении проектировщика имеется исчерпывающий набор инструментов для работы с цифровой моделью рельефа, планом, продольным и поперечными профилями трассы;
- все данные в модели динамически связаны. В результате получают согласованные и абсолютно точные чертежи;
- наибольшая отдача от вложений в технологию;
- Robur позволяет перейти к сквозной безбумажной технологии проектирования дорог и осуществлять контроль за качеством их строительства;
- реализованный на единой методологической основе, Robur обеспечивает решение комплекса дорожных задач от обработки материалов изысканий до выноса проекта в натуру;
- работа, выполняемая ранее целым отделом, теперь при помощи Robur будет сделана всего одним специалистом.

Краткое описание основных функциональных возможностей:

1. Многооконный интерфейс. Robur имеет три рабочих окна: План, Профиль и Поперечник, что позволяет вести проектирование трассы как пространственного объекта.

Данные в окнах взаимосвязаны. Редактирование в одном окне приводит к модификации данных в других окнах. Например, изменение продольного профиля оси трассы ведет к соответствующему вертикальному сдвигу поперечников.

2. Моделирование поверхностей. Фактические и проектные данные в Robur представлены в виде поверхностей. Поверхность – это совокупность треугольников, имеющих общие ребра (рис. 5.29). Проект может содержать неограниченное количество поверхностей.

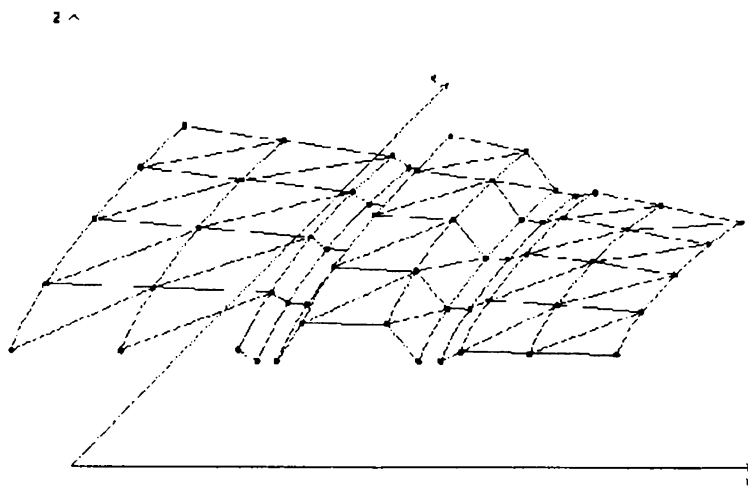


Рис. 5.29. Поверхность в Robur 5.0

В Robur имеется обширный набор функций для работы с поверхностями:

- импорт материалов изысканий;
- редактирование съемочных точек;
- автоматизированное построение структурных линий;
- построение поверхности (триангуляция по критерию Делоне);
- редактирование ребер поверхности.

Поверхности могут создаваться как встроенными средствами Robur, так и импортироваться из специализированных пакетов обработки материалов изысканий (например, Credo, Softdesk Civil/Survey, Gip, Inroads и др.).

3. Работа с подобъектами. Подобъект представляет собой набор данных, описывающих отдельную дорогу. В проекте может содержаться неограниченное количество подобъектов. Например, при проектировании перекрестка будут два подобъекта, описывающих пересекающиеся улицы. Каждый подобъект имеет свой план, профиль и поперечники.

4. Проложение оси трассы. Ось трассы представляется в виде набора вершин горизонтальных углов поворота. В каждый угол могут быть вписаны круговая и две переходных кривых (по Ксенодохову). Вершины углов, вместе с вписанными кривыми, можно перетаскивать мышью, что обеспечивает дополнительную гибкость при проектировании в стесненных условиях.

Robur позволяет проектировать биклотоиды по тангенсам и подбирать параметры закругления по радиусу и биссектрисе.

5. Создание черных профилей. Черные продольный и поперечные профили могут быть созданы как по цифровой модели рельефа, так и введены в табличной форме или импортированы из текстовых файлов.

Имеется возможность автоматизированного ввода информации о дождеприемных колодцах, подземных и надземных коммуникациях. Коммуникации отображаются в рабочих окнах программы и на выходных чертежах.

6. Проектирование продольного профиля. Продольный профиль представляется в виде вершин вертикальных углов с вписанными в них вертикальными кривыми (по Антонову). Robur позволяет автоматически создавать продольный профиль по руководящей отметке и шагу проектирования. Имеется исчерпывающий набор функций для редактирования профиля, что обеспечивает чрезвычайную гибкость и удобство проектирования, особенно на сложных участках.

Для проектирования дорог в условиях городской застройки Robur предоставляет специальный механизм создания продольного профиля путем перемещения поперечника, а также возможность автоматического создания пилообразного продольного профиля по водоотводным лоткам в условиях плоского рельефа (рис. 5.30).

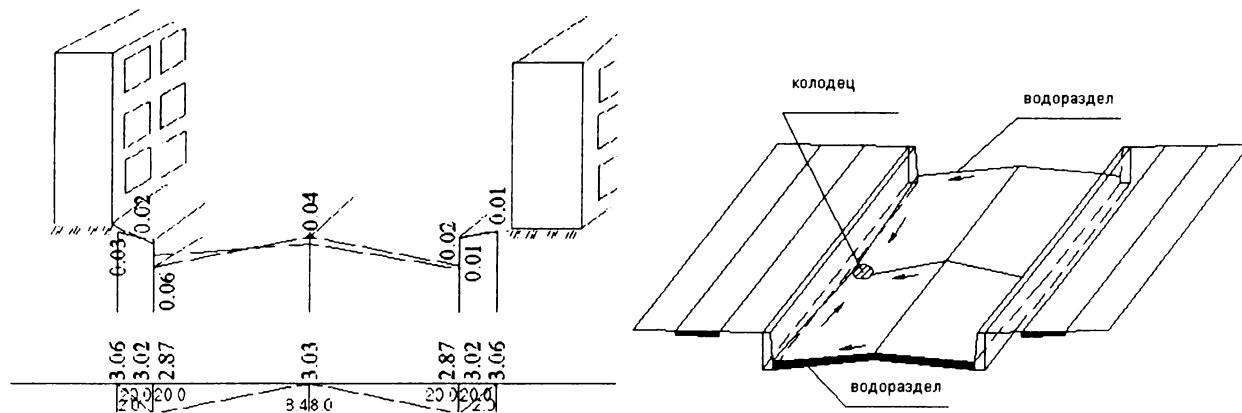


Рис. 5.30. Поперечный профиль в условиях городской застройки

Robur позволяет использовать для моделирования трассы до 19 связанных продольных профилей:

- по оси;
- 8 слева и 8 справа;
- левый и правый кюветы.

К профилям привязываются точки на поперечнике. Таким образом, имеется возможность проектировать сложные объекты с несколькими проездами и изменяющейся геометрией.

7. Проектирование верха покрытия. Верх покрытия и конструкция дорожной одежды представлены в виде шаблонов. *Шаблон* – это текстовый файл, создаваемый при помощи любого текстового редактора. Шаблон позволяет описать произвольную конфигурацию поперечного профиля (например, бортовые камни, дренаж и т.д.). Более того, замкнутые контуры внутри шаблона могут быть использованы для подсчета объемов работ. Таким образом, шаблон является универсальным способом представления верхней части дороги.

В базовый комплект Robur включены следующие шаблоны:

- для загородных дорог без разделительной полосы (II–V категории);
- для загородных дорог с разделительной полосой (I категория);
- для городских дорог с односкатным профилем;
- для городских дорог с двускатным профилем.

Проектирование виражей в Robur производится при помощи механизма, позволяющего выполнить отгон по произвольной схеме, задавая ширины полос и поперечные уклоны на характерных поперечниках (начало отгона, точка «икс», конец отгона). На промежуточных пикетах эти величины интерполируются.

В Robur реализованы наиболее часто встречающиеся типовые схемы отгона виражей как для дорог без разделительной полосы, так и для дорог с разделительной полосой.

Для дорог без разделительной полосы вращение производится относительно оси, а для дорог с разделительной полосой – относительно либо внутренней кромки, либо перспективной кромки, либо середины проезжей части, либо произвольной точки.

8. Проектирование откосов. Откосы в насыпи и в выемке могут иметь до четырех ступеней. Каждая ступень задается коэффициентом заложения откоса, высотой ступени и длиной полки (рис. 5.31).

Конфигурация откосов определяется параметрами, которые могут быть заданы как для каждого конкретного поперечника отдельно для левой и правой стороны, так и для группы поперечников на выбранном участке.

Для облегчения проектирования, наиболее часто применяемые поперечники могут быть помещены в библиотеку типовых решений для их повторного использования.

Наибольшую гибкость в проектировании откосов обеспечивает применение правил. В правиле задаются предельная высота малой насыпи, предельная глубина малой выемки, и типы откосов для малой насыпи, большой насыпи, малой выемки и большой выемки. Правило определяет тип откосов, который должен быть применен на конкретном пикете в зависимости от разницы отметок между бровкой и черной землей.

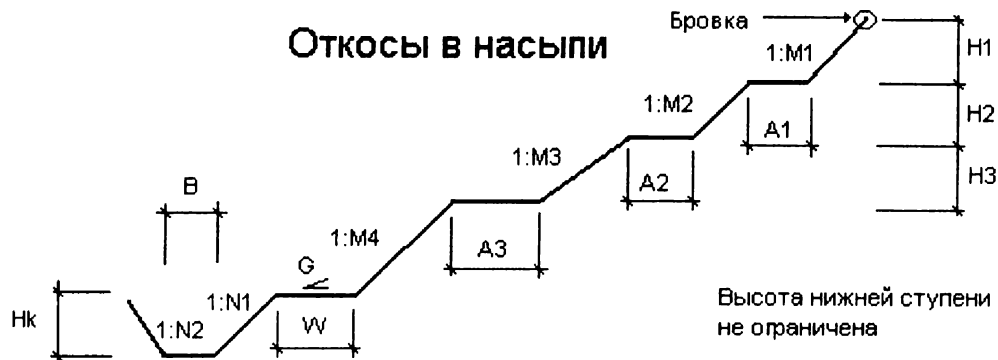


Рис. 5.31. Проектирование откосов насыпи в Robur 5.0

9. Проектирование кюветов. Кювет задается коэффициентами заложения внутреннего и внешнего откосов, глубиной, шириной дна, длиной и уклоном прикюветной полки. Как правило, проектирование кюветов производится в два этапа. Сначала на всей длине трассы задают глубину кювета от низа подстилающего слоя и строят продольный профиль кювета. Затем редактируют полученный профиль в целях организации водоотвода и импортируют исправленный профиль обратно в поперечники.

10. Подсчет объемов земляных работ. Robur рассчитывает объемы и записывает их в текстовый файл, который может быть импортирован в любой табличный процессор (например, Excel) для создания ведомостей, а также использован в дальнейшем для автоматизированного составления смет.

11. Формирование чертежей. Программа формирует следующие чертежи (в формате dxf):

- чертеж поверхности (отметки точек и горизонтали);
- чертеж плана трассы;
- чертеж продольного профиля;
- чертежи поперечников.

5.8. Программный комплекс CREDO

5.8.1. Состав, назначение и области применения комплекса CREDO

Программный комплекс CREDO – отечественный программный продукт, обеспечивающий проектирование транспортных коммуникаций. В настоящее время наиболее эффективно решает проектные задачи в области автомобильного транспорта.

Девиз разработчиков (СП ООО «КРЕДО-ДИАЛОГ», г Минск) – «От изысканий до строительства», которому в полной мере отвечает идеология программного комплекса CREDO. Системы CREDO работают с единым набором данных в общей оболочке, обеспечивая непрерывность процесса обработки изысканий и проектирования, а также внедрение современных эффективных технологий.

Функциональные возможности комплекса CREDO:

- камеральная обработка инженерно-геодезических изысканий;
- обработка геодезических данных при проведении геофизических разведочных работ;
- подготовка данных для создания цифровой модели местности инженерного назначения;
- создание и корректировка цифровой модели местности инженерного назначения на основе данных изысканий и существующих картматериалов;
- формирование чертежей топопланов и планшетов на основе созданной цифровой модели местности, экспорт данных по цифровой модели местности в системы автоматизированного проектирования и геоинформационные системы;
- обработка лабораторных данных инженерно-геологических изысканий;
- создание и корректировка цифровой модели геологического строения площадки или полосы изысканий;

- формирование чертежей инженерно-геологических разрезов и колонок на основе цифровой модели геологического строения местности, экспорт геологического строения разрезов в системы автоматизированного проектирования;
- маркшейдерское обеспечение процесса добычи полезных ископаемых;
- проектирование генеральных планов объектов промышленного, гражданского и транспортного строительства;
- подсчет объемов земляных работ;
- проектирование профилей внешних инженерных коммуникаций;
- проектирование нового строительства, реконструкции и капитального ремонта автомобильных дорог;
- проектирование транспортных развязок;
- решение задач проектирования железных дорог;
- ведение дежурных планов территорий и промышленных объектов;
- геодезическое обеспечение строительных работ.

Комплекс обеспечивает связь с другими системами с помощью файлов текстового и 2D-, 3D-DXF, MIF/MID форматов, что позволяет эффективно вписывать модули CREDO в уже сложившиеся технологические цепочки. Каждая система комплекса CREDO участвует в едином технологическом процессе, являясь, в то же время, самостоятельным программным модулем, и может эксплуатироваться отдельно. **Модульный подход к программному обеспечению, тщательный учет специфики и проблем пользователей позволяет формировать и поставлять оптимальные по стоимости и функциям технологические системы разного назначения – для специализированных геодезических предприятий, изыскательских подразделений проектных фирм, крупных и мелких проектных организаций, учебных заведений и т.д.**

Программный комплекс состоит из семи основных подсистем и целого ряда дополнительных модулей, объединенных в единую технологическую линию процесса разработки проекта.

Комплекс CREDO состоит из следующих систем и дополнительных задач:

- **CREDO_DAT** – система, обеспечивающая сбор и обработку топографической информации;
- ТРАНСКОР 1.0 – преобразование геоцентрических, геодезических, прямоугольных координат;
- ЗЕМПЛАН 3.1 – программа для расчета площадей земельных участков, создания и вывода на печать графических и текстовых документов при инвентаризации земель;
- НИВЕЛИР 1.0 – камеральная обработка полевых измерений геометрического нивелирования;
- CREDO_LIN – система обработки линейных изысканий при проектировании линейных объектов – дорог, трубопроводов, ЛЭП и т.д.;
- **CREDO_TER** – система создания и представления цифровой модели местности (ЦММ);
- **CREDO_PRO** – система интерактивного проектирования объектов промышленного, гражданского, автодорожного и железнодорожного строительства. Такими объектами могут быть городские улицы и дороги, автомобильные дороги общего пользования, железные, промышленные и лесовозные дороги, трубопроводы, генпланы гражданских и промышленных объектов, городской микрорайон, аэродром и т.д.
- **CREDO_GEO** – система формирования математической пространственной модели геологического строения площадки или полосы изысканий;
- CREDO_GEO КОЛОНКА 2.0 – ввод данных по инженерно-геологическим выработкам и создание чертежа инженерно-геологической колонки;
- CREDO_GEO ЛАБОРАТОРИЯ 2.1 – программа для автоматизации процесса обработки лабораторных данных инженерно-геологических изысканий;
- **CREDO_MIX** – решение задач проектирования горизонтальной и вертикальной планировки генеральных планов и транспортных сооружений;
- **CAD_CREDO** – система проектирования нового строительства и реконструкции автомобильных дорог II – V технических категорий;
- ОТКОС 2.0 – проверка устойчивости откосов земляного полотна;

- ОСАДКА – расчет осадки насыпи на слабом основании;
- ТРУБА – гидравлический расчет труб и малых мостов;
- ГИДРО – гидравлический расчет водоотводных устройств;
- УВС – оценка уровня воздействия поверхностного стока на водную среду;
- ZNAK 4.3 – проектирование индивидуальных дорожных знаков;
- РАДОН 2.1 – конструирование и расчет дорожных одежд в соответствии с действующими региональными нормативами;
- МОСТ 1.2 – проектирование мостового полотна и пролетного строения; крайних и промежуточных опор, сопряжения моста с насыпью подходов, регуляционных сооружений, подходов;
- МОРФОСТВОР 1.0 – программа автоматизированной обработки гидрологических данных по морфостворам рек при изысканиях мостовых переходов;
- **CREDO_SR** – система автоматизированной обработки геодезических данных при производстве разведочных работ геофизическими методами, требующими создания (привязки) геофизических профилей;
- TRANSFORM 2.0 – система трансформации и координатной привязки растровых картматериалов;
- SYMBOL – программа для создания и редактирования условных знаков топографических планов и строительных чертежей;
- СЕТИ – проектирование продольных профилей наружных коммуникаций: канализации, напорных сетей водопровода, теплотрассы, газопровода;
- ГИС_ЭКСПОРТ – программа для конвертирования данных CREDO по ЦММ и геометрии проекта в форматы геоинформационных систем.

Комплекс CREDO защищается от несанкционированного использования с помощью **системы защиты на электронных ключах HASP**. Электронные ключи HASP присоединяются к параллельному порту компьютера и позволяют подключать к этому же порту другие устройства, такие как принтеры или другие ключи защиты.

Ключи HASP «прозрачны» для других устройств, подключенных к параллельному порту. Системы комплекса CREDO могут также поставляться с электронными ключами, присоединяемыми к порту USB. Для доступа к электронным ключам HASP в операционных системах Windows-9x/Me, Windows-NT/2000/XP должен быть установлен соответствующий драйвер.

5.8.2. CREDO_DAT – инженерная геодезия

Система CREDO_DAT является составной частью комплекса CREDO наряду с системами: CREDO_TER, CREDO_GEO, CREDO_PRO, CREDO_MIX и CAD_CREDO.

Комплекс CREDO обеспечивает полный технологический цикл проектирования от обработки топографо-геодезических данных (CREDO_DAT), создания Цифровой Модели Местности (CREDO_TER, CREDO_MIX) и Объемной Геологической Модели (CREDO_GEO) до функционального и конструкторского проектирования (CREDO_PRO, CREDO_MIX, CAD_CREDO) и получения проектной документации.

Система CREDO_DAT используется для автоматизации расчетной части инженерно-геодезических работ. **Система обеспечивает:**

- импорт данных (координат и «сырых» измерений) из файлов, полученных с электронных регистраторов и GPS-систем, текстовых файлов свободного формата;
- ввод данных из традиционных ведомостей и журналов;
- обработку измерений и строгое уравнивание геодезических сетей;
- инженерно-геодезические и землеустроительные расчеты;
- обработку наземной тахеометрической съемки;
- экспорт результатов обработки в текстовые и графические документы;
- обработку линейных изысканий, составление продольных и поперечных профилей (подсистема CREDO_LIN).

Система CREDO_DAT может использоваться самостоятельно или в составе комплекса CREDO. В последнем случае с использованием системы CREDO_TER или CREDO_MIX осуществляется обработка полного комплекса геодезических работ с созданием топопланов и цифровых моделей местности (ЦММ) для дальнейшего использования при автоматизированном проектировании, в кадастровых системах и т.д. Совместное использование систем

CREDO_DAT, CREDO_TER и CREDO_PRO обеспечивает комплексную обработку изысканий, подготовку и ведение дежурных, кадастровых планов, планов красных линий и т.д.

Система CREDO_DAT может эксплуатироваться в изыскательских организациях и филиалах, изыскательских подразделениях проектных институтов, производственных подразделениях (геослужбах) архитектурно-планировочных управлениях городов, геодезических службах крупных строительных организаций, в учебных заведениях, в организациях, занимающихся землеустроительными работами.

При выборе пункта меню «Геодезические работы CREDO_DAT» на экране появляется меню второго уровня:

CREDO_DAT_PLUS

Землеустроительные работы

Линейные изыскания

Система CREDO_DAT_PLUS предназначена для полной обработки данных полевых измерений инженерно-геодезических и землеустроительных работ. **Она позволяет:**

- импортировать данные из файлов электронных регистраторов в форматах SOKKIA (SDR), GEODIMETER, LEICA, ZEISS, NIKON, TOPCON;
- импортировать координаты и «сырые» измерения из текстовых файлов в форматах, настраиваемых пользователем;
- вводить данные из рукописных (полевых) журналов и ведомостей;
- выполнять строгое уравнивание плановых и высотных геодезических построений (сетей) практически неограниченного объема от 2 класса, любой формы и всех принятых методов создания;
- обрабатывать наземные съемки;
- выполнять различные расчетные задачи;
- выполнять различные преобразования прямоугольных координат;
- экспортировать результаты в файлы формата DXF (2D-чертежи и планшеты, 3D-экспорт в CAD и GIS системы), файлы формата KAT (рабочие каталоги объекта в системе CREDO_DAT), файлы обменного формата CREDO (входные файлы системы CREDO_TER – TOP, ABR), текстовые форматы пользователя.

Землеустроительные работы – комплекс задач по обработке полевых данных при инвентаризации и подготовке отводов земель, который **включает следующие задачи:**

- обработку полярных измерений при координировании углов земельных участков, зданий, сооружений;
- расчет площадей отдельных участков с составлением каталогов;
- вычерчивание плана земельного участка;
- экспорт данных по инвентаризации в ЦММ через файлы типа TOP и ABR открытого обменного формата. Такая возможность задачи позволяет непосредственно в ЦММ (CREDO_TER), формировать любые графические материалы (схемы, планы) и накапливать информацию для ведения земельного кадастра.

Подсистема «Линейные изыскания» (CREDO_LIN) предназначена для обработки инженерно-геодезических изысканий при проектировании сооружений линейного типа: дорог, трубопроводов, линий электропередач и т.п., а также получения профилей трубопроводов. Для системы CAD_CREDO «Проектирование автомобильных дорог» CREDO_LIN является источником исходных данных и поэтому входит в состав CAD_CREDO (рис. 5.32).

Исходные данные для работы вводятся из полевых журналов и схем, а также могут быть получены в результате экспорта из других систем: CREDO_TER «Цифровая модель местности», CREDO_MIX «Цифровая модель проекта», CREDO_GEO «Объемная геологическая модель».

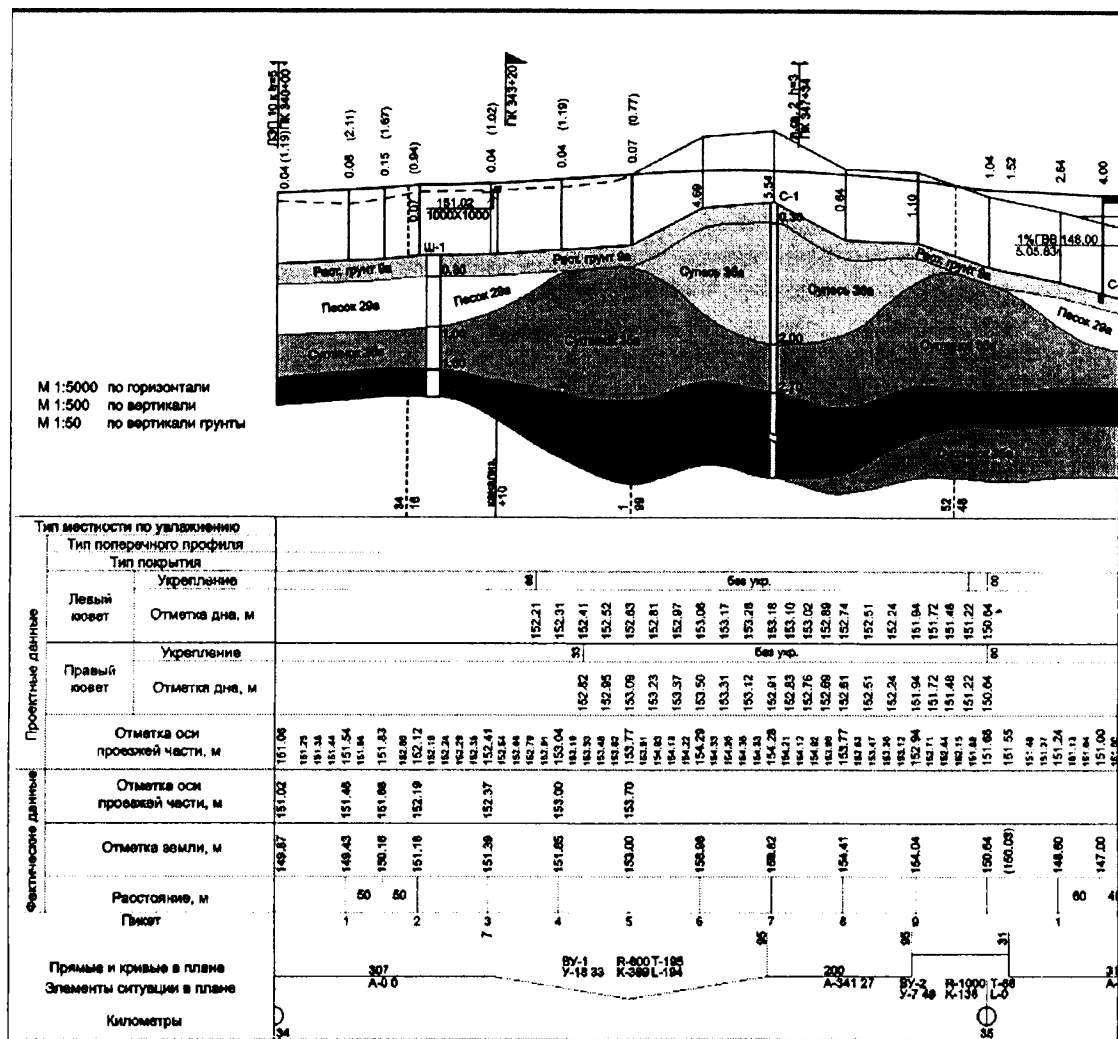


Рис. 5.32. Результаты работы подсистемы CREDOLIN совместно с CAD_CREDO

Исходные данные включают:

- общую информацию по объекту;
- плановую геометрию оси сооружения;
- информацию по геологическому разрезу;
- информацию по продольному и (или) поперечным профилям;
- информацию по имеющимся искусственным сооружениям.

Функции подсистемы «Линейные изыскания» обеспечивают:

- обработку тахеометрической съемки;
- ввод данных продольного нивелирования;
- обработку журналов поперечного нивелирования;
- увязку элементов закруглений плана трассы;
- ввод геологической информации по оси трассы;
- ввод информации об искусственных сооружениях (трубы, мосты, коммуникации и т.д.);
- создание чертежей продольного и поперечных профилей существующей поверхности (файлов типа DXF и PLT), таблиц и ведомостей;
- экспорт результатов обработки линейных изысканий в файлы открытого обменного формата для их дальнейшей конвертации в CREDO_TER (CREDO_MIX) и построения цифровой модели местности;
- экспорт в систему проектирования газопроводов «ГАЗНЕТ»;
- создание чертежей существующих и проектируемых продольных профилей трубопроводов (файлы типа DXF и PLT), а также ведомостей.

Подсистема эксплуатируется как самостоятельный программный продукт, либо в составе единого комплекса обработки изысканий и проектирования CREDO (рис. 5.33).

Комплексная обработка данных в версии 3.0 включает в себя:

- синтаксический и семантический контроль входных данных с одновременным контролем точности измерений (углов, линий, превышений) на нормативные допуски;
- автоматическое распознавание методов съемки и вычисление предварительных координат;
- учет необходимых поправок: компарирования приборов, атмосферных, на кривизну земли и рефракцию, на переход на эллипсоид и на плоскость в нужной проекции и используемой системе координат, на переход на поверхность относимости;
- поиск и локализацию грубых ошибок измерений при помощи процедур L_p -анализа, графического интерактивного анализа ходов и полигонов;
- выявление избыточных измерений и формирование топологии сети планово-высотного обоснования;
- формирование топографических объектов и их атрибутов с использованием системы полевого кодирования и аппарата настраиваемых классификаторов;
- строгое уравнивание линейно-угловых и высотных сетей, неоднородных по точности и конструкции, неограниченных объемов, форм, классов и методов (комбинации методов) создания параметрическим методом с развернутой оценкой точности, которая кроме стандартных оценок включает параметры отображения эллипсов ошибок, характеристики теодолитных, нивелирных и тахеометрических ходов;
- обработку журналов тахеометрической съемки;
- расчетные задачи, необходимые для перенесения проектов в натуру;
- создание каталогов и ведомостей, формирование фрагментов отчета, выдача их с помощью «Генератора отчетов» в принятой на предприятии пользователем форме;
- создание и вычерчивание схем планово-высотного обоснования, картограмм, других графических документов в виде чертежей или планшето.

Особенностью CREDO_DAT 3.0 является возможность интерактивного проектирования геодезических сетей с использованием черно-белых и цветных растровых картографических материалов (подложек) или аэрофотоснимков, что позволяет выбрать оптимальную схему сети, подобрать необходимую точность.

В систему встроены «Генератор отчетов», который позволяет настроить все выходные документы (каталоги, ведомости) под стандарты предприятия и «Компоновщик чертежей», предоставляющий широкие возможности по оформлению и выпуску графических материалов. Результаты передаются в открытый обменный формат (ООФ), текстовые файлы в настраиваемом пользователем формате, форматы DXF, MIF/MID системы MapInfo, Shape-file системы ArcView.

Система CREDO_DAT 3.0 работает в среде Windows-9x/Me/NT/2000/XP.

Все задачи системы CREDO_DAT имеют **общую базу данных по объекту**. Количество объектов, находящихся одновременно в обработке, то есть в одном рабочем каталоге, ограничено только объемом жесткого диска.

Вся работа пользователя ведется в рабочих каталогах (директориях). Пользователю рекомендуется создавать и структурировать рабочие каталоги (по партиям, отделам, исполнителям или территориям) в зависимости от характера работы.

Обработку данных можно вести в виде «сквозной» обработки объектов в режиме реального технологического времени, а также использовать задачи системы для решения отдельных частных задач.

В системе CREDO_DAT_PLUS данные готовятся в табличных редакторах или импортируются из внешних файлов в форматах электронных регистраторов разных типов. В системе нет функций, позволяющих принимать данные непосредственно с электронных регистраторов. Передача данных с регистраторов или приборов осуществляется с помощью программ, входящих в программное обеспечение приборов и регистраторов.

Файлы базы, исходных данных, результатов по объекту именуются как ppp.xxx. Имя «ppp» для всех файлов всех типов соответствует номеру объекта. Расширение «xxx» характеризует назначение файла.

Для обмена данными между блоками системы используются файлы типа ppp.kat. Задачи, результатом работы которых являются координаты, могут также передавать их в файл ppp.kat.

Результаты обработки выводятся в виде ведомостей, таблиц и т.д. в файлах и/или распечатываются на принтере. Чертежи выдаются на экран, и в файлы формата DXF (AutoCAD) для последующего редактирования и вывода на любой графопостроитель.

В результате обработки данных в CREDO_DAT для связи с системами Цифрового Моделирования Местности CREDO_TER и CREDO_MIX формируются выходные файлы типа TOP и ABR. Они представляют собой открытые текстовые файлы, которые можно редактировать. В системе CREDO_DAT эти файлы формируются при экспорте:

- данных из CREDO_DAT_PLUS;
- землеустроительных расчетов;
- данных линейных изысканий из подсистемы CREDO_LIN.

5.8.3. Дополнительные геодезические подсистемы

1. ТРАНСКОР 1.0 – преобразование координат. Модуль предназначен для:

- преобразования геоцентрических, геодезических координат по задаваемым параметрам связи референсных и геоцентрических систем;
- преобразования прямоугольных координат из системы в систему:
 - в разных геоцентрических (референсных и общих) системах – по задаваемым параметрам проекции и параметрам связи референсных и геоцентрических систем;
 - в одной геоцентрической (референсной или общей) системе и одной картографической проекции из зоны в зону (СК-42, С-95, UTM-84 и др.) или произвольную (СК-63, местную) систему координат;
- установления параметров связи прямоугольных систем координат в афинном, конформном, Хельмерта, нелинейном преобразованиях с оценкой и контрольной оценкой точности, отбраковкой и комбинацией методов поиска параметров по совмещенным пунктам;
- установления параметров связи общих и референсных (локальных) геоцентрических систем координат.

Выходные результаты работы программы: каталоги и ведомости координат и отметок, файлы формата CREDO_DAT (CDX), текстовые файлы в форматах, настраиваемых пользователем.

2. ЗЕМПЛАН 3.1 – землеустроительные работы. Программа ЗЕМПЛАН 3.1 предназначена для расчета площадей земельных участков, создания и вывода на печать графических и текстовых документов при инвентаризации земель.

Программа выполняет следующие основные функции:

- ввод данных с клавиатуры в таблицы, импорт данных CREDO, импорт текстовых файлов произвольных форматов;
- формирование ведомостей отдельных участков; формирование каталогов координат участков;
- создание и оформление чертежей «План границ землепользования» и «Схема привязок вершин углов поворота границ землепользования» земельных участков;
- вычисление площадей участков, в том числе с учетом включаемых внутренних контуров и ограничений землепользования;
- создание и редактирование (изменение свойств) пунктов; создание и редактирование линий и участков контуров;
- вставка и модификация объектов других приложений Windows;
- создание документов для постановки земельных участков на государственный кадастровый учет;
- экспорт данных по участкам в систему MapInfo;
- экспорт документов в форматы MS Office;
- печать созданных в программе чертежей и документов.

3. НИВЕЛИР 1.0 – обработка геометрического нивелирования. Программа НИВЕЛИР 1.0 предназначена для камеральной обработки полевых измерений при геометрическом нивелировании I-IV классов, технического и высокоточного инженерного, выполняемого обычными и цифровыми нивелирами.

Основные функции, выполняемые программой:

- импорт данных цифровых нивелиров Sokkia, Trimble, Leica;
- ввод и редактирование данных полевых журналов и ведомостей;
- предварительная обработка измерений; анализ соответствия требованиям нормативных документов для двух горизонтов, левого и правого хода, прямого и обратного хода;
- расчет поправок за переход к нормальным высотам для нивелирования I-II по трем методикам;
- расчет превышений для уравнивания, расчет предварительных отметок, формирование топологии сети, автоматический анализ полигонов с предварительной оценкой точности измерений;
- анализ на грубые ошибки измерений с использованием L_p метрики и трассирования в интерактивном режиме;
- расчет случайных и систематических ошибок нивелирования, в том числе с возможностью раздельного расчета по исполнителям;
- параметрическое уравнивание с возможностью совместного уравнивания измерений разной точности; апостериорная оценка точности измерений и результатов;
- расчет отметок «боковых» пунктов.

5.8.4. CREDO_TER – цифровая модель местности

Система CREDO_TER – создание и отображение цифровой модели местности (ЦММ) инженерного назначения, создание топопланов, представление результатов площадных и линейных изысканий, ведение дежурных планов застраиваемой территории, исполнительных съемок строительства, подготовка данных для кадастровых, землеустроительных, градостроительных систем (рис. 5.35).

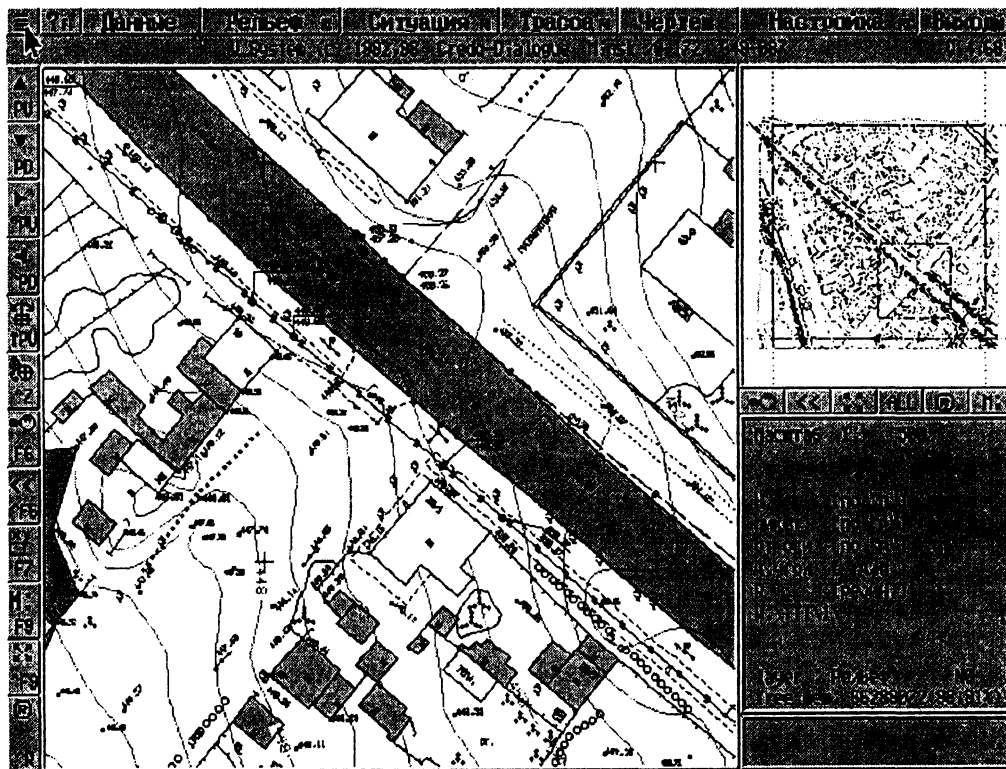


Рис. 5.35. Пример создания ЦММ

Исходными данными для создания цифровой модели местности являются материалы обработки тахеометрической съемки, абрисы, данные систем сбора топографической информации, материалы линейных изысканий, цифровые карты, картматериал в виде растровых файлов.

Система позволяет импортировать данные из открытого обменного формата, конвертировать данные из форматов GRE/GSI (WILD), IDAN, DXF, PHOTOMOD, а также текстового формата.

Цифровая модель местности состоит из цифровой модели рельефа и цифровой модели ситуации. Цифровая модель рельефа представляет собой нерегулярную сетку треугольников с применением структурных линий и выделением участков для моделирования форм с изломами поверхности по границам. По рельефу определяется направление и величина уклона. Технология моделирования поверхности позволяет обрабатывать неограниченное число точек в модели.

Цифровая модель ситуации формируется из площадных, линейных, точечных объектов и отображается соответствующими условными знаками и текстовой информацией. Все данные распределяются по слоям, объединенным в иерархическую структуру, отражающую взаимосвязь частей объекта. Поддерживается неограниченное число слоев.

Система позволяет создавать и отображать на экране разрезы поверхностей слоев цифровой модели рельефа с отображением геологического разреза (при наличии геологической модели под ЦММ) и пересечениями линейных сооружений. Осуществляется полноцветная трехмерная визуализация поверхности с сохранением изображения в файле формата BMP. Функции вырезки и врезки фрагментов ЦММ делают возможной индивидуальную работу с каждым участком, позволяют создавать ЦММ из отдельных фрагментов, вносить дополнения и изменения. Между двумя поверхностями осуществляется подсчет объемов работ (с представлением результата в разных форматах) в контуре, по сетке квадратов и по линейному объекту (трассе).

Система позволяет создавать, импортировать и редактировать трассы линейных объектов, состоящих из прямых, круговых и полных переходных кривых. Данные по трассам (план, продольные и поперечные профили) экспортируются в системы автоматизированного проектирования линейных сооружений. Экспорт осуществляется в системы проектирования автомобильных дорог (CAD_CREDO, ГИП, DROGA), проектирования водопровода и канализации (КасКад), в формат DXF для вывода чертежей продольного и поперечных профилей. Выходные результаты представляются в виде чертежей, ведомостей и таблиц, файлов 3D-DXF, текстовых файлов.

5.8.5. CREDO_PRO – геометрическое проектирование

Система CREDO_PRO предназначена для интерактивного проектирования объектов промышленного, гражданского, автодорожного и железнодорожного строительства. Такими объектами могут быть городские улицы и дороги; автомобильные дороги общего пользования; железные, промышленные и лесовозные дороги; трубопроводы, генпланы гражданских и промышленных объектов; городской микрорайон, аэродром и т.д.

Данные CREDO_PRO разбиты на пассивные и активные.

Пассивные данные составляют основу, которая визуализируется и используется для проектирования. В эту группу входят:

- данные программных продуктов CREDO (в том числе данные цифровой модели рельефа, цифровой модели ситуации (ЦМР и ЦМС), планы трасс, продольные и поперечные профили и т.п.);
- растровые данные в форматах PCX (в разработке), BMP, векторные данные в формате DXF;
- данные из открытого обменного формата в ASCII кодах.

Активные данные включают все данные, сгенерированные в CREDO_PRO:

- основные данные CREDO_PRO (точки, линии, объекты, поверхности и тела, видимые элементы, графические маски, базисы разбивки, размеры, условные знаки, информационные таблицы и пр.);
- данные, подгружаемые из библиотек блоков геометрических моделей CREDO_PRO.

В соответствии с концепцией представления в CREDO_PRO объемной модели объекта проектирования любое конструкторское решение описывается **структурной геометрической моделью**, которая отражает не только взаимное расположение элементов объекта в пространстве, но и их геометрическую форму. Структурная геометрическая модель строится методами структурного и параметрического синтеза, что дает возможность проектировать строительные объекты, начиная от построения линий на плоскости к пространственным линиям, образующим сложные поверхности и через них к объемным моделям объектов.

Геометрическая модель проектируемого в CREDO_PRO объекта представляется *системой полилиний*, определенных на плоскости или в пространстве (рис. 5.36). Полилинии являются реальными или виртуальными ребрами объемной модели этого объекта и образуют его «скелет», другими словами, *полилинии – это пространственные линии пересечения поверхностей объемной модели объекта проектирования*. Проекция трехмерной полилинии на горизонтальную плоскость определена как трасса, а на вертикальную плоскость как профиль.

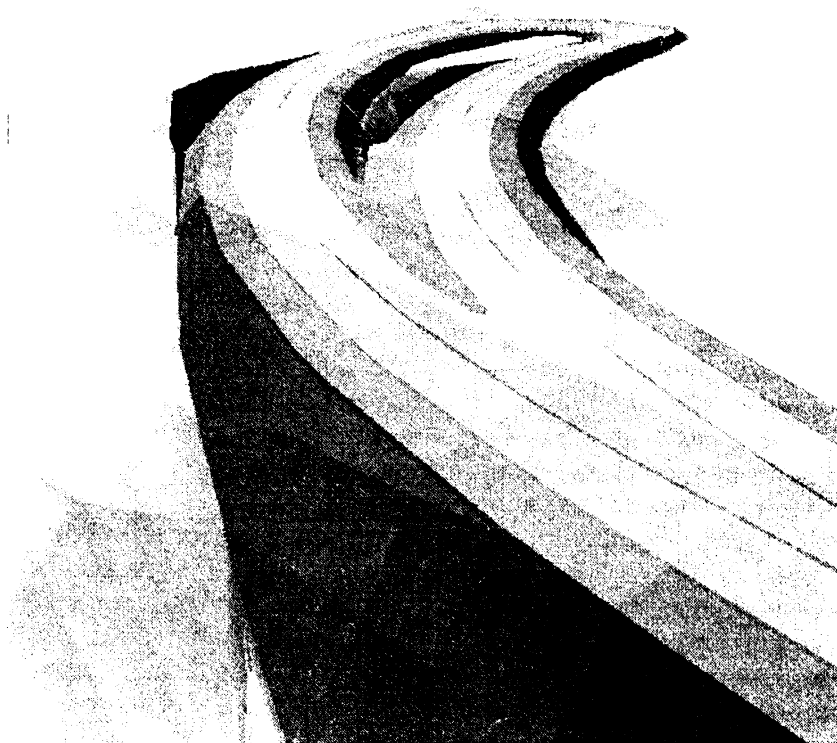


Рис. 5.36. Геометрическая модель проектирования автомобильной дороги в CREDO_PRO

Применительно к автомобильным дорогам примерами полилиний являются не только оси дорог, но и кромки проезжей части, бровки земляного полотна, линии пересечения откосов земляного полотна с поверхностью земли или с проектными поверхностями и т.п. Например, при проектировании открытых месторождений полилинии – это границы вскрышных работ, бровки уступов и границы дна карьера.

Такая концепция трехмерного проектирования и реализующие ее методы наиболее приемлемы для проектирования объектов строительства, представления которых продольными и поперечными сечениями в известных системах слишком примитивны, а в некоторых случаях явно недостаточны для полного описания объекта. Например, такие проблемы возникают при раздельном трассировании автомобильных дорог и транспортных развязок. Продольными и поперечными профилями невозможно достоверно отразить поверхность городской территории между красными линиями. Поэтому особенно *актуально использование концепции CREDO_PRO* при проектировании автомагистралей, транспортных развязок в одном и разных уровнях, городских улиц и дорог, описание которых только продольными и поперечными профилями не позволяет достоверно моделировать такого рода объекты. В этом **коренное отличие системы CREDO_PRO от большинства проектирующих систем.**

Методы конструирования в CREDO_PRO функционально разделены на группы:

- координатной геометрии – Coordinate Geometry (COGO);
- конструирования и редактирования ТРАСС (ПОЛИЛИНИЙ);
- разбивки объектов и точек;
- графического редактирования;
- построения размерных линий и указания размеров;
- работы с блоками данных.

Ядро методов конструирования составляют методы координатной геометрии. Для создания структурной геометрической модели используются математические модели базовых геометрических элементов (точка на плоскости, точка в пространстве, прямая линия, окружность, квадратичная парабола, кубическая парабола, клотоида, смещенная клотоида, сплайн). Особенности создания модели объекта в CREDO_PRO таковы, что обязательным этапом этой работы является построение базовых геометрических элементов (БГЭ), а затем уже построение на этой геометрии компонентов моделируемого объекта (трасс, видимых элементов, точек). Точки могут быть найдены в местах пересечения или сопряжения БГЭ, а так же как заданные на БГЭ на определенном расстоянии.

Методы конструирования и редактирования ТРАСС (ПОЛИЛИНИЙ) основаны на объединении сопрягающихся или пересекающихся БГЭ (прямых, окружностей, клотоид, смещенных клотоид), видимых элементов и уже запроектированных трасс.

Трассы создаются в CREDO_PRO несколькими методами:

- путем указания непрерывной цепочки сопряженных или пересекающихся элементов;
- непосредственным построением трассы с одновременным построением образующих ее элементов;
- импортом в CREDO_PRO из других проектирующих систем.

Импортированные из других проектирующих систем трассы приобретают такие же свойства, как и созданные непосредственно в CREDO_PRO.

Отличительное свойство трасс в CREDO_PRO определяется еще и тем, что объект конструируется из трасс как в плане – на горизонтальной плоскости, так и трасс в продольном профиле – в вертикальной плоскости. Трассы продольного профиля строят из прямых, клотоид, квадратных и кубических парабол, сплайнов.

Изложенная концепция моделирования пространственных объектов строительства определила методологию CREDO_PRO, как самостоятельную, оригинальную систему математического, алгоритмического, программного и методического обеспечения. **Методология CREDO_PRO** послужила основой для уже завершенных и широко используемых программных продуктов, но ее не следует рассматривать как раз и навсегда застывшую. Методология постоянно совершенствуется, адаптируется к разнообразным и непрерывно растущим запросам различных отраслей строительства, и такая тенденция тесной связи разработчиков CREDO с пользователями позволяет генерировать новые и эффективные компьютерные технологии проектирования.

Для обеспечения интерактивного проектирования строительных объектов в соответствии с изложенной концепцией система поддерживает **визуализацию** и использование всевозможной топографической, геологической и прочей информации, располагаемой в соответствующих информационных слоях.

В первую очередь обеспечивается использование и взаимодействие с цифровыми моделями рельефа исходной или проектируемой поверхности и элементов ситуации на ней, которые могут быть созданы в системе CREDO_TER или импортированы из других систем. Так же обеспечивается визуализация топографической и другой информации в растровом или векторном виде в общепринятых форматах (BMP, DXF).

Такие уникальные возможности использования информации обеспечивают высокую точность и информативность процесса проектирования и работы с исходной и проектной моделями объекта, позволяют выполнять как функциональное, так и конструкторское, а в некоторых случаях и технологическое проектирование, вычислять строительные объемы работ, определять физико-механические, технико-экономические, экологические и другие показатели качества проекта.

Функции CREDO_PRO обеспечивают:

- интерактивное двухмерное (2D-) и трехмерное (3D- в разработке) геометрическое проектирование;
- расчетно-графическое редактирование при разработке проектной документации (чертежей, схем и таблиц);
- использование CREDO_PRO как графического компонента при создании 3D-образов в специализированных прикладных ГИС системах;

- специальное 2D- и 3D-моделирование во взаимодействии с другими универсальными системами машинной графики, например, AutoCAD, MicroStation, различными прикладными пользовательскими пакетами.

Выходные результаты могут быть представлены в произвольной форме в виде чертежей (DXF файлов) или в ASCII кодах (таблицы, ведомости, разбивочные данные и т.д.).

Специальное 2D- и 3D-моделирование CREDO_PRO во взаимодействии с другими универсальными прикладными системами автоматизации чертежно-графических работ, такими как AutoCAD, MicroStation и другие, дает возможность гибкого совместного параллельного и последовательного решения задач геометрического проектирования, при котором:

- объекты, самостоятельно сконструированные в CREDO_PRO, в дальнейшем, например, средствами AutoCAD, могут быть оформлены и вычерчены в соответствии с требованиями ЕСКД;
- фрагменты объектов, автономно сконструированные, например, в Micro Station, в дальнейшем могут быть включены в объект, проектируемый в CREDO_PRO;
- объекты, самостоятельно сконструированные в AutoCAD и в MicroStation, объединяются и в дальнейшем проектируются в CREDO_PRO, и т.п.

В составе комплекса CREDO система CREDO_PRO может взаимодействовать с другими прикладными пакетами, решающими задачи детального проектирования разнообразных объектов. Примерами могут являться системы проектирования автомобильных дорог CAD_CREDO, ГИП (Россия), DROGA (Польша), пакеты проектирования других линейных сооружений: водопровода и канализации – КасКад (Беларусь), газопроводов и нефтепровода-Газнет (Россия).

Особенности CREDO_PRO обусловлены требованиями конструирования строительных объектов. CREDO_PRO обеспечивает:

- достаточно полноценную математическую и графическую поддержку не только общепринятых геометрических элементов: точек, прямых, окружностей, но и специфических элементов, таких как клотоиды, отрезки клотоид, полные и неполные смещенные клотоиды, квадратичные и кубические параболы;
- достаточную информативность данных, необходимых для описаний условий проектирования (например, проектирование трехмерной модели объекта на основе обязательной синхронной визуализации и получения данных из цифровой модели рельефа и ситуационных объектов местности (ЦММ), геологических, гидрологических и гидрогеологических условий);
- наличие математически обоснованных и достаточно апробированных алгоритмов анализа, оценки и оптимизации проектных решений по актуальным критериям функционирования объекта;
- современное эргономичное решение графического интерфейса, создающее для пользователей удобную и привычную рабочую среду проектирования, включающую логичность меню, наглядность пиктограмм, методическую направленность и полноту диалогово-информационных панелей и окон подсказок и т.п.;
- интерактивное проектирование объекта как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскости.

Такие особенности CREDO_PRO дают пользователям возможность легко и быстро конструировать объекты промышленного, гражданского, автодорожного и железнодорожного строительства.

5.8.6. CREDO_GEO – объемная геологическая модель

CREDO_GEO формирует математическую пространственную модель геологического строения площадки или полосы по уникальной методике, позволяющей одновременно строить и корректировать большое число вертикальных инженерно-геологических разрезов произвольной топологии. Пользователю предоставляется возможность определения характера выклинивания слоев, разрыва или соединения слоев одного типа грунта между различными скважинами (рис. 5.37).

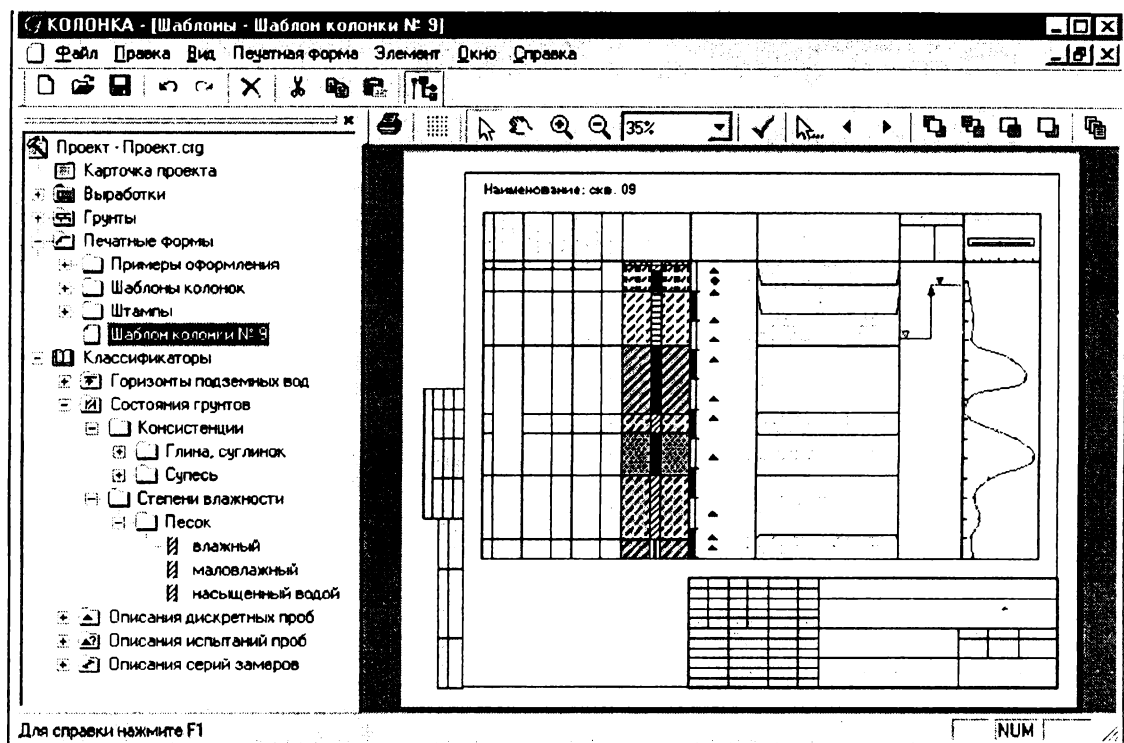


Рис. 5.38. Использование шаблонов геологической колонки в CREDO_GEO КОЛОНКА 2.0

Данными для работы программы являются:

- данные по проекту, состав которых может быть определен самостоятельно;
- классификаторы исходных данных: грунты, состояния грунтов, горизонты грунтовых вод, а также типы дискретных проб, испытаний проб, серий замеров;
- данные по выработкам, в которые входят:
 - карточка выработки;
 - список литологических слоев;
 - данные по интервалам консистенции или степени влажности грунтов;
 - даты и отметки уровней грунтовых вод;
 - данные по дискретным пробам и их испытаниям, сериям замеров различного вида.

Все категории данных могут группироваться в папки.

CREDO_GEO КОЛОНКА 2.0 совместима по исходным данным с системой CREDO_GEO «Объемная геологическая модель», CREDO_GEO ЛАБОРАТОРИЯ 2.0 и может эксплуатироваться совместно следующим образом: по результатам обработки лабораторных данных, полученных из ЛАБОРАТОРИИ, могут формироваться геолого-литологические колонки и выполняться их чертежи в КОЛОНКЕ. Эти же результаты можно использовать в CREDO_GEO для построения геолого-литологических разрезов. Обмен исходными данными между ними и с другими системами осуществляется через открытый обменный формат (ООФ).

Основные функции программы:

- составление классификаторов исходных данных;
- ввод данных по инженерно-геологическим выработкам;
- создание и редактирование чертежей инженерно-геологических колонок;
- импорт печатной формы из другого или текущего проекта в открытую форму. Функция полезна при формировании новой формы, когда имеются предварительные заготовки – рамка, штампы, шаблоны колонок, располагающиеся в разных печатных формах;
- обмен печатными формами между проектами через Буфер обмена;
- ведение библиотек шаблонов чертежей;
- печать созданных чертежей с помощью любых устройств вывода;
- вставка чертежа колонки или отдельных его элементов через Буфер обмена в MS Word или AutoCAD с сохранением масштаба или без сохранения;

- экспорт в файлы ООФ (открытого обменного формата) данных по выработкам, грунтам и классификаторам.

CREDO_GEO КОЛОНКА 2.0 работает под управлением операционных систем Windows-9x/Me/NT/2000/XP.

2. CREDO_GEO ЛАБОРАТОРИЯ 2.1 – обработка лабораторных инженерно-геологических данных. Предназначена для хранения и обработки лабораторных данных инженерно-геологических изысканий. Она обеспечивает выделение инженерно-геологических элементов и создание ведомостей нормативных и расчетных характеристик (рис. 5.39).

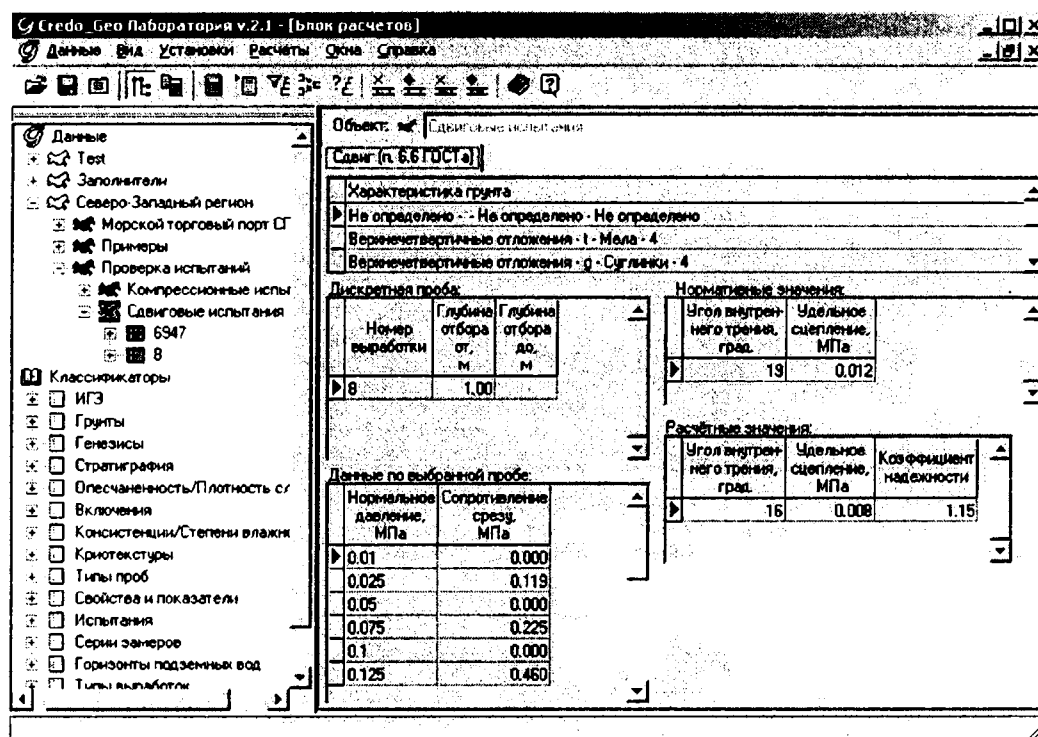


Рис. 5.39. Блок геологических расчетов в CREDO_GEO ЛАБОРАТОРИЯ 2.1

Программа позволяет решить следующие задачи:

- обработка результатов инженерно-геологических изысканий, выполнение различных расчетов, формирование отчетных документов, соответствующих требованиям стандарта, в электронном виде;
- сбор и анализ материалов изысканий прошлых лет, обработка результатов новых изысканий;
- хранение данных в электронном виде.

CREDO_GEO ЛАБОРАТОРИЯ 2.1 состоит из **логических блоков**, между которыми происходит обмен информацией:

- блок данных;
- блок расчетных задач;
- блок средств для представления отчетной документации.

Блочная структура CREDO_GEO ЛАБОРАТОРИЯ 2.1 позволяет дополнять ее новыми блоками в случае производственной необходимости.

Блок данных содержит:

- классификаторы (списки исходных данных), необходимые для осуществления ввода данных, открытые для изменения и дополнения;
- данные о местоположении района работ (регион, площадка, объект);
- данные о выработке: общие сведения (координаты, отметка устья, глубина, исполнитель), литология и гидрогеология (наименование грунтов, их описание, отметки подошв слоев, № ИГЭ, уровни появления и установления грунтовых и напорных вод);
- лабораторные данные (виды опробования, значения характеристик грунтов, требуемых ГОСТ или исходные данные для получения этих характеристик расчетным путем).

Блок расчетных задач определяет или статистически обрабатывает необходимые характеристики, указанные в нормативных документах, для следующих видов грунтов:

- дисперсные несвязные грунты;
- дисперсные связные грунты;
- скальные и полускальные грунты.

Блок средств для представления отчетной документации содержит:

- средства конвертации данных в файл ООФ;
- средства формирования отчетных ведомостей.

Результаты обработки лабораторных данных через ООФ можно использовать в CREDO_GEO КОЛОНКА 2.0 для формирования геолого-литологической колонки и выпуска ее чертежа. Эти же результаты можно использовать в CREDO_GEO для построения объемной геологической модели (геолого-литологических разрезов). При этом локальный список грунтов формируется автоматически благодаря классификаторам, включенным в блок данных программы. Программа является многофункциональным сетевым приложением и имеет структуру «клиент-сервер».

CREDO_GEO ЛАБОРАТОРИЯ 2.1 работает под управлением операционных систем Windows-9x/Me/NT/2000/XP.

5.8.8. CREDO_MIX – цифровая модель проекта

Система CREDO_MIX предназначена для решения задач проектирования генеральных планов предприятий, транспортных сооружений и жилищно-гражданских объектов:

- горизонтальной и вертикальной планировки (рис. 5.40);
- детальной планировки зданий и сооружений;
- планов инженерных коммуникаций, озеленения, благоустройства;
- автомобильных, железных дорог и других транспортных сооружений;
- ведения генеральных планов, дежурных планов красных линий и застройки.

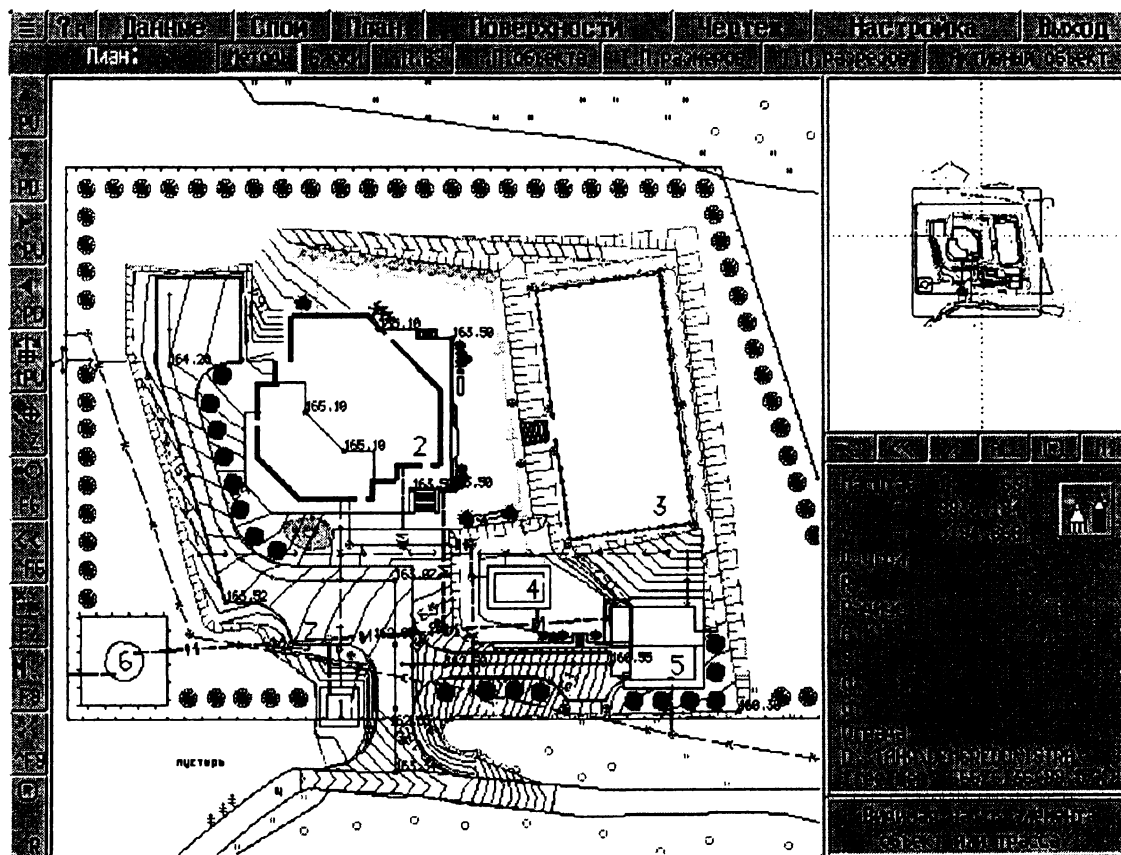


Рис. 5.40. Пример горизонтальной планировки в CREDO_MIX

Функции системы включают возможности создания цифровой модели исходного рельефа и ситуации, планового проектирования различных объектов, создания цифровой модели проекта, расчета объемов насыпи и выемки.

Исходными данными для создания цифровой модели местности являются материалы обработки тахеометрической съемки, абрисы, данные систем сбора топографической информации, материалы линейных изысканий, цифровые карты, картматериал в виде растровых файлов.

В системе реализованы различные варианты оригинальных сопряжений криволинейных и прямолинейных элементов:

- сопряжение двух любых элементов (прямой, кривой, простой или смещенной клотоиды в различных сочетаниях);
- симметричное или асимметричное C- или S-образное сопряжение двух окружностей;
- сопряжение клотоидой любого элемента и прямой, двух окружностей и другие.

Интерактивная графика позволяет активно участвовать в процессе создания геометрических элементов и их сопряжений. Каждый элемент можно отобразить своим цветом, толщиной и типом линии, условным знаком. Базовые геометрические элементы являются вспомогательными для создания «трасс» – частей или целых объектов. Это оси, контуры сооружений, границы участков, границы застройки, красные линии и т.д.

Система предлагает несколько методов создания трасс:

- указание непрерывной цепочки сопряженных или пересекающихся элементов;
- построение трассы с одновременным созданием образующих ее элементов;
- эквидистантный перенос созданной трассы;
- вписывание параметров закругления в опорный ход трассы различными методами (по R, L1, L2, T1, T2, B);
- импорт трассы из других проектирующих систем.

Трассу можно экспортировать для детального проектирования в CAD_CREDO, ГИП, DROGA, КасКад и в формат DXF для вывода чертежей продольного и поперечных профилей. Для восстановления параметров существующей трассы, например оси автомобильной дороги, в системе используются такие функции, как **аппроксимация точек** прямой или дугой окружности, вписывание сопряжения по измеренным тангенсам и биссектрисе.

При проектировании автомобильных дорог для каждого проектного решения можно сделать оценку по актуальным критериям функционирования объекта, например, сделать детальный расчет параметров уширения для внутренней и внешней полосы движения, получить рекомендации по обеспечению безопасности движения и другие.

Дополнительными данными для проектирования являются:

- геометрические данные объекта из файлов формата DXF;
- точки из текстового файла, описывающего их координаты.

Система включает средства фрагментации и интеграции проекта с использованием библиотек типовых и индивидуальных решений. Это дает возможность:

- выполнять операции сразу с группой элементов модели проектируемого объекта;
- накапливать и использовать архив типовых или индивидуальных проектных решений;
- работать параллельно несколькими исполнителями над выделенными частями единого проекта с последующим объединением этих отдельных частей снова в единое целое.

Процесс фрагментации и интеграции проекта может осуществляться многократно и на различных этапах создания модели проектируемого объекта. Система позволяет создавать и отображать на экране разрезы поверхностей слоев цифровой модели рельефа с отображением геологического разреза (при наличии геологической модели под ЦММ) и пересечениями линейных сооружений.

CREDO_MIX позволяет проанализировать проектную или исходную поверхности: определить уклон между точками, градиент стока воды, создать трехмерное полноцветное изображение с сохранением изображения в файле формата BMP.

Для решения задач вертикальной планировки система предлагает различные возможности задания и корректировки высотного положения группы точек и точек, принадлежащих 2D-контуре или линии, создание структурной линии с заданным уклоном, заложением откоса, определение линии пересечения поверхностей. Между двумя поверхностями осуществляется подсчет объемов работ в контуре, по сетке квадратов и линейному объекту (трассе). При подготовке данных для выноса проекта в натуру создаются и редактируются схемы раз-

бивки объекта от пунктов планового обоснования в геодезической и строительной системе координат, осуществляется экспорт координат точек по трассам с заданным шагом для загрузки в электронные тахеометры.

Выходные результаты представляются в виде чертежей, таблиц, ведомостей, разбивочных данных и прочее.

5.8.9. CAD_CREDO – проектирование автомобильных дорог

Система CAD_CREDO предназначена для комплексного решения основных задач проектирования нового строительства, реконструкции и капитального ремонта автомобильных дорог II-V технических категорий. CAD_CREDO обеспечивает процесс проектирования от обработки материалов изысканий до получения проектной документации.

Основные функции системы CAD_CREDO:

- проектирование продольного профиля методом сплайн-интерполяции опорных точек или методом динамической оптимизации. Корректировка профиля в интерактивном режиме, сохранение вариантов и восстановление их для последующего анализа;
- проектирование поперечных профилей земляного полотна и продольного водоотвода по участкам дороги или по рабочей отметке;
- проектирование выравнивания продольного и поперечного профилей при реконструкции (усилении дорожной одежды) дороги, расчет объемов выравнивающих слоев;
- расчет дорожных одежд нежесткого типа;
- расчет объемов земляных и планировочных работ, расчет объемов работ по дорожной одежде;
- транспортно-эксплуатационная и экологическая оценка проекта. Оценивается стоимость перевозок, скорость движения, расход топлива, безопасность, объемы токсичных выбросов. Проектирование экологических мероприятий по снижению влияния шума и токсичных выбросов;
- создание и просмотр перспективных изображений проектируемой дороги в статическом и динамическом режиме (рис. 5.41).

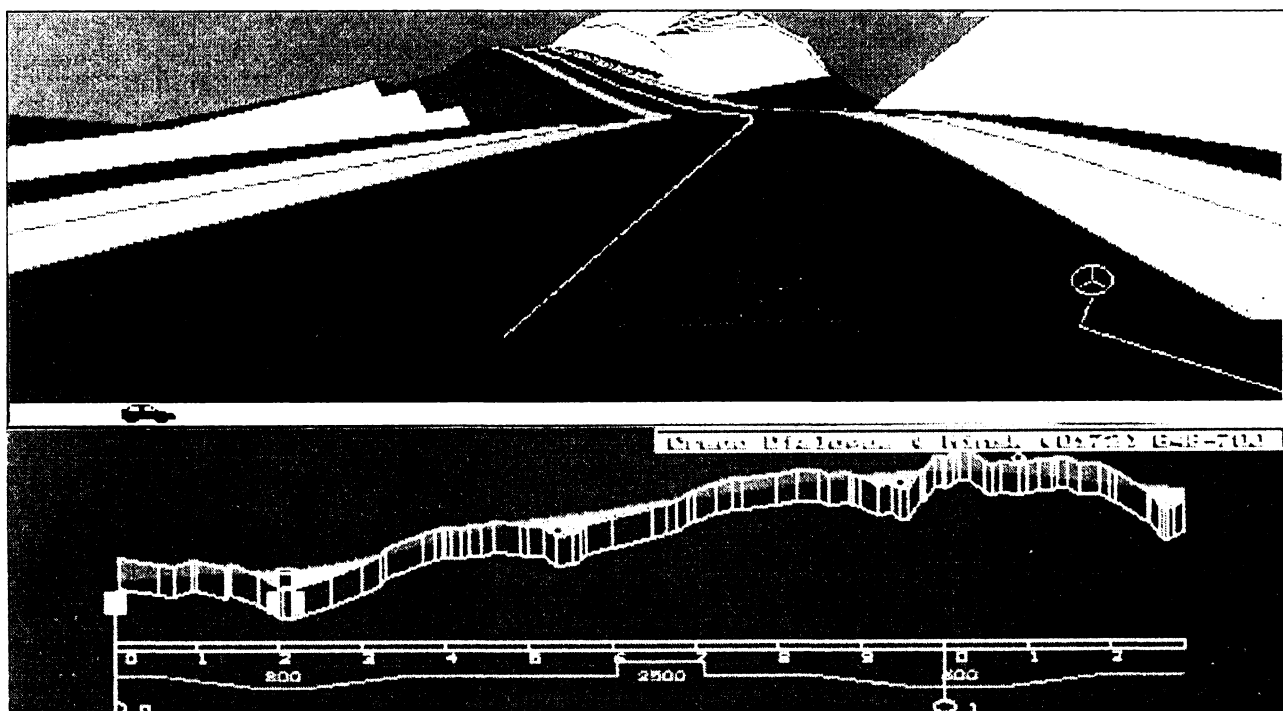


Рис. 5.41. Пример проектирования участка автомобильной дороги в CAD_CREDO

Исходные данные для проектирования могут быть получены:

- из введенных вручную журналов поперечного нивелирования в CREDO_LIN и таблиц, описывающих геометрию трассы;

- из результатов трассирования по цифровой модели местности в CREDO_TER, CREDO_MIX и экспорта трассы в CAD_CREDO (CREDO_LIN);
- из текстовых файлов открытого обменного формата, данных об интенсивности и составе движения.

Результатами проектирования являются чертежи, ведомости, таблицы, эпюры, в том числе в формате DXF. В системы CREDO_MIX, CREDO_TER передаются цифровые модели проектной поверхности и полей распределения вредных веществ, картограммы выравнивания и т.д.

5.8.10. Дополнительные модули проектирования автомобильных дорог

1. ТРУБА – гидравлический расчет труб и малых мостов. Выполняет расчеты стока дождевых, паводковых и талых вод, ливневого стока по различным формулам. Позволяет определить водопропускную способность существующих труб и малых мостов, а также подобрать типовые размеры новых искусственных сооружений.

2. ГИДРО – гидравлический расчет водоотводных устройств. Выполняет гидравлические расчеты с элементами проектирования и подсчетом основных объемов работ.

3. ОСАДКА – расчет осадки насыпи на слабом основании. Решает задачи моделирования дорожной насыпи на переувлажненных грунтах при проектировании автомобильных дорог в болотистой местности и анализа вариантов проектных решений с использованием болотной залежи в качестве основания насыпи.

4. ОТКОС 2.0 – проверка устойчивости откосов земляного полотна. Выполняет расчеты устойчивости откосов насыпи земляного полотна: общей, местной устойчивости, устойчивости с учетом сейсмического воздействия и с учетом подтопления.

5. УВС – оценка уровня воздействия поверхностного стока на водную среду. Выполняет расчет уровня загрязнения водных объектов рыбохозяйственного водопользования продуктами износа покрытий, шин, выбросов от работы двигателей автомобилей, материалов, используемых для борьбы с гололедом и т.п. при их смыве поверхностным стоком в водотоки.

6. ZNAK 4.3 – проектирование индивидуальных дорожных знаков. При разработке программы в качестве нормативной документации были использованы ГОСТ 10807-78 РФ, ДСТУ 4100-2002 Украины и СТБ 1140-99 Беларуси.

Основные функции программы:

- отображение скомпонованного изображения щита с учетом нормативных требований в соответствии с объемом имеющихся данных;
- представление в виде иерархической структуры всех данных о конфигурации и параметрах щита и его элементов, позволяющих на любой стадии проектирования изменить те или иные данные;
- создание, дополнение, редактирование и использование библиотеки готовых знаков и указателей направлений;
- автоматическая, ручная или комбинированная расстановка размеров на чертеже;
- компоновка чертежа в интерактивном режиме с возможностью размещения нескольких знаков, таблиц используемых символов, стандартных примечаний, штампов;
- вывод на печать с полным оформлением или без оформления чертежа, в черно-белом или цветном варианте;
- экспорт в форматы: растровый (BMP, JPG), векторный (WMF, DXF), интерпретирующий (CSC).

ZNAK 4.3 работает под управлением операционных систем Windows 9x/Me/NT/2000/XP.

7. РАДОН 2.1 – расчет дорожных одежд. Программа РАДОН 2.1 предназначена для расчетов дорожных одежд нежесткого типа в соответствии с действующими нормативами. В программе реализованы методики расчета и требования нормативных документов, установленные для России ОДН 218.046-01, ВСН 52-89, ВСН 49-86, ВСН 197-91, для Украины ВБН В.2.3-218-008-97, ВСН 46-83 и для Беларуси Пособием 3.03.01-96 к СНиП 2.05.02-85.

Программой решаются задачи, как нового строительства, так и реконструкции существующих дорожных одежд (рис. 5.42):

1	A/6 плотный гор. БНД 60/90	☐ Материалы (ОДН 218 046 01) ☒ А. Асфальтобетоны " ☒ Б. Плиты ж/б городских дорог " ☒ В. Плиты ж/б для сложн. условий " ☒ Г. Тротуарные плитки бетонные " ☒ Д. Жесткие основания под а/б " ☒ Е. Трещино-прерывающ. прослойки " ☒ Ж. Черный щебень ☐ З. Органо-минеральные смеси ☐ 1 ГОСТ 30491-97 ☐ 3.1.1 Крупнообломочные грунты ☐ А Оптимальный состав ☐ Опт. кр. обл. гр. обр. орган+мин ☐ Опт. кр. облом. гр. обр. орган
2	A/6 порист. гор. БНД 60/90	
3	A/6 порист. гор. БНД 60/90	
4		
5		
6		
7		
8		
9		
Морозозащитный слой		Износ слоя (запас) Коэффициент износа (запаса): 1 Определить...
Супесь легкая крупная		

☒ Задан модуль упругости существующей конструкции, МПа 0

☐ Применен синтетический материал (СМ)

Характеристики асфальтобетона

Тип	Марка	Генезис
Б	1	Гранитный

Характеристики бетонных и железобетонных плит

Клас. бет. на раст.	Еизг., МПа	☐ Организован стык
В 16 4 4	0	☐ Подвижная подкладка

Характеристики СМ

Вид	Полиамид	Расположение:	Толщина, см
Метод испытаний	Одноосное растяжение	☐ По грунту	0.3
Модуль деф., Н/см	600	☒ Под варьируемым слоем	
Прочность разрыва, Н/см	50		

Слой

Рис. 5.42. Пример расчета нежесткой дорожной одежды в программе РАДОН 2.1

- конструирование и расчет дорожных одежд на прочность по трем основным критериям: по допустимому упругому прогибу конструкции в целом, по допускаемым напряжениям на сдвиг в подстилающем грунте и малосвязных слоях, на растяжение при изгибе монолитных слоев;
- проверка дорожной конструкции на морозоустойчивость и расчеты при проектировании морозозащитных и теплоизолирующих слоев;
- определение расчетной влажности грунта рабочего слоя и назначение мероприятий по ее снижению;
- расчет требуемой толщины дренирующих слоев из дискретных материалов;
- учет влияния прочностных характеристик дренирующих, морозозащитных и теплоизоляционных слоев на общий уровень прочности;
- проектирование дорожных конструкций с армирующими и защитными прослойками из синтетических материалов;
- конструирование дорожных одежд и расчет нежестких оснований с использованием в качестве покрытий сборных железобетонных дорожных плит;
- расчет усиления существующих дорожных одежд с учетом степени износа конструктивных слоев;
- расчет усиления существующих дорожных одежд на основании измеренного общего модуля упругости существующей конструкции;
- расчет по определению необходимой для предотвращения копирования трещин минимальной толщины асфальтобетонных слоев, которые укладываются на существующие жесткие и трещиноватые основания с использованием трещинопрерывающих прослоек.

Программа выполняет расчет дорожных одежд на динамическую нагрузку на перегонах, на статическую нагрузку на остановках, обочинах, тротуарах. При проектировании дорожных одежд на многополосных перекрестках расчет ведется как на многократное кратковременное действие нагрузки, так и на продолжительное однократное нагружение. В расчетах учитываются технологические ограничения при строительстве.

Исходными данными для расчета являются:

- климатические данные района строительства, а также данные о рельефе, глубине промерзания, гидрологические и грунтово-геологические условия;
- заданный уровень надежности конструкции, степень ее капитальности и принятый срок службы;
- характеристики поперечного профиля дороги и продольных уклонов рассматриваемого участка;
- состав и интенсивность движения автомобильного потока на исходный год, темпы роста (убывания) интенсивности или величина заданной перспективной интенсивности на расчетный год;
- данные по нормативной расчетной нагрузке и ее основные характеристики;
- модуль упругости существующей конструкции или коэффициент износа (запаса) слоев при усилении существующей дорожной одежды;
- физико-механические характеристики конструктивных слоев.

В программе содержится необходимая справочная информация по вводу исходных данных: карты, справки, нормативно-справочные базы по автомобилям и материалам. Базы данных открыты для корректировки и дополнения. По результатам расчета и основным исходным данным, принятым для расчета, формируется рабочий протокол, который можно предварительно просмотреть на экране, вывести на печать, а также экспортировать в файл формата RTF. РАДОН 2.1 работает под управлением операционной системы Windows 9x/Me/NT/2000/XP.

8. МОСТ 1.2 – конструирование мостовых сооружений. Система МОСТ 1.2 предназначена для конструирования малых, средних, больших мостов и путепроводов с железобетонными и сталежелезобетонными пролетными строениями, с различными типами опор при строительстве и реконструкции транспортных сооружений на автомобильных дорогах I-V технических категорий (рис. 5.43).

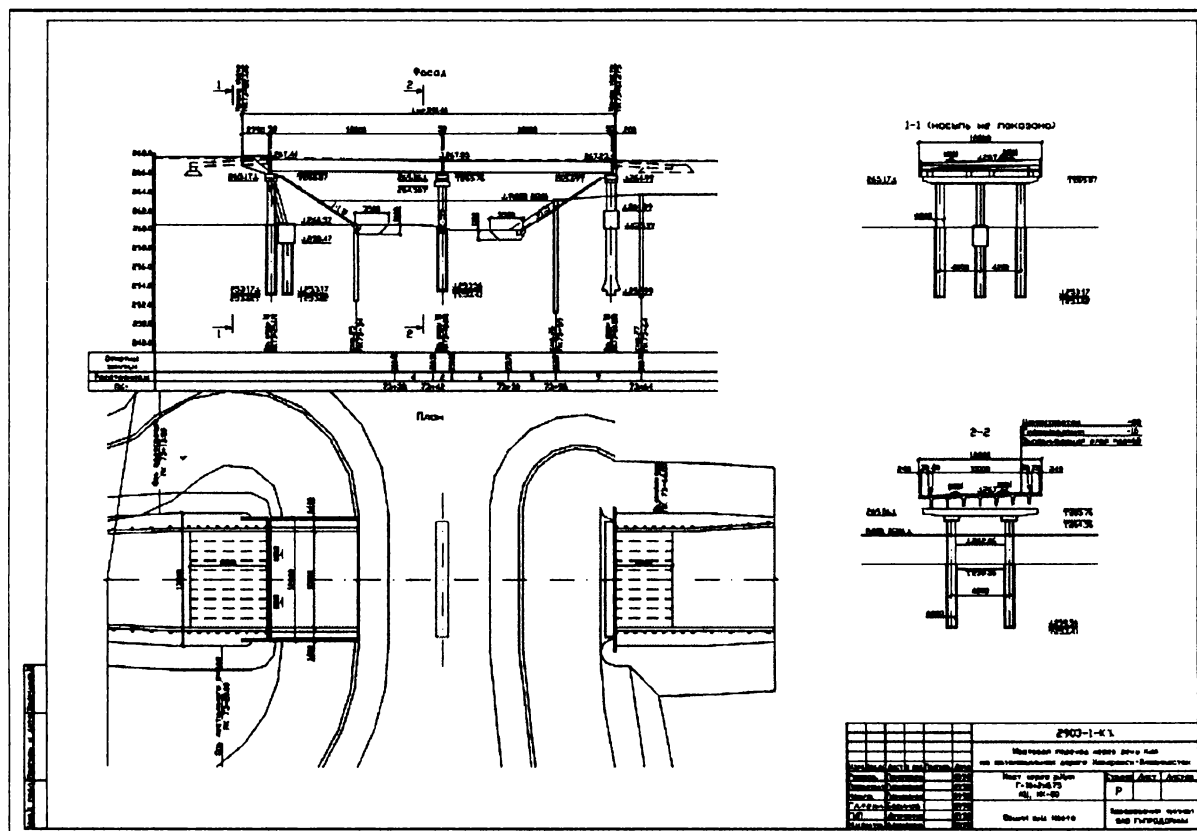


Рис. 5.43. Результаты работы программы МОСТ 1.2

Основные функции системы МОСТ 1.2:

- вычерчивание общего вида моста, опор, пролетных строений;
- вычерчивание опалубочных, арматурных чертежей свай-оболочек, буронабивных столбов, сборных железобетонных столбов;

- вычерчивание опалубочных, арматурных чертежей и узлов объединения блоков шкафной стенки, открьлков, сборных железобетонных лестничных сходов;
- автоматизированное заполнение штампов, спецификаций, ведомостей расхода стали на элемент, ведомостей объемов работ.

Исходными данными являются: данные проектного профиля по оси проезжей части, информация по рельефу и геологическим скважинам.

Результатами проектирования являются чертежи формата DWG. МОСТ 1.2 работает под управлением операционных систем Windows- 9x/Me/NT/2000/XP и в графической среде AutoCAD 2000/2002.

9. МОРФОСТВОР 1.0 – расчет морфоствора. Программа МОРФОСТВОР 1.0 предназначена для автоматической обработки гидрологических данных по морфостворам рек при изысканиях мостовых переходов. Программа рассчитывает морфостворы равнинных и горных рек при любых топографических параметрах речной долины. Вычисления выполняются по алгоритму, разработанному на основании «Пособия к СНиП 2.05.03-84 Мосты и трубы по изысканиям и проектированию железнодорожных и автодорожных мостовых переходов через водотоки» (рис. 5.44).

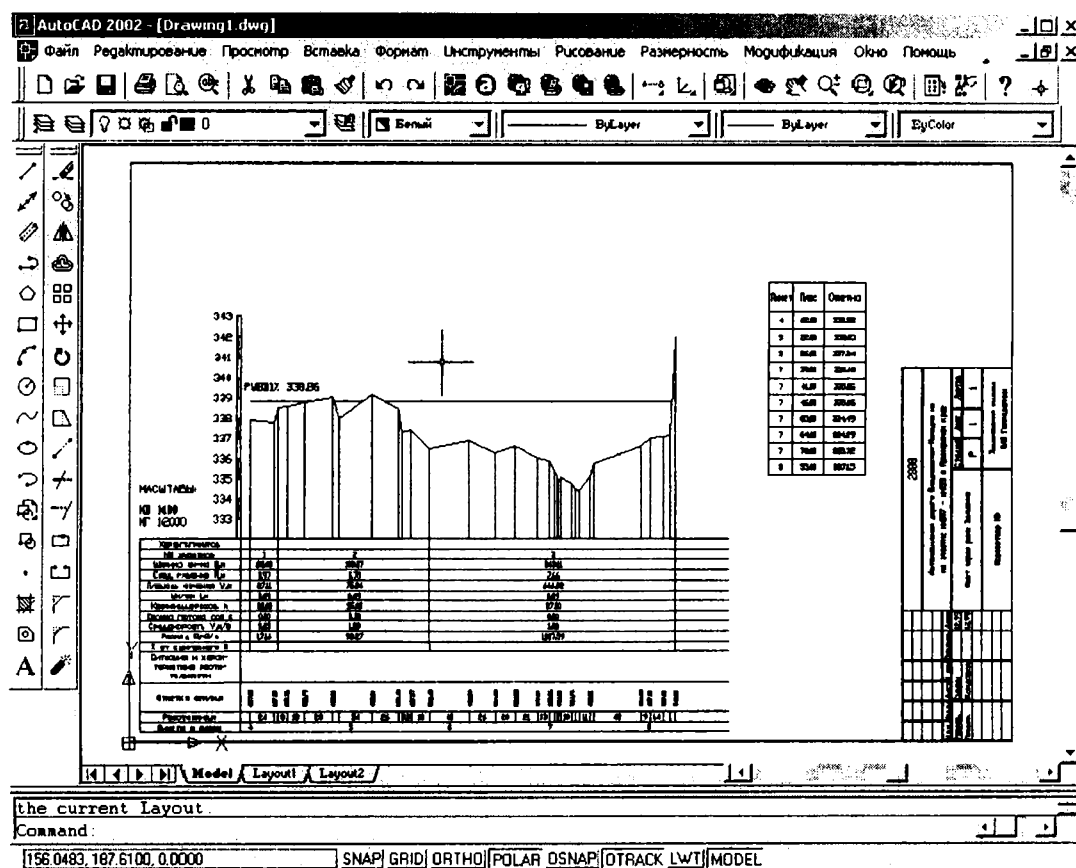


Рис. 5.44. Построение морфометрического створа с помощью программы МОРФОСТВОР 1.0

МОРФОСТВОР 1.0 решает следующие задачи:

- расчет морфоствора по заданному расчетному уровню высокой воды (РУВВ) (прямая задача);
- расчет морфоствора по заданному расходу (обратная задача);
- отрисовка продольного профиля морфоствора по расчетным характеристикам. Отрисовка морфоствора происходит после автоматической загрузки графического пакета AutoCAD.

Пользовательский интерфейс программы позволяет легко вводить и редактировать **исходные данные**, которые включают:

- продольный профиль морфоствора (двухмерный массив с пикетажным положением характерных точек и их отметок);
- гидрологические характеристики водотока;
- данные по участкам морфоствора.

В программе можно создать изображение морфоствора в плане (вид сверху), изображение профиля в изометрической проекции, а также сечения морфоствора перпендикулярно продольной оси водотока, а копию изображения сохранить в формате BMP.

Результатами работы программы являются:

- отчеты с расчетными характеристиками, такими как:
 - расходы, средние скорости течения воды и площади живого сечения по участкам и по морфоствору в целом для заданного расчетного уровня;
 - расходы, средние скорости течения воды и площади живого сечения по участкам и по морфоствору в целом для заданных расходов воды;
- графики зависимостей: расходов, скоростей течения воды, площадей живого сечения водотока от уровня воды. График, представленный на экране, можно вывести на печать, а также экспортировать в универсальный обменный формат WMF;
- чертежи продольного профиля морфоствора, созданные в среде графического пакета AutoCAD 14, 2000, 2002.

МОРФОСТВОР 1.0 работает под управлением операционных систем Windows 9x/ME/NT/2000/XP.

5.8.11. CREDO_SR – геодезия в сейсморазведке

Система CREDO_SR предназначена для автоматизации обработки геодезических данных при производстве разведочных работ геофизическими методами, требующими создания (привязки) геофизических профилей (рис. 5.45).

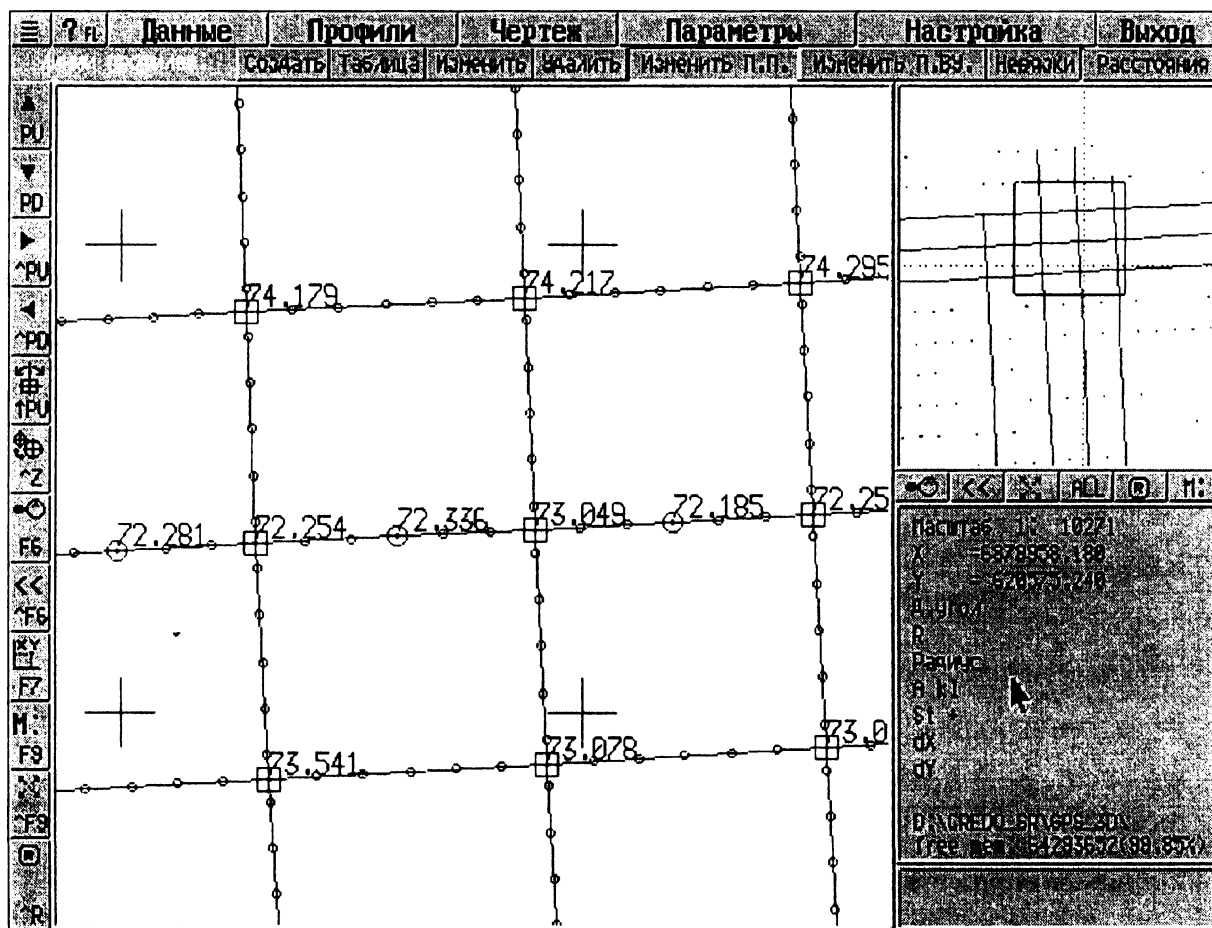


Рис. 5.45. Результат работы системы CREDO_SR

Исходными данными для работы являются:

- материалы инструментальной съемки или GPS-определения, полученные из системы CREDO_DAT;
- данные из полевых пикетажных журналов и ведомостей;
- цифровая модель местности, созданная в системах CREDO_TER или CREDO_MIX;
- картматериал в виде растровых файлов.

Основные функции системы:

- создание, редактирование геофизических профилей;
- интерполяция координат и высот промежуточных точек (пикетов);
- уравнивание пикетажных измерений;
- создание выходных ведомостей и каталогов;
- экспорт результатов обработки в текстовые файлы форматов интерпретирующих геофизических систем;
- создание чертежей и планшетов по объекту.

5.8.12. Другие дополнительные модули программного комплекса CREDO

1. TRANSFORM 2.0 – трансформация растровых картматериалов. Программа TRANSFORM 2.0 предназначена для обработки растровых файлов, полученных в результате сканирования картографических и геодезических материалов, схем и чертежей. В результате работы создается электронная растровая подложка, которая может использоваться в системах комплекса CREDO и других проектирующих и геоинформационных системах, а также для выпуска чертежей, топопланов и схем, оформленных в соответствии с действующими нормативными документами (рис. 5.46).

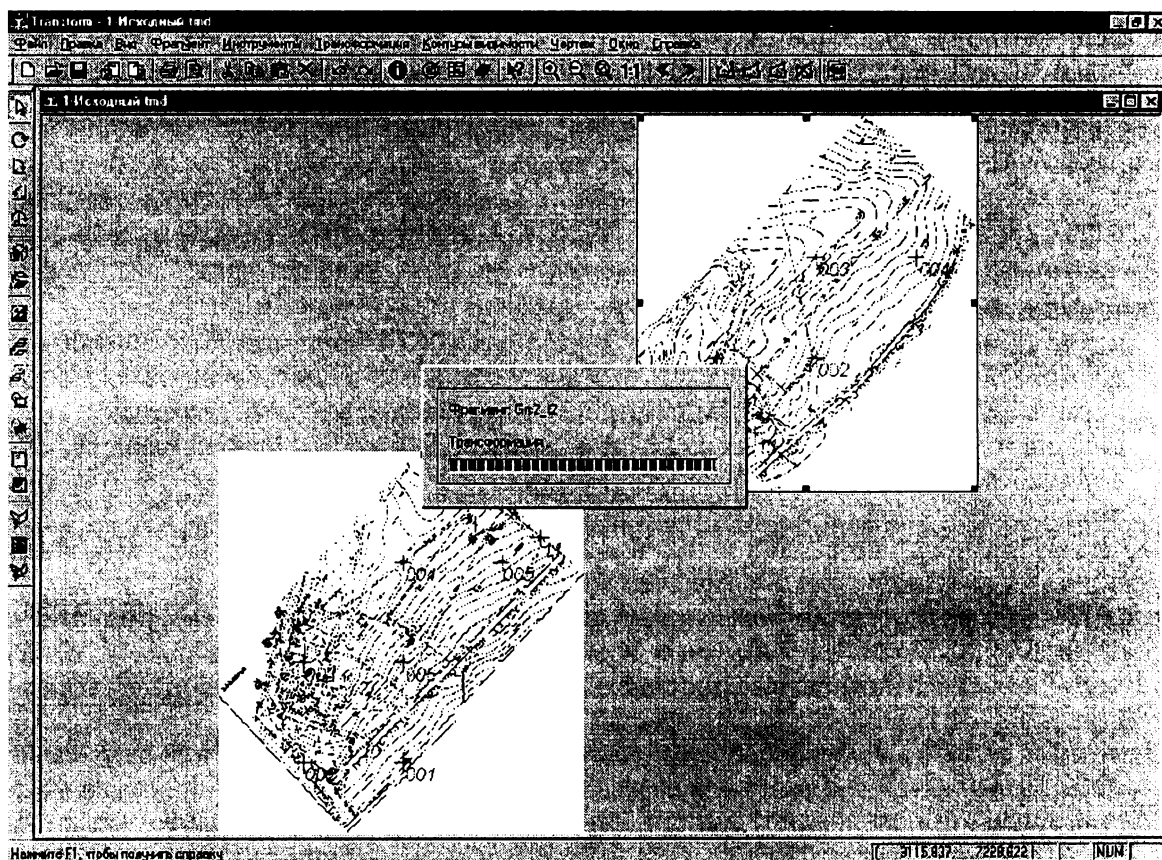


Рис. 5.46. Трансформация растровых файлов в электронную подложку

Исходными данными для программы являются растровые изображения любой глубины цвета в формате BMP.

В программе реализованы следующие основные функции:

- сканирование растровых документов;
- изменение цветовой палитры;
- поворот растровых фрагментов на произвольный угол;
- линейное растяжение и сжатие растровых фрагментов, их перемещение друг относительно друга;
- чтение и отображение с выбором масштаба системы координат файлов раstra;
- кусочно-проективная трансформация растровых файлов для уменьшения искажений, вызванных погрешностями сканирования и деформациями исходного картографического материала;

- привязка растрового поля к используемой системе координат;
- сшивка (объединение) нескольких растровых файлов в единое растровое поле;
- обрезка (вырезка в произвольном контуре) растрового фрагмента из общего растрового поля;
- печать растрового поля или выбранного фрагмента в требуемом масштабе.

Программа обеспечивает высокую точность трансформации. Трансформация раstra осуществляется по произвольно задаваемым опорным точкам, координаты которых известны – «кресты» координатной сетки, пункты обоснования, координированные углы зданий.

В программе реализован специальный механизм устранения несводок соседних фрагментов раstra. На каждом из смежных фрагментов в области перекрытия указываются дополнительные точки без задания координат. В процессе трансформации они совмещаются. Трансформировать один и тот же файл (растровое изображение) можно несколько раз, используя предыдущие параметры привязки, изменяя и дополняя их. Качество привязки отражается в списке опорных точек.

Одно из важнейших преимуществ программы – наличие аппарата контуров видимости, которые позволяют формировать растровые поля произвольной формы и сопрягать соседние фрагменты по необходимой траектории.

TRANSFORM 2.0 позволяет экспортировать весь проект, состоящий из нескольких растровых фрагментов, в один файл BMP, обеспечивая тем самым сшивку (объединение) фрагментов в единое растровое поле. В программу включен компоновщик чертежей, предоставляющий широкие возможности по оформлению и выпуску графических материалов. TRANSFORM 2.0 работает в среде Windows 9x/Me/NT/2000/XP.

2. SYMBOL – редактор условных знаков. SYMBOL – задача, предназначенная для создания и редактирования условных знаков топографических планов и строительных чертежей. Функции задачи SYMBOL входят в состав системы CREDO_MIX. Обмен данными с другими программными продуктами осуществляется внутри комплекса CREDO.

Основные функции задачи:

- использование растровых (BMP) и векторных (DXF) подложек, что обеспечивает возможность использовать знаки, отсканированные с существующего картографического материала либо библиотеки знаков, созданных в других системах;
- интерактивное графическое создание и редактирование условных знаков;
- ведение библиотек условных знаков;
- экспорт в формат DXF.

Все операции в задаче выполняются в интерактивном режиме работы с динамической визуализацией хода выполнения и результатов выполняемых операций.

3. СЕТИ – проектирование инженерных коммуникаций. Система СЕТИ предназначена для проектирования профилей наружных коммуникаций, разработки рабочих и исполнительных чертежей профилей сетей водоснабжения, канализации, газопровода и теплоснабжения.

Система состоит из **нескольких программ**, каждая из которых работает автономно:

- **Канализация** – проектирование продольного профиля канализации. Функции этой программы обеспечивают: импорт данных по продольному профилю трассы с пересечениями из систем CREDO_TER, CREDO_MIX; ввод элементов плана канализации и зданий; проектирование участков трассы; построение рабочего чертежа профиля согласно ГОСТ 21.604-82; составление спецификаций; подсчет объемов работ; экспорт данных по запроектированному профилю канализации в системы CREDO_TER, CREDO_MIX для дальнейшего комплексного проектирования;
- **Водопровод** – проектирование продольного профиля напорных сетей водопровода. Основные функции программы: импорт данных по продольному профилю трассы с пересечениями из систем CREDO_TER, CREDO_MIX; ввод элементов плана водопровода и зданий; проектирование участков трассы; построение рабочего чертежа профиля согласно ГОСТ 21.604-82; составление спецификаций; подсчет объемов работ; экспорт данных по запроектированному профилю водопровода в системы CREDO_TER, CREDO_MIX для дальнейшего комплексного проектирования;
- **Тепло** – проектирование продольного профиля теплотрассы. Основные функции программы: импорт данных по продольному профилю трассы с пересечениями из систем CREDO_TER, CREDO_MIX; ввод элементов плана теплотрассы и зданий;

проектирование участков трассы; построение рабочего чертежа профиля согласно ГОСТ 21.604-82; формирование разрезов лотков канальной прокладки с последующей вставкой их в чертеж профиля; экспорт данных по запроектированному профилю теплотрассы в системы CREDO_TER, CREDO_MIX для дальнейшего комплексного проектирования;

- **Газ** – проектирование продольного профиля газопровода. Программа позволяет выполнять: импорт данных по продольному профилю трассы с пересечками из систем CREDO_TER, CREDO_MIX; ввод элементов плана газопровода и зданий; проектирование участков трассы; построение рабочего чертежа профиля согласно ГОСТ 21.604-82; составление спецификаций; подсчет объемов работ; экспорт данных по запроектированному профилю газопровода в системы CREDO_TER, CREDO_MIX для дальнейшего комплексного проектирования.

Все программы CETI работают под управлением операционных систем Windows 9x/Me/NT/2000/XP.

4. ГИС_ЭКСПОРТ – экспорт данных в форматы геоинформационных систем. ГИС_ЭКСПОРТ конвертирует данные CREDO по цифровой модели рельефа и ситуации, геометрии проекта в файлы обменного формата геоинформационных систем (рис. 5.47). В настоящей версии реализовано конвертирование в программу MapInfo – файлы формата MIF и MID.

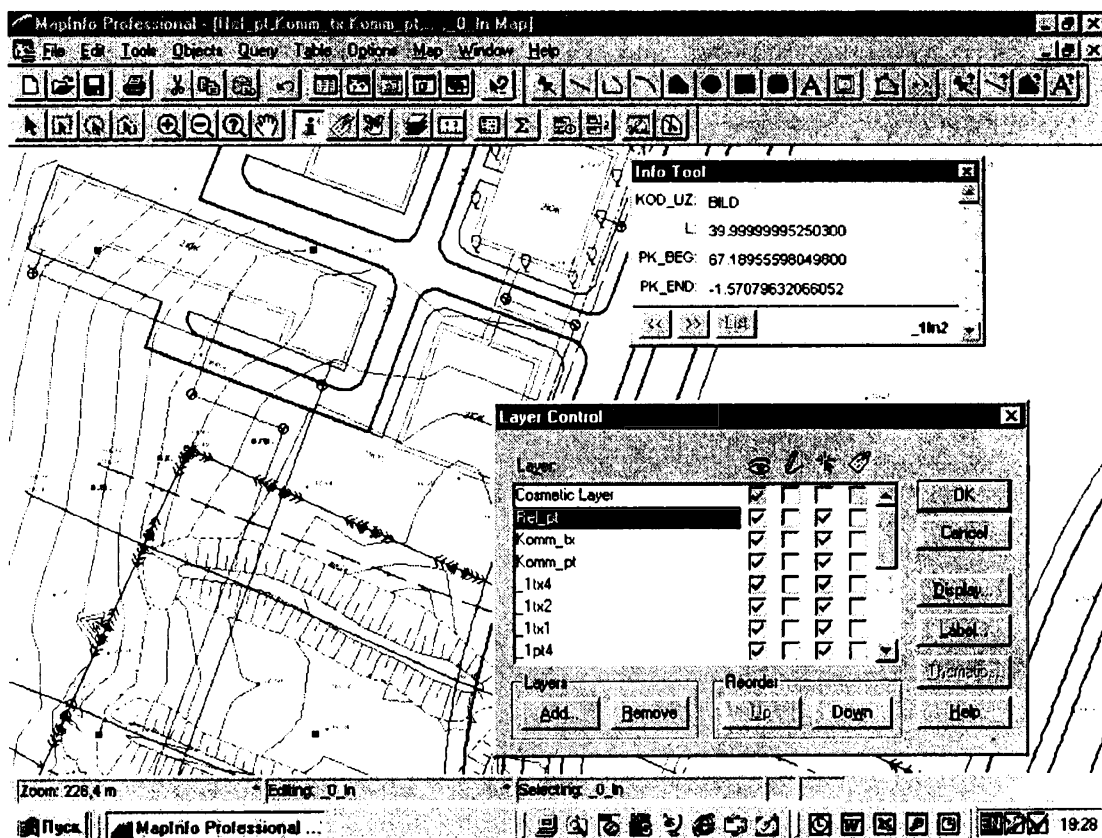


Рис. 5.47. Процесс экспорта данных в формат геоинформационных систем

Исходными данными для задачи является информация по цифровой модели местности из системы CREDO_TER, по геометрии и цифровой модели проекта – из системы CREDO_MIX.

С помощью задачи ГИС_ЭКСПОРТ можно:

- импортировать данные из файлов открытого обменного формата CREDO;
- конвертировать данные в форматы MapInfo – файлы MIF и MID;
- автоматически создавать в выходных файлах структуры слоев MapInfo, размещать элементы CREDO в соответствующих слоях.

Результатами работы задачи являются файлы с расширением MIF и MID.

Программа ГИС_ЭКСПОРТ работает под управлением операционных систем Windows 9x/Me/NT/2000/XP.

ЛИТЕРАТУРА

Головнич А.К. Автоматизация проектирования транспортных коммуникаций. Пособие по дисциплинам «Автоматизированное проектирование автодорог», «Железнодорожные станции и узлы», «САПР речных портов». – Гомель: БелГУТ, 2002. – 52с.

Головнич А. К. Автоматизация проектирования железнодорожных станций. – Гомель: БелГУТ, 2001. – 202 с.

Инженерная и компьютерная графика. / Под ред. Романычевой Э. Т. – М.: Высшая школа, 1996. С. 230-364.

Казеннов Г. Г., Соколов А. Г. Основы построения САПР и АСТПП. – М.: Высшая школа, 1989. – 200 с.

Калинин А., Вагин В. Технология проектирования дорог в интегрированной среде CADdy / САПР и графика. – М.: КомпьютерПресс, 2000. № 10. – С. 15-21.

Норенков И. П. Принципы построения и структура / Системы автоматизированного проектирования. Кн. 1. - Мн.: Вышэйш. шк., 1987. – 128 с.

Петренко А И., Семенов О. И. Основы построения систем автоматизированного проектирования. – Киев: Выша шк., 1984. – 296 с.

Проектирование автомобильных дорог: Справочник инженера – дорожника / Под ред. Г.А. Федотова. – М.: Транспорт, 1989. – 437 с.

СНиП 2.05.02-85. Автомобильные дороги. – М.: ЦИТП, – 1986. – 51 с.

СНиП 2.05.03-84. Мосты и трубы. – М.: ЦИТП, – 1985. – 200 с.

Филиппов В., Величко Г., Пигин А., Куляй Г. Проектирование генеральных планов в комплексе CREDO/САПР и графика. – М.: КомпьютерПресс, 2000. № 8. – С. 24-27.

<http://3dnews.ru>

<http://ru.wikipedia.org>

<http://www.autocad.ru>

<http://www.caddy.ru>

<http://www.cadmaster.ru>

<http://www.fcenter.ru>

<http://www.indorsoft.ru>

<http://www.ixbt.com>

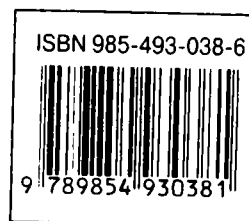
<http://www.thg.ru>

<http://www.topomatic.ru>

Учебное издание

**Лукша Владимир Валентинович
Шведовский Петр Владимирович
Образцов Олег Леонидович**

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДОРОГ
И ДОРОЖНЫХ СООРУЖЕНИЙ
(курс лекций)**



Ответственный за выпуск: **В.В. Лукша**
Редактор: **Т.В. Строкач**
Художник: **В.В. Лукша**
Компьютерный набор и верстка: **В.В. Лукша**

Лицензия № 02330/0133017 от 30.04.2004 г. Сдано в набор 15.02.2006.
Подписано к печати 15.06.2006. Бумага «Снегурочка». Формат 60x84¹/₈.
Гарнитура Arial. Усл.п.л. 14,6. Уч. изд.л. 15,8. Тираж 100 экз. Заказ № 611
Отпечатано на ризографе Учреждения образования
«Брестский государственный технический университет».
224017, г. Брест, ул. Московская, 267.
Лицензия № 02330/0133017 от 30.04.2004 г.