



**Институт транспортных сооружений
Казанский государственный архитектурно-строительный
университет**

**Курс лекций по дисциплине
«Основы автоматизированного
проектирования транспортных
сооружений»**

**Заведующий кафедрой
«Изыскания и проектирование
автомобильных дорог», доцент, к.
т.н. Вдовин Евгений Анатольевич**

«Основы автоматизированного проектирования транспортных сооружений»

ЛИТЕРАТУРА

1. Пospelов П.И., Самодурова Т.В., Малофеев А.Г. и др. Основы автоматизированного проектирования автомобильных дорог (на базе программного комплекса CREDO). Учеб. пособие. Москва, 2007 — 216 с.
2. Пуркин В.И. Основы автоматизированного проектирования автомобильных дорог: Учеб. пособие / МАДИ (ТУ). – М.: 2000. - 141 с.
3. Бойков В.Н., Федотов Г.А., Пуркин В.И. Автоматизированное проектирование автомобильных дорог (на примере IndorCAD/Road). – М.: Изд-во МАДИ (ГТУ), 2005. – 224 с.
4. Справочная энциклопедия дорожника (СЭД) Т.V/ Под ред. Пospelов П.И.– М.: Транспорт, 2008г.

Тема : «Понятие о системах автоматизированного проектирования (САПР)»

Повышение качества проектных решений, производительности труда инженеров, сокращения сроков выпуска проектной документации в настоящее время возможно за счет **комплексной автоматизации** вычислительных и вспомогательных работ на всех этапах проектирования.

Комплексная автоматизация этих работ может быть реализована при использовании **систем автоматизированного проектирования (САПР)**.

Тема 1: «Понятие о системах автоматизированного проектирования (САПР)»»

САПР — организационно-техническая система, состоящая из комплекса средств автоматизации проектирования, взаимодействующего со всеми подразделениями проектной организации (проектировщиком) и выполняющая автоматизированное проектирование.

Основная функция САПР — разработка и выпуск проектно-сметной документации высокого качества в заданные сроки с минимальными трудозатратами.

В комплекс средств автоматизации проектирования входит следующее обеспечение - средства обеспечения САПР :

1. техническое,
2. математическое,
3. программное,
4. методическое,
5. информационное,
6. лингвистическое
7. организационное.

Техническое обеспечение - это комплекс **технических средств**, с помощью которого осуществляют сбор, обработку, хранение, преобразование и передачу данных, связанных с объектом проектирования.

Техническое обеспечение состоит:

- вычислительная техника;
- периферийные устройства.

Вычислительной техника - это **персональный компьютер**.

Тема 1: « Назначение и структура САПР АД»

Стандартная конфигурация компьютера :

- **системный блок** (процессор, оперативная память, блок питания, винчестер, другие накопители данных, порты подключения периферийных устройств ;
- **клавиатура** для ввода информации;
- **монитор** для отображения информации;
- **мышь** для удобства диалога "человек-компьютер".



Тема 1: « Назначение и структура САПР АД»

Периферийные устройства:

- **приборы для сбора и обработки топографо-геодезической, геологической, гидрологической и специальной информации (электронные теодолиты, цифровые нивелиры, системы спутникового позиционирования GPS, георадары, аппараты цифрового фото и видео, ходовые диагностические лаборатории, измеряющие показатели технического и эксплуатационного уровня проезжей части, земляного полотна);**
- **приборы для преобразования информации из бумажного вида в электронный (сканеры).**
- **устройства печати (принтеры и плоттеры).**

Тема 1: « Назначение и структура САПР АД»

а)



б)



а) Сканиер рулонный;

б) Плоттер рулонный

Тема 1: « Назначение и структура САПР АД»

Для **организации коллективной работы** над проектом и оперативного обмена информацией компьютеры объединяют в локальные (**интранет**) и глобальные (**интернет**) сети.

Техническими компонентами сетей являются:

- серверы,
- сетевые адаптеры и платы,
- модемы,
- оптоволоконные сети и пр.

Компьютер с подключенными к его портам внешними устройствами представляет собой **автоматизированное рабочее место индивидуального пользования (АРМИ)**.

Тема 1: « Назначение и структура САПР АД»

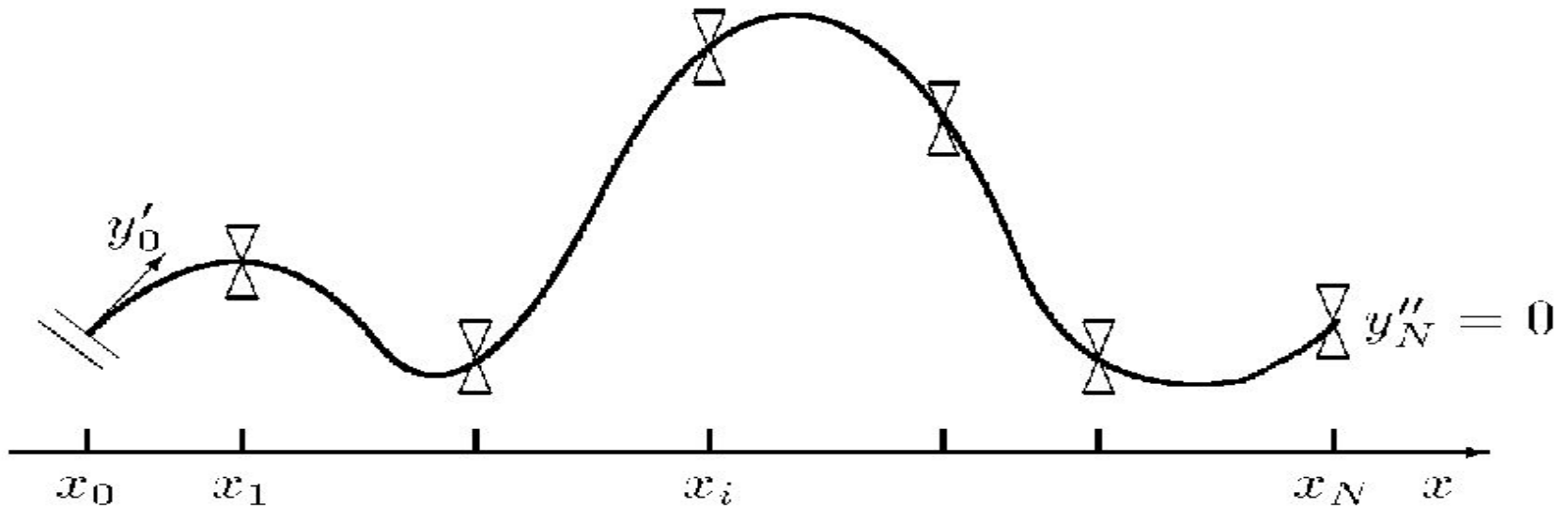
Математическое обеспечение в САПР объединяет **математические модели**, описывающие проектируемый объект, методы и алгоритмы выполнения проектных процедур.

Математическое моделирование используемое в САПР-АД состоит в использовании **уравнений**, описывающих **объект**, для исследования его поведения при помощи решения этого уравнения.

Например, **представления проектной линии** не **в виде** последовательности прямых и дуг окружностей, а в виде модели ломаной (**сплайна**) .

Тема 1: « Назначение и структура САПР АД»

Термин **"сплайн"** происходит от названия чертежного инструмента – тонкой линейки **«гибкая линейка»**, которая изгибается так, чтобы проходить через заданные точки.



Очертания сплайна как математического аналога линейки

Существуют сплайны :

- **интерполяционные;**
- **сглаживающие.**

Интерполяционные сплайны необходимы для аналитического представления **дискретно заданной информации.**

Сглаживающие сплайны определяют из решения **задачи минимизации.** Сглаживающие сплайны применяют для оптимизации тех проектных решений, которые на начальной стадии рассмотрения носят, как правило, приближенный характер.

Тема 1: « Назначение и структура САПР АД»

В проектной практике **применяют**, как правило, сплайны **1-й и 3-й степени**.

Сплайн 1-й степени – это кусочно-непрерывная функция, на каждом отрезке описываемая уравнением вида:

$$y = a_i + b_i x,$$

где i – номер рассматриваемого интервала между узлами интерполяции x_i и x_{i+1} .

Сплайн 3-й степени (кубический) – это кусочно-непрерывная функция, состоящая из **отрезков кубических парабол** с уравнениями:

$$y = x_i + B_i(x - x_i) + C_i(x - x_i)^2 + D_i(x - x_i)^3,$$

$$x_i \leq x \leq x_{i+1}.$$

Тема 1: « Назначение и структура САПР АД»

Специфика автомобильных дорог, как протяженных линейных объектов, проявляется в том, что при автоматизированном проектировании **создаются и используются цифровые модели местности (ЦММ) и цифровые модели дорожных объектов (ЦМД).** ЦММ и ЦМД создаются средствами **математического и программного обеспечения САПР-АД.**

Программное обеспечение включает в себя:

- **программы на машинных носителях информации (дисках, дискетах);**
- **программную документацию.**

Программное обеспечение

подразделяется на:

- **общесистемное** (операционные системы, драйверы, трансляторы, программы-антивирусы и т.д.)
- **прикладное** (программы для получения проектных решений, векторизаторы; программы обработки геодезических данных, данных дистанционного зондирования; системы управления базами данных (СУБД); системы управления проектно-конструкторской документацией (СУПКД) и др.

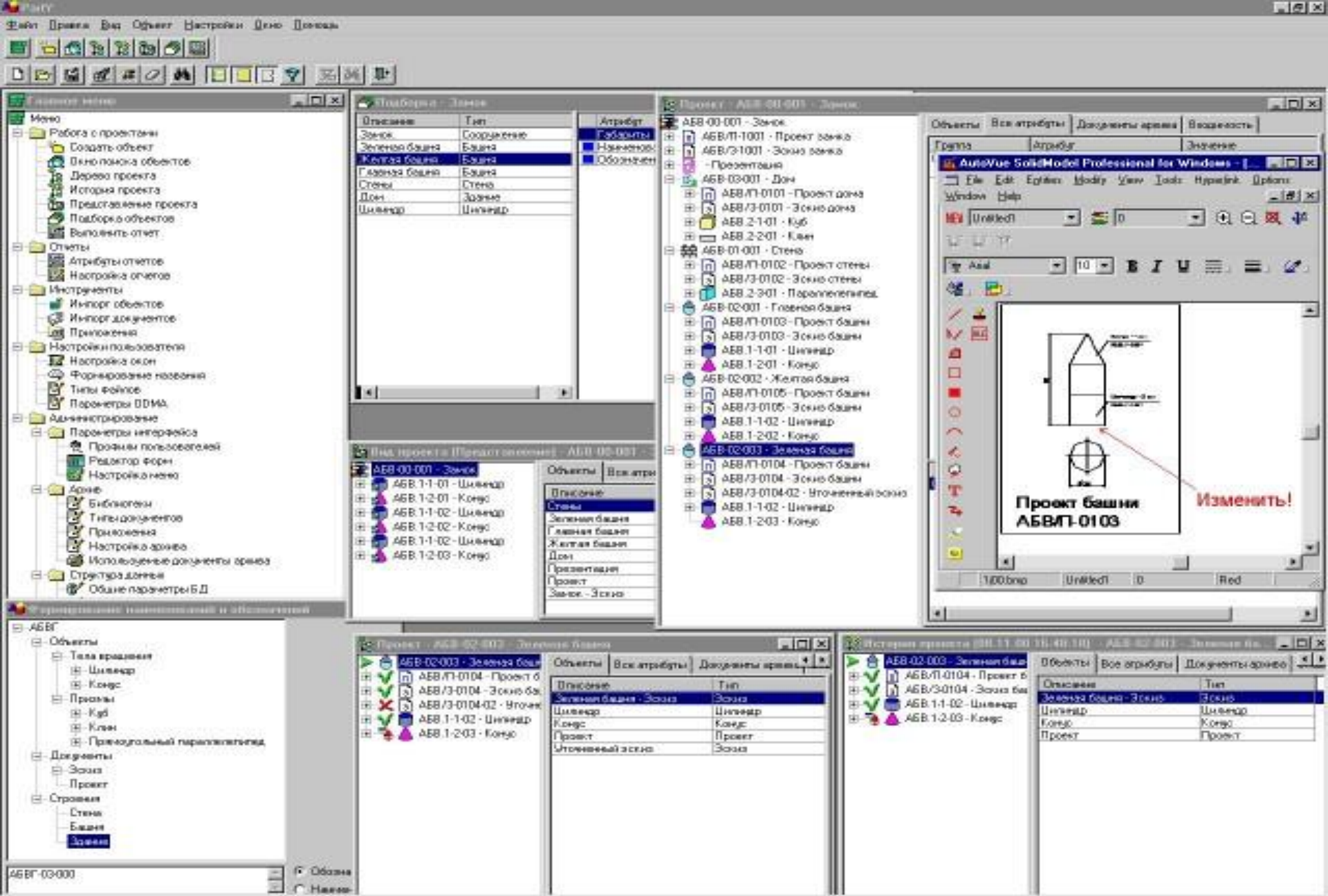
Общесистемное программное обеспечение, в первую очередь, операционные системы (ОС), управляют **всеми процессами**, происходящими в компьютерах.

С помощью **прикладного программного обеспечения** реализуется алгоритмическое описание **математических моделей** для выполнения проектных процедур при создании модели **дороги и ее сооружений**.

Тема 1: « Назначение и структура САПР АД»

СУПКД :

- поддерживает режим **параллельной коллективной работы** различных групп пользователей;
- обеспечивает **управление всей** относящейся к проекту **информацией**;
- обладает функцией ведения **истории всех инженерных изменений** в структуре проекта;
- управляет **вариантами**, не вошедших в основной проект, с **возможностью сравнения** текущего состояния с состоянием на **любую дату**.



Система управления документацией Party PLUS

Тема 1: « Назначение и структура САПР АД»

Техническая документация составляется в электронных **цифровых формах** и в дальнейшем может **использоваться** не только при **строительстве**, но и при **содержании дорог** и решении задач **планирования развития и управления**, например, средствами геоинформационных систем (**ГИС**).

Методическое обеспечение — **документы**, в которых изложены теория и методы проектирования, алгоритмы **решения конкретных задач**.

Методическое обеспечение — определяет **правила проектирования в САПР**, описанные в технической документации к программным продуктам, методических указаниях, пособиях, учебниках, монографиях, статьях.

Профессиональные **САПР** **имеют** методическое сопровождение в виде **"Справочных руководств"** в бумажном и электронном виде.

Главное меню **САПР** содержит **раздел Справка (Помощь)**, в котором представлено описание основных проектных процедур.

Тема 1: « Назначение и структура САПР АД»

Опыт эксплуатации САПР излагается в форме "**Практических руководств (пособий)**" и способствует повышению эффективности и качества инженерного труда.

Информационное обеспечение (база данных) - это всевозможные **данные**, необходимые **для** выполнения **автоматизированного проектирования (база данных)**.

Информационное обеспечение

подразделяется на:

- постоянное;
- переменное;
- региональное.

Постоянное информационное обеспечение состоит из:

- **нормативно-информационных материалов** в бумажном или электронных виде (*государственные стандарты (ГОСТ), строительные нормы (СН), строительные нормы и правила (СНиП), ведомственные строительные нормы (ВСН), типовые проектные решения по сооружениям и элементам автомобильных дорог*);
- **электронных библиотек условных знаков, классификаторов и кодов, шаблонов ТИПОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ** в составе графических алгоритмов.

Тема 1: « Назначение и структура САПР АД»

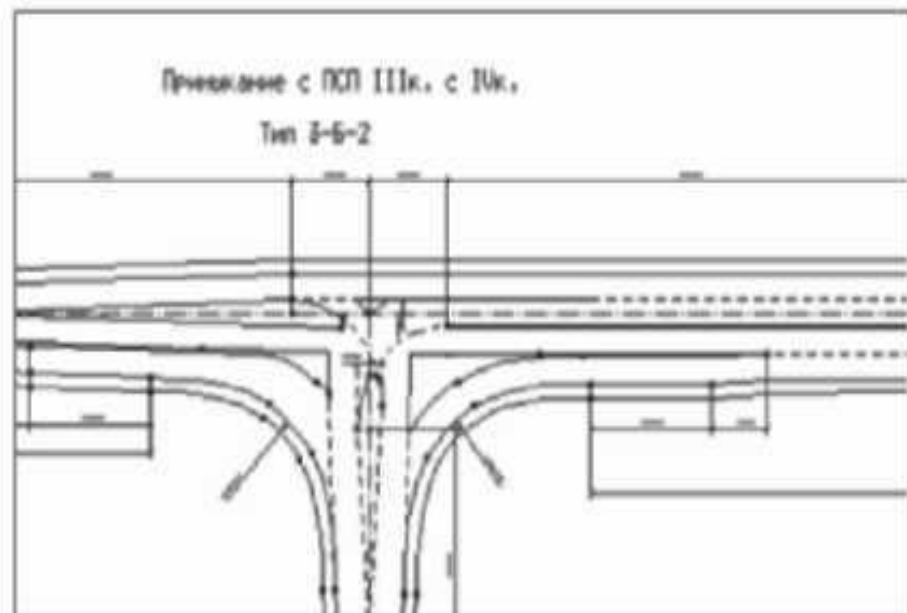
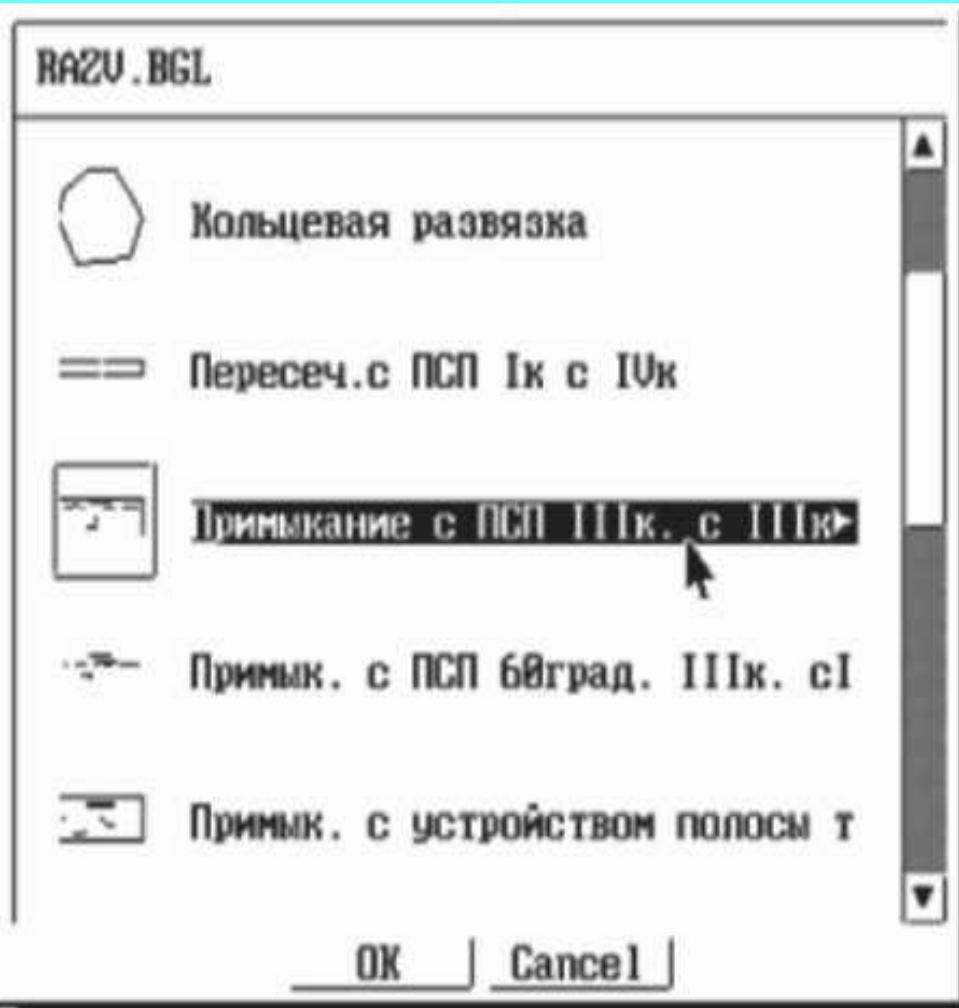


Рис. Библиотека конструкторских решений в системе CREDO

Тема 1: « Назначение и структура САПР АД»

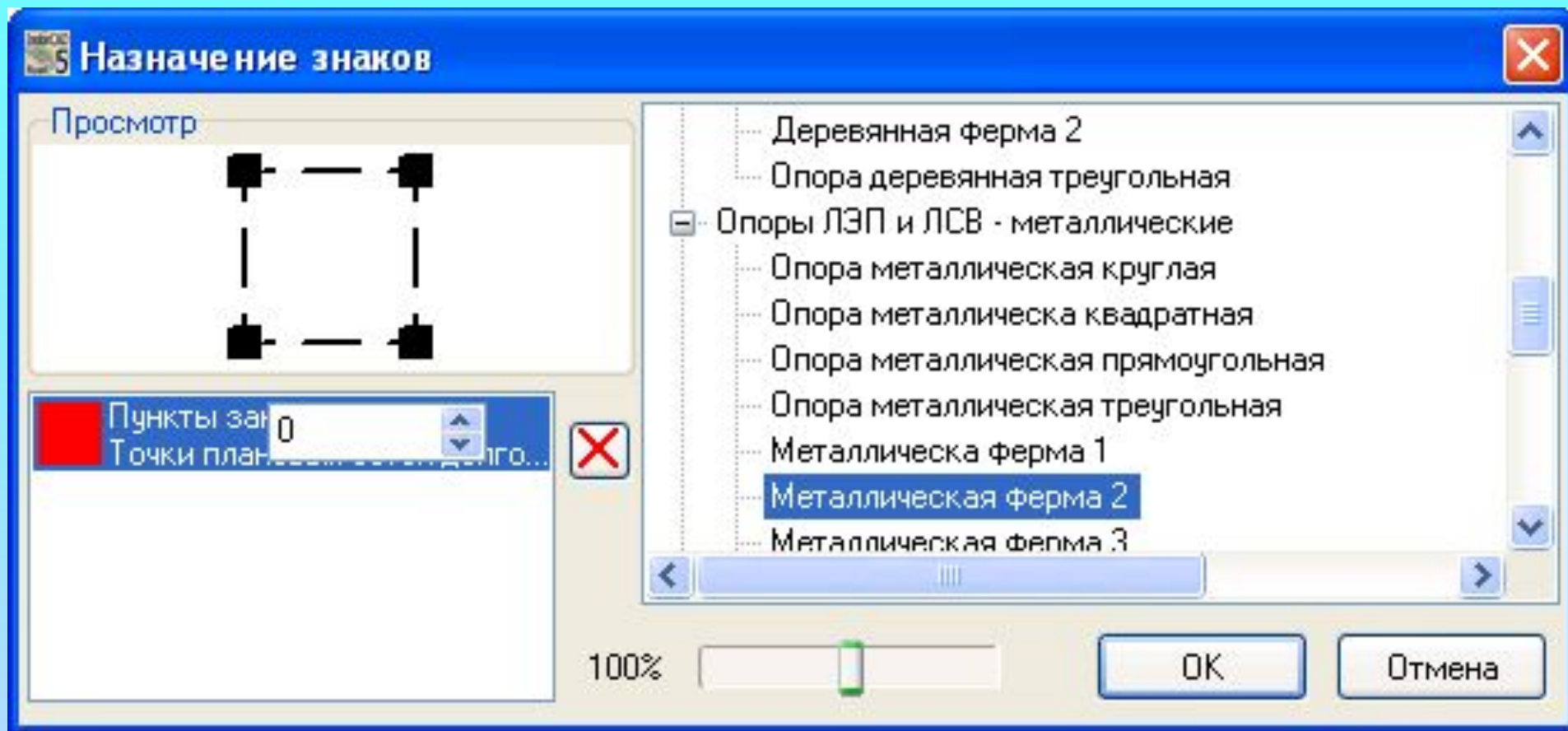


Рис. Библиотечный условный знак для топографического плана

Тема 1: « Назначение и структура САПР АД»

Переменное подразделяется на:

- входное;
- промежуточное;
- выходное.

Входная информация - совокупность **исходных данных**, необходимых для принятия проектного решения.

Промежуточная информация - полученная ранее в результате решения одних задач и **используемая для решения других**, но не окончательные результаты решения задач.

Выходная информация - полученная как **результат решения задач** и предназначенная для непосредственного использования в проектировании.

Региональное информационное обеспечение – это сведения регионального характера, характеризующие **особенности района проектирования в целом.**

Региональная информация:

- метеорологическая и экологическая характеристика,
- данные о рельефе и геологическом строении местности,
- сведения о местоположении карьеров грунтов и каменных материалов,
- сведения о строительных организациях и др.

Тема 1: « Назначение и структура САПР АД»

Лингвистическое обеспечение САПР — совокупность языков, применяемых для описания процедур автоматизированного проектирования, проектных решений и общения пользователя с системой автоматизированного проектирования.

Организационное обеспечение представляет собой совокупность организационных и технических мероприятий, направленных на повышение эффективности функционирования САПР.

Тема 1: « Назначение и структура САПР АД»

Организационные мероприятия:

- изменение организационной структуры проектной организации, ее отделов и подразделений;
- перераспределение функций между отделами;
- изменение технологии проектно-исследовательских работ и кадрового состава сотрудников,
- повышение квалификации проектировщиков в сфере САПР,
- организация и функционирование систем управления качеством проектной продукции на основе международных стандартов ISO 9001:2000.

Технические мероприятия — разработка **документов** (положения, инструкции, приказы, квалификационные требования, штатное расписание), устанавливающих:

- **состав** подразделений **проектной организации**, связи между ними, их функции;
- **взаимодействие** ее подразделений с комплексом средств **САПР**;
- **форму** представления **результатов** проектирования;
- **порядок** **рассмотрения** **проектных документов**.

Классификацию САПР осуществляют по следующим **основным признакам**:

- по приложению,
- целевому назначению,
- комплексности решаемых задач,
- характеру базовой подсистемы.

По **приложениям** наиболее актуальными и широко развитыми являются:

- САПР машиностроения;
- САПР радиоэлектроники;
- САПР архитектуры и строительства.

САПР АД можно классифицировать как самостоятельный **подкласс архитектурно-строительной САПР.**

Тема : «Классификация САПР»

По **целевому назначению** различают подсистемы САПР, обеспечивающие разные аспекты проектирования.

Целевые подсистемы:

- **CAD (Computer Aided Design)** геометрическое проектирование;
- **CAE (Computer Aided Engineering)** расчеты прочности, устойчивости, долговечности и других аспектов функциональности объектов проектирования;
- **CAM (Computer Aided Manufacturing)** расчеты, связанные с технологической подготовкой производства.

При проектировании дорог к задачам САЕ следует отнести:

- расчеты дорожных одежд на прочность, морозоустойчивость, сдвиг и изгиб;
- расчеты осадки земляного полотна на слабых основаниях и устойчивости откосов;
- гидрологические расчеты отверстий искусственных сооружений;
- моделирование транспортных потоков и др.

К задачам **САМ** в дорожной отрасли относятся:

- подготовка **разбивочных ведомостей**;
- подготовка **технологических карт** производства работ;
- разработку **схем организации движения** транспорта при производстве работ;
- составление **линейных календарных графиков** работ и др.

Тема : «Классификация САПР»

По **комплексности решаемых задач** различают отдельные подсистемы и **комплексы из** изложенных выше подсистем: **CAD/CAE/CAM**.

Важным **компонентом комплексных систем** в последнее время становятся подсистемы управления данными **PDM (*Product Data Management*)**.

PDM обеспечивают:

- **коллективную работу** над проектами,
- **целостность данных**;
- реализацию **эффективных систем** управления качеством.

Тема : «Классификация САПР»

Способность компьютерных технологий поддерживать функционирование объектов от стадии проектирования до их эксплуатации в единой информационной системе породила концепцию **PLM** (*Product Lifecycle Management*).

PLM – стратегия производства с применением комплексной компьютеризации, которая базируется на едином представлении информации об объекте на всех стадиях его жизненного цикла.

PLM позволяет совместно использовать информацию об объекте:

- производителю,
- поставщику,
- субподрядчику,
- заказчику,
- потребителю.

По характеру **базовой подсистемы** различают:

- САПР на базе **подсистем машинной графики** (*Plateia* (Словакия), *AUTOCAD CIVIL 3D* (США) на базе *AutoCAD*, *InRoads* (США) на базе *MicroStation*);
- САПР, в основе которых лежат **собственные программные графические ядра**, учитывающие специфику задач конкретной области проектирования (*MXRoad* (США), *Pythagoras* (Бельгия), *IndorCAD/Road* (Россия).

Первые САПР были созданы в 1960-х годах и получили наибольшее распространение в электронике и точной механике.

Одной из **первых САПР-АД** в России был пакет программ **САПР АД СДП**, составленных институтом **«Союздорпроект»** в **начале 70-х годов** для ЭВМ типа "Наири". Программы предназначались для:

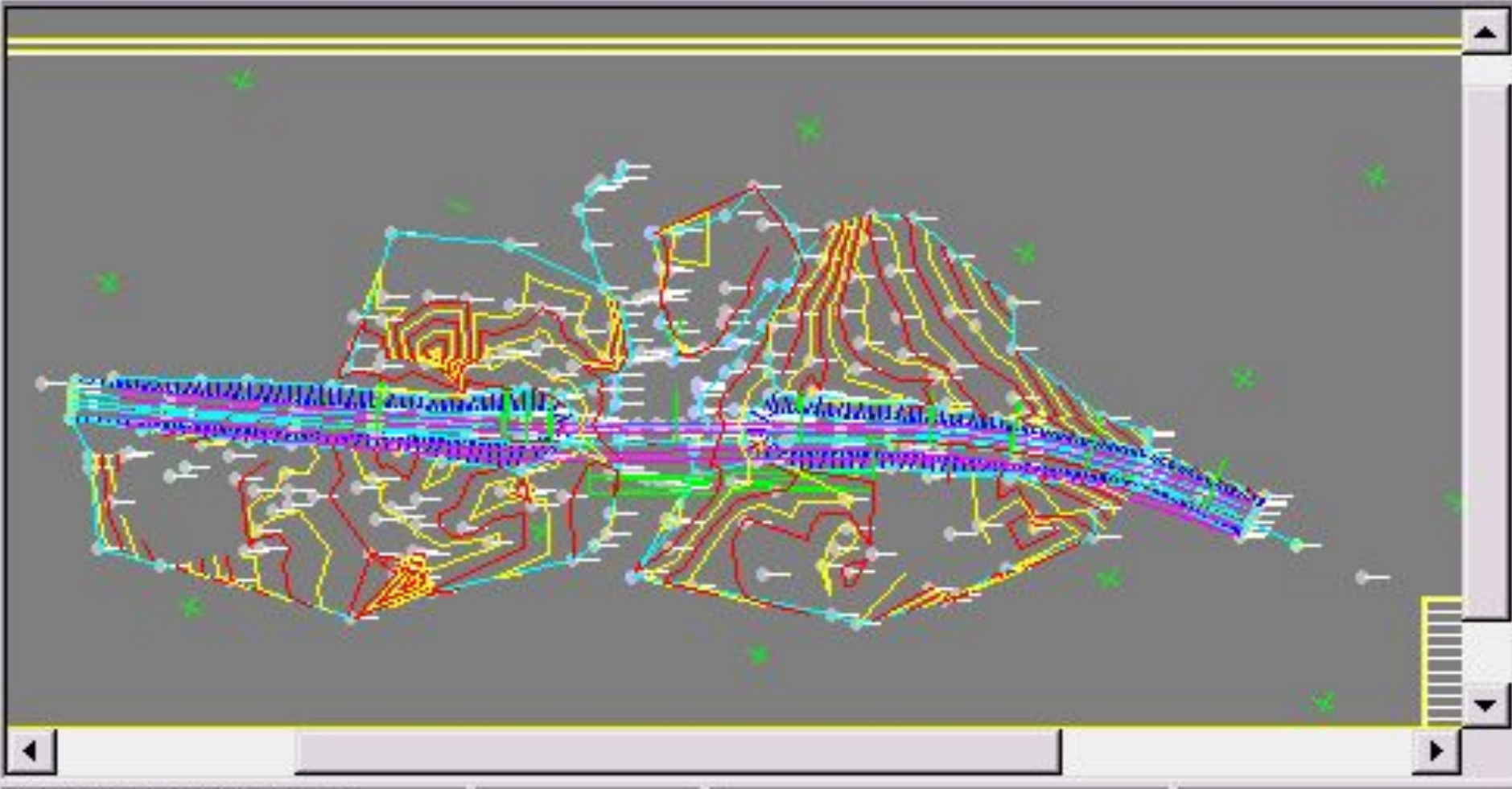
- расчета координат плана трассы,
- увязывание элементов продольного профиля,
- проектирование виражей,
- подсчет объемов земляных работ,
- расчеты скоростей движения.

САПР АД GIP является программным продуктом одного из ведущих дорожных проектных институтов – **ОАО Гипродорнии** и развивается **с середины 70-х годов**.

Версия этой системы в **DOS-варианте** алгоритмически была хорошо проработана, но отражала в основном идеологию **ручного проектирования** дорог. Windows-версия системы GIP имеет признаки предыдущих DOS-версий системы.

Редактор генплана - C:\PROGRAM FILES\GIP 3.2\PROJECTS\DEM...

Файл Правка Показать Рисовать Макрос Листы Вид Сервис ?



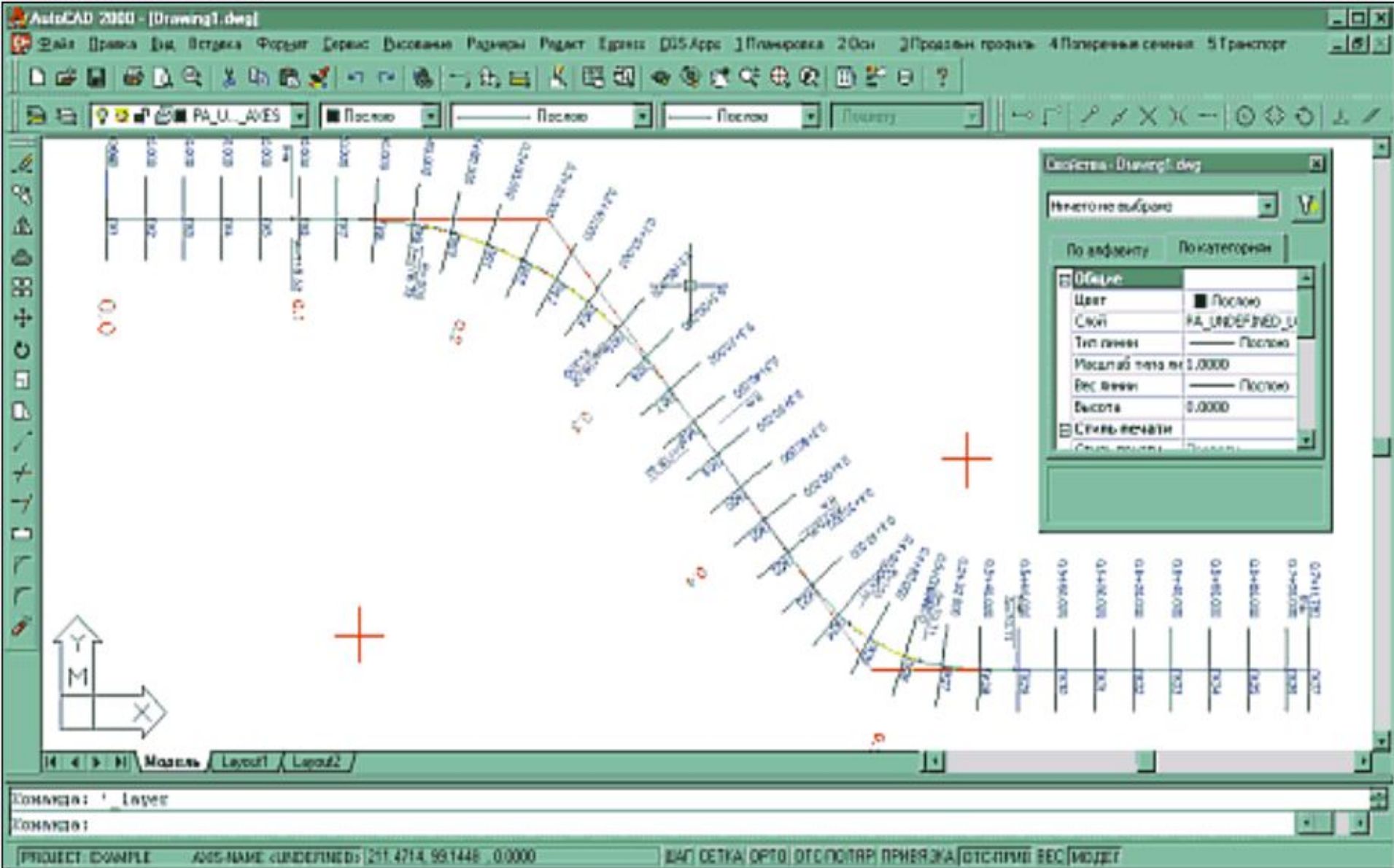
X:1378.728 Y:765.135

Рабочее окно "Редактор генплана" системы GIP

САПР АД PLATEIA (в переводе с древнегреческого – дорога, путь) разрабатывается с начала 90-х годов словенской фирмой **CGS** (www.cgs.com). PLATEIA использует в качестве графического ядра **AutoCAD** и состоит из модулей:

- Местность,
- Оси,
- Продольный профиль,
- Поперечные сечения,
- Транспорт.

Российским дистрибьютором PLATEIA, является компания "Прин" (www.prin.ru).

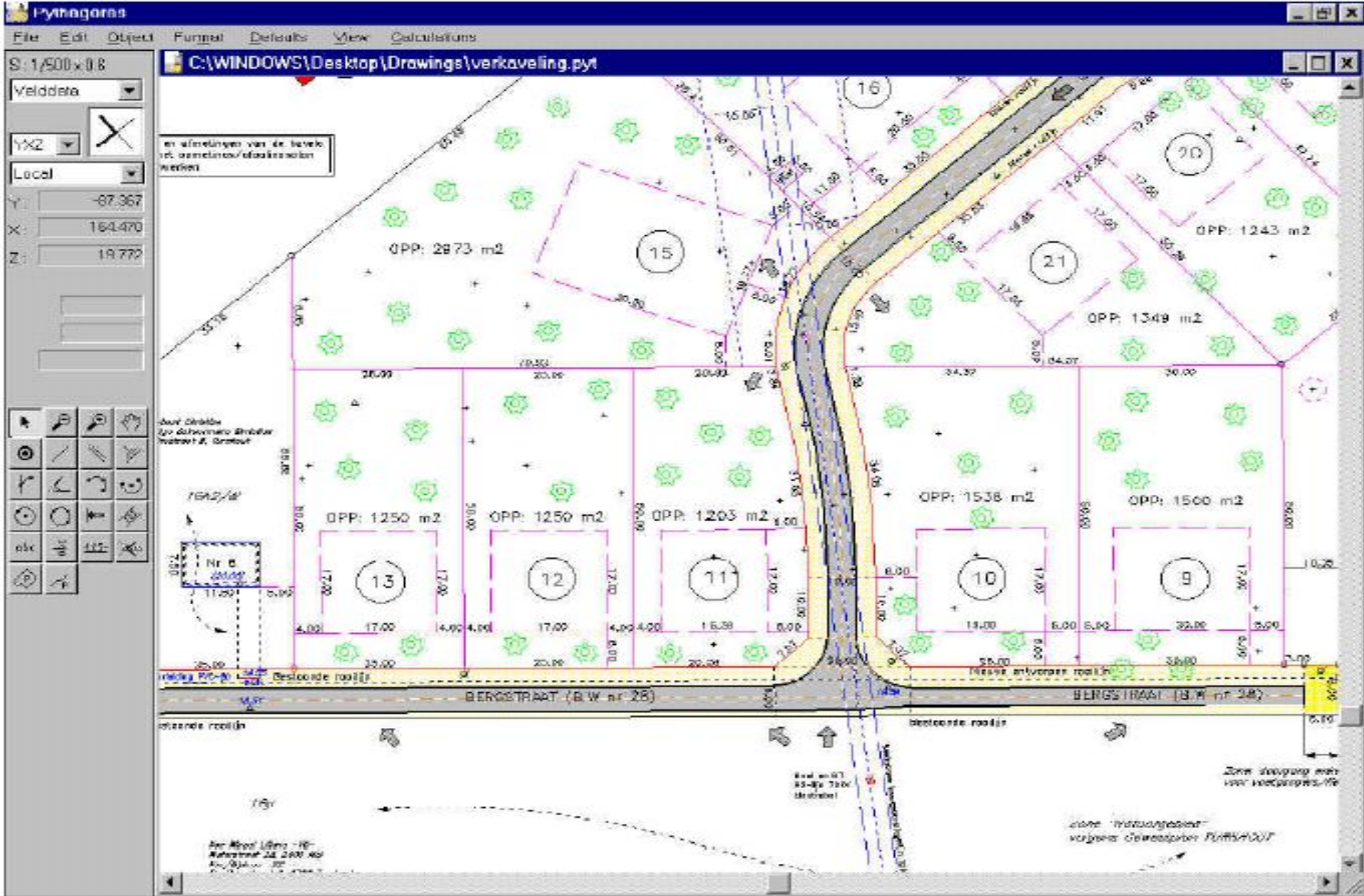


Система Plateia в среде AutoCAD 2000

САПР АД ПУТНАГОРАС была создана бельгийской фирмой **ADW Software** в 1992 году и названа в честь греческого математика и философа Пифагора.

К **недостаткам** программы можно отнести **отсутствие** возможности корректировать триангуляционные поверхности посредством **структурных линий**, что существенно снижает точность построения таких поверхностей.

Поддержку **русскоязычной** версии **ПУТНАГОРАС** осуществляет **московская компания** **Прин** (www.prin.ru).



Система ПΥТΗΑGΟRΑS – οβςΙΙЙ вИД

САПР АД MXRoad является одним из модулей семейства продуктов MX от **фирмы Infracsoft (США)**. Помимо MXRoad в состав модулей входит:

- система проектирования железных дорог и их инфраструктуры (**MXRail**),
- система планировки земельных участков под застройку (**MXSite**),
- система проектирования модернизации и ремонта улиц и дорог (**MXRenew**),
- редактор подготовки проектной документации (**MXDraw**).

В начале 90-х годов этот программный продукт, но под маркой **английской компании MOSS**, чьи технологии впоследствии были приобретены компанией **Infrasoft**, позиционировался **на российском рынке**. Но тогда он не получил широкого распространения как из-за высокой стоимости, так и из-за плохой адаптации к требованиям **российских нормативных документов**.

Следует также отметить, что **Infrasoft в 2003 г.** вошла **в состав компании Bentley Systems**, одного из **мировых лидеров** в разработке программ класса **САПР и ГИС**.

В настоящее время программы серии MX полностью совместимы с MS Windows и способны работать с Windows либо как самостоятельные приложения, либо в среде наиболее популярных САПР AutoCAD и MicroStation. MX в AutoCAD и MX в MicroStation приносят новые возможности в 3D-моделирование.

Подготовку русскоязычной версии системы MXRoad осуществлял Иркутский государственный университет, а поддержку и распространение этой программы обеспечивает компания EMT (www.emt.ru).

Тема : «Обзор сертифицированных САПР АД в России»

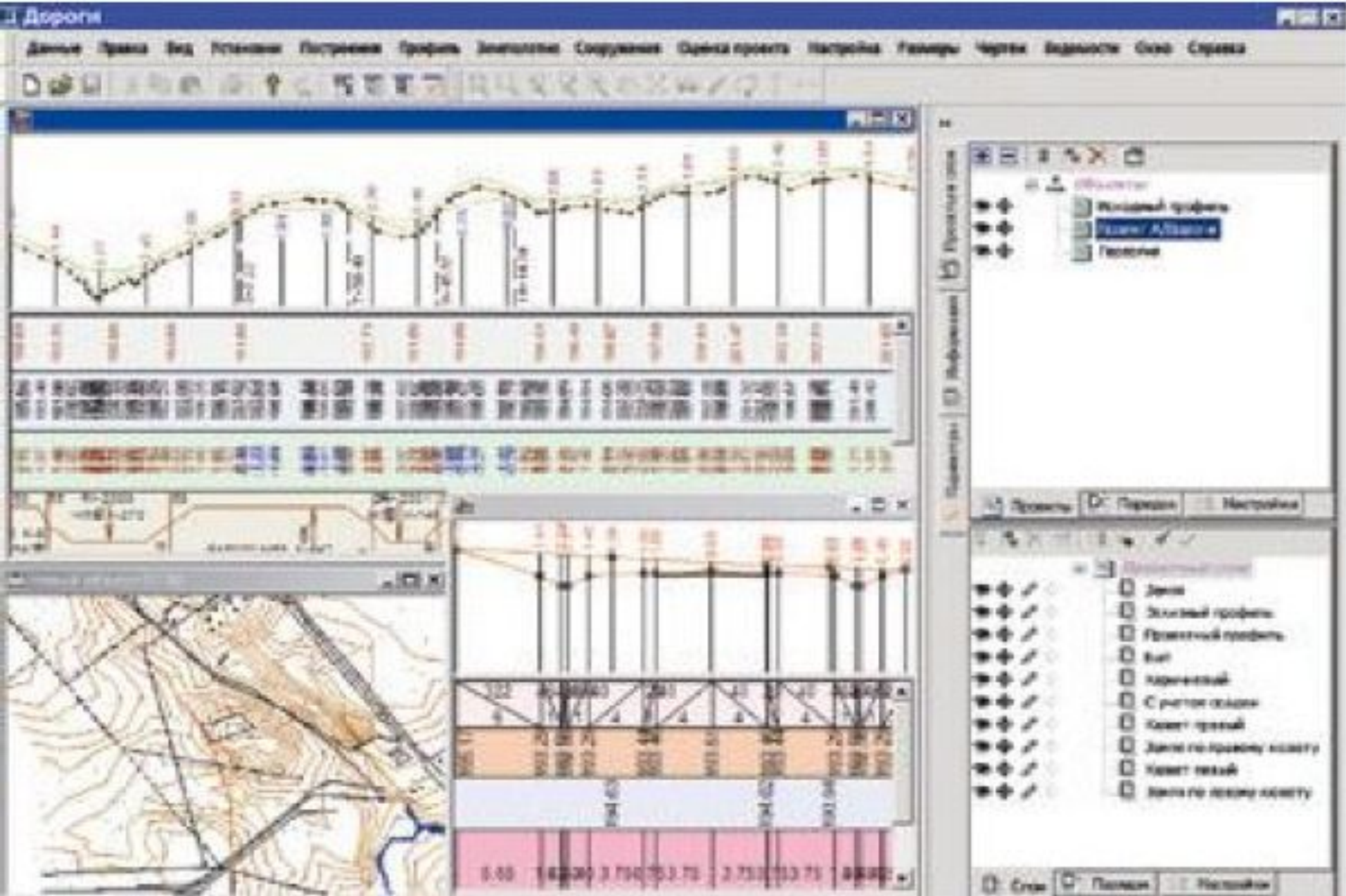
САПР АД CREDO (www.credo-dialogue.com)

развивается с 1989 г. в научно-производственном объединении (НПО) Кредо-Диалог (Минск).

Изначально это был пакет программ по проектированию ремонта дорожных покрытий. Название этой системы проектирования сохранилась с тех времен по аббревиатуре слов: **Капитальный РЕмонт Дорожных Одежд.**

С CREDO во многих дорожных проектных организациях России начался процесс комплексной автоматизации работ.

В 1999 г. Кредо-Диалог приступила к разработке системы CREDO 3-го поколения под управлением ОС Windows.

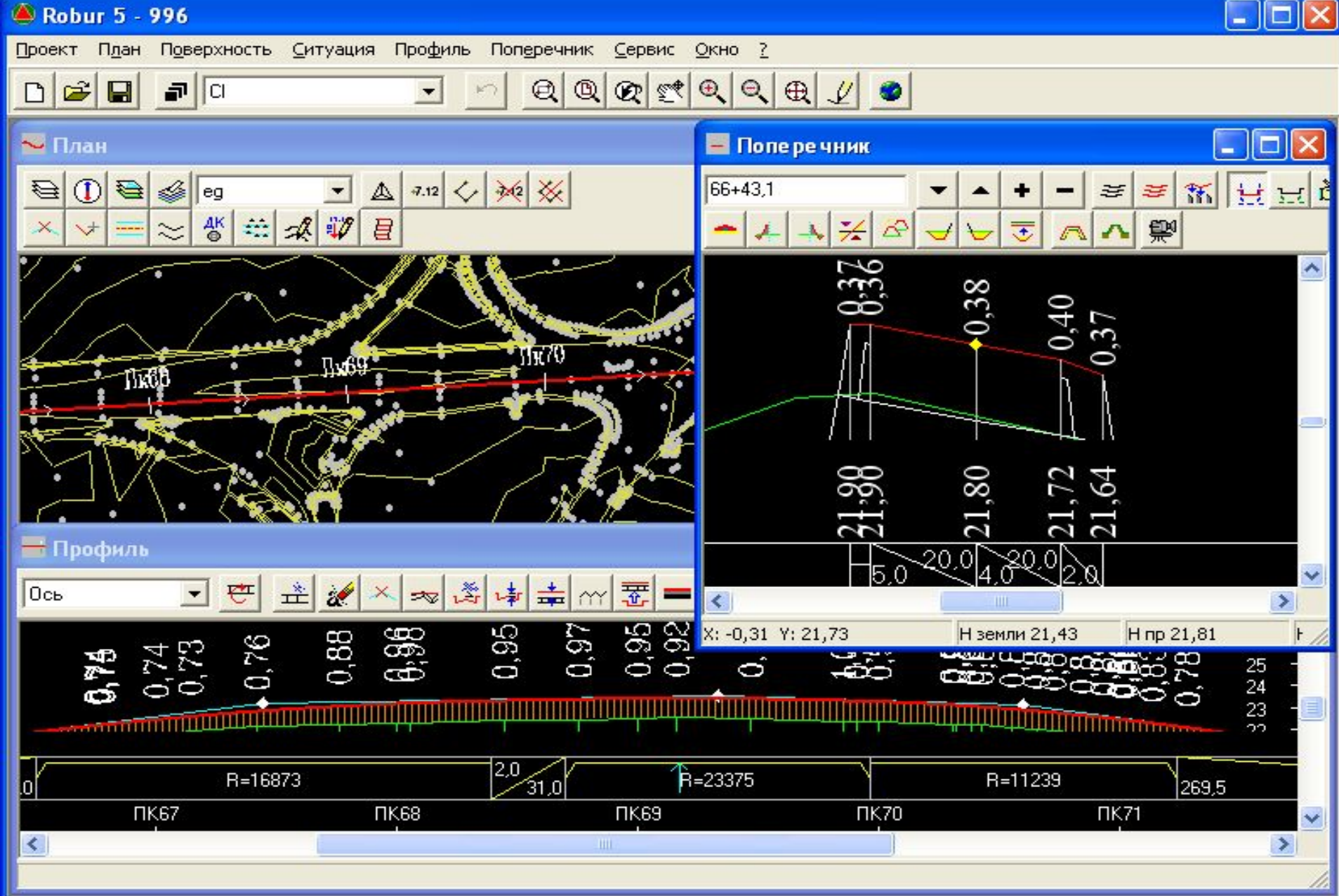


САПР "Дороги" от НПО Кредо-Диалог

САПР АД Robur разрабатывается в научно-производственной фирме **Топоматик** (г. Санкт-Петербург).

Robur имеет три рабочих окна: План, Профиль и Поперечник (см. рис. 1.5), что позволяет вести проектирование трассы как пространственного объекта.

Robur позволяет проектировать **городские дороги и улицы**.



Система Robur в трехконном режиме

САПР

АД

IndorCAD/Road

(www.indorsoft.ru) развивается с начала 90-х годов.

До 2003 г. система разрабатывалась в Инженерном дорожном центре "Индор" (г. Томск) и называлась **ReCAD** (по аббревиатуре слов РеКонструкция Автомобильных Дорог). В 2001 г. была завершена разработка системы **ReCAD 3-го поколения** под управлением **ОС Windows**.

В 2003 г. система **ReCAD** была передана для дальнейшего развития в специализированную фирму по разработке программного обеспечения «ИндорСофт» и переименована в систему **IndorCAD/Road**.

В состав **IndorCAD** входят:

- **RoAD** (Автомобильные дороги),
- **Топо** (Топография),
- **Rail** (Железные дороги),
- **Pipe** (Трубопроводы),
- **Site** (Генеральные планы).

IndorCAD/Road совместно с системой подготовки чертежей **IndorDraw** является универсальным программным комплексом по проектированию автомобильных и городских улиц и дорог.

Легенда слоёв

Панели инструментов

Трёхмерный вид

Редактор продольного профиля

План дороги

Редактор поперечного профиля

Поперечный профиль

Продольный профиль

Строка статуса

Редактор верха земляного полотна

ПК+	РПП, м/%	ПЧП, м/%
30+08,18	1,500	8,500
30+10,00	1,500	8,500
30+15,00	1,500	8,500
30+20,00	1,500	8,500
30+25,00	1,500	8,500

ПК=33+65,00 Н_{р.} м=1,59 i_{п.}%=6,94 R_{к.} м=37656,90 Масштаб 1:20 Насыпь/выемка= 97,1%/2,9% Н_{р.ср.} м=0,831

Система IndorCAD/Road в режиме полиэкрана

САПР AutoCAD Civil 3D – компании «AUTODESK, Inc» США (www.autodesk.ru/civil3d), предназначена для проектирования генпланов и линейных сооружений инфраструктуры.

Модули AutoCAD Civil 3D 2008:

«КАРТА»

(встроенная оболочка ГИС AutoCAD MAP 3D 2008 для обработки картографического материала)

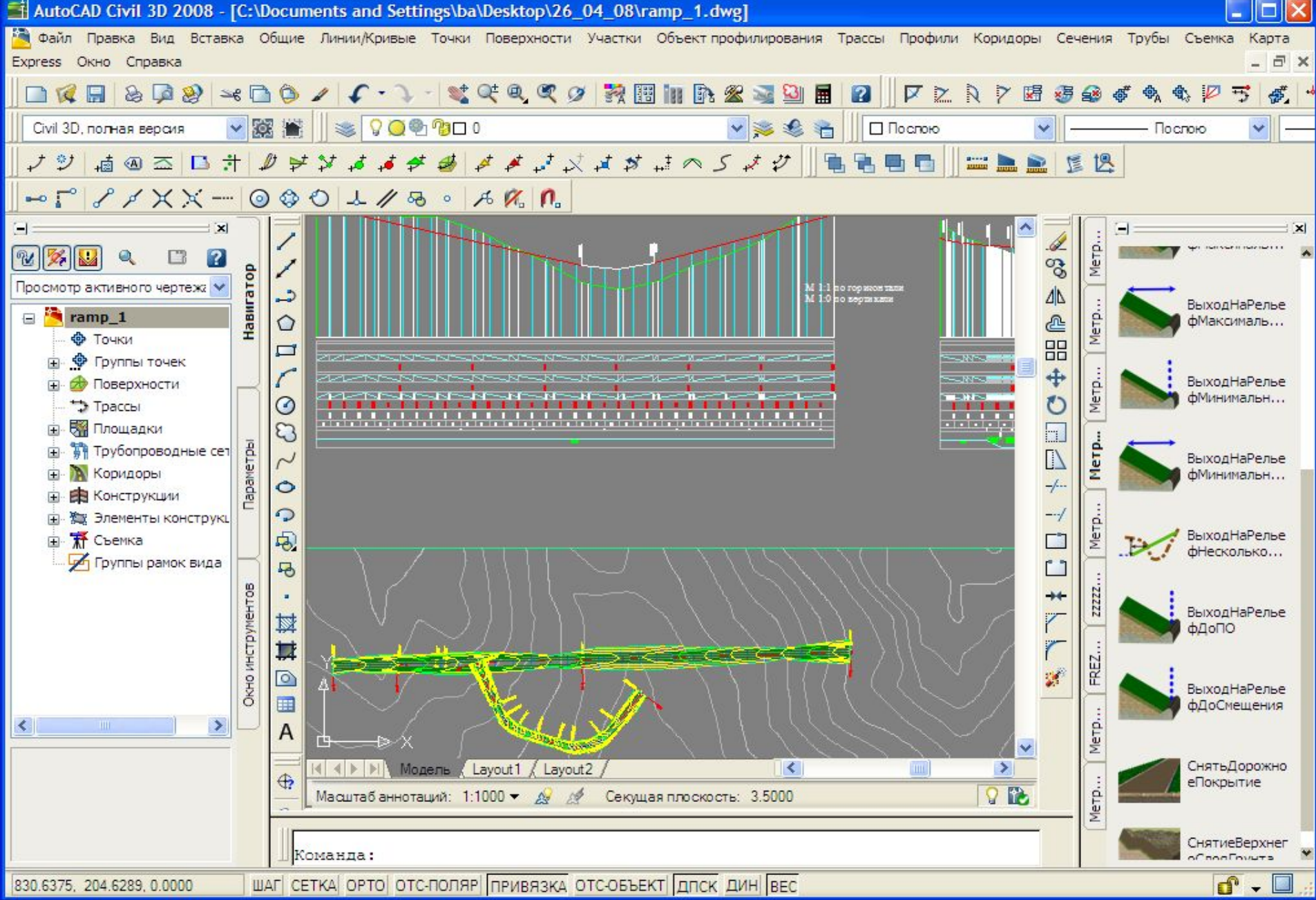
подготовка исходной информации для проектирования
формирование цифровой модели местности (ЦММ)

«ТРАССЫ» «ПРОФИЛИ» «КОРИДОРЫ» «СЕЧЕНИЯ»

Трехмерное, динамическое, интерактивное проектирование объектов.
Динамический подсчет объемов работ.

«ОБЪЕКТ ПРОФИЛИРОВАНИЯ»

Динамическое проектирование вертикальной планировки объектов сложной конфигурации.
Оптимизация и подсчет объемов планировочных работ



САПР AutoCAD Civil 3D

Применение САПР АД позволяет:

- **повысить качество** проектных решений,
- **уменьшить трудоемкость,**
- **сократить сроки** выполнения проектных работ.

Повышению качества проектных решений способствует:

1. Использование **более точных методов расчетов,** не применяющихся при ручных расчетах ввиду своей сложности и трудоемкости.

2. Применение **методов математической оптимизации.**

3. **Увеличение количества** рассматриваемых **вариантов** проектных решений.

4. Возможность **моделирования работы дороги.**

5. **Уменьшение вероятности ошибок** при обработке **материалов изысканий,** выполнении расчетов, а также **чертежно-графических и оформительских работ.**

Сокращение трудоемкости и сроков обеспечивается за счет:

- автоматизации вычислительных и чертежно-графических работ,
- уменьшения затрат времени на поиск и обработку информации, а также на обмен информацией между отдельными исполнителями и подразделениями проектной организации.

При использовании САПР АД сроки проектных работ сокращаются не менее чем на 20-25% с соответствующим ростом производительного труда.

При этом размеры капиталовложений в строительство автомобильных дорог и материалоемкость проектных решений оказываются на 10-15 % меньше, чем эти же показатели, полученные при применении традиционной технологии.

Тема : «Технология проектирования дорог с использованием САПР АД»

Технология автоматизированного проектирования автомобильных дорог и сооружений на них представляет собой **совокупность правил, определяющих действия инженера при решении проектной задачи в строго определенной последовательности, с минимальными затратами при комплексном использовании** всех составляющих **САПР-АД.**

Тема : «Технология проектирования дорог с использованием САПР АД»

Технология зависит от следующих факторов:

- **особенностей** имеющейся в проектной организации **САПР АД**;
- **категории** проектируемой **дороги**,
- **протяженности** проектируемой **дороги**;
- сложности **природных условий** в районе проектирования;
- **стадии проектирования**;
- особенностей **материалов**, полученных в результате **изысканий**.

Тема : «Технология проектирования дорог с использованием САПР АД»

Существующие САПР АД предлагают схожую технологию проектирования, основанную на следующих положениях:

1. Наличие информации о рельефе, ситуации и геологическом строении местности в виде математической цифровой модели местности (ЦММ), которая используется на всех этапах проектирования.
2. Соблюдение технологической последовательности основных этапов проектирования.
3. Автоматизация расчетных, чертежно-графических работ, получение результатов в табличном виде на всех этапах проектирования.

Тема : «Технология проектирования дорог с использованием САПР АД»

- 4. Системное использование** всех средств обеспечения САПР.
- 5. Диалоговый режим** взаимодействия инженера-проектировщика с компьютером в процессе разработки проекта.
- 6. Оптимизация проектных решений** на основе методов экономико-математического моделирования, многовариантной проработки проектных решений в целом по дороге и по отдельным конструктивным элементам.
- 7. Оценка проектных решений** по комплексу количественных и качественных показателей как на промежуточных этапах проектирования, так и на окончательном этапе.
- 8. Корректировка**, при необходимости, проектных решений.

Тема : «Технология проектирования дорог с использованием САПР АД»

Технологическая последовательность:

1. получение цифровых моделей рельефа (ЦМР), ситуации (ЦМС) и т.д.,
2. проектирование вариантов плана трассы на основе цифровой модели местности,
3. проектирование водопропускных сооружений,
4. определение основных проектных решений по транспортным развязкам, мостам, путепроводам через железные дороги и т.д.,
5. проектирование дорожной одежды,
6. проектирование продольного профиля,
7. проектирование земляного полотна и дорожного водоотвода,

Тема : «Технология проектирования дорог с использованием САПР АД»

8. **оценка проектных решений,**
9. **оценка воздействия дороги на окружающую среду,**
10. **проектирование элементов инженерного обустройства,**
11. **оценка экономической эффективности принятых проектных решений,**
12. **оформление проектной документации по объекту проектирования.**

После этого, используя **полученные для каждого варианта** технико-экономические, транспортно-эксплуатационные и экологические **показатели,** выбирают **наиболее выгодный** из них.

Тема : «Состав комплекса CREDO»

Комплекс CREDO состоит из следующих систем и дополнительных задач:

- **CREDO DAT** – «Инженерная геодезия», система, обеспечивающая сбор и обработку топографической информации. Дополнительные задачи:
- **ТРАНСКОР** – преобразование геоцентрических, геодезических, прямоугольных координат,
- **АСТРО** – обработка определения астрономического азимута,
- **ЗЕМПЛАН** - программа для расчета площадей земельных участков, создания и вывода на печать графических и текстовых документов при инвентаризации земель;
- **CREDO LIN** – «Линейные изыскания», система обработки линейных изысканий при проектировании линейных объектов – дорог, трубопроводов, ЛЭП и т.д., получения профилей трубопроводов;

Тема : «Состав комплекса CREDO»

CREDO DAT – «Инженерная геодезия»

Скриншот интерфейса программы CREDO DAT, работающей над проектом «Лосанжел». Интерфейс включает меню, панель инструментов, панель инструментов объектов (Пункты, Дирекц., Измер., Теодол., Нивели., Топогр.), панель выбора типа съемки (ПВО, Тахеометрия, Приемы) и таблицу параметров станций.

Станция	Инструмент
3	Default
В	Default
1	Default
2	Default
A	Default

Основное рабочее пространство отображает топографический план местности с контурами, линиями и объектами (GRANT BDY, CHATSWORTH RESERVOIR, SPILL, Oil Tank). На плане нанесены три пункта (1, 2, 3) и две станции (A, B) с измерительными линиями, соединяющими их.

Открыто окно «Genot - проект_лосанжел_ассику.crd» с таблицей измерений:

Пункт	M	Mx	My	A	B	α
1	2	3	4	5	6	7
1	0.033	0.027	0.020	0.027	0.019	164°36'06.19"
2	0.035	0.028	0.020	0.030	0.017	25°45'20.22"
3	0.029	0.023	0.017	0.024	0.016	20°42'28.61"

В нижней части экрана отображена таблица параметров измерений:

Цель	Гор. лимб	Расстояние	Класс (NE)	Метод определен
1	1'00'00.00"		1-разряд	Горизонтальное г
2	1'00'00.00"		1-разряд	Горизонтальное г
3	1'00'00.00"	1.000	1-разряд	Горизонтальное г
A	1'00'00.00"		1-разряд	Горизонтальное г

Тема : «Состав комплекса CREDO»

- **CREDO TER – Цифровая модель местности»,** система создания и представления цифровой модели местности (ЦММ);
- **CREDO GEO – «Объемная геологическая модель»,** система формирования математической пространственной модели геологического строения площадки или полосы изысканий;
- **CREDO PRO – «Геометрическое проектирование»,** интерактивное проектирование горизонтальной планировки объектов промышленного, гражданского, автодорожного и железнодорожного строительства;
- **CREDO MIX – «Цифровая модель проекта»,** решение задач проектирования горизонтальной и вертикальной планировки генеральных планов и транспортных сооружений;

Тема : «Состав комплекса CREDO»

CREDO TER – Цифровая модель местности»

The screenshot displays the CREDO TER software interface. At the top, there is a menu bar with options: ? FL, Данные, Рельеф F2, Ситуация F3, Трасса F4, Чертеж, Параметры F5, and Выход F10. Below the menu bar is a toolbar with buttons: Площадные объекты, Создать, Копия рельефа, Изменить, Удалить, Заполнить, Контроль, Восст.заполнение, and a double vertical bar icon.

The main window shows a topographic map with a river (blue) and a road (grey). The map is overlaid with a grid and various colored areas (green, blue, cyan). A vertical toolbar on the left contains icons for navigation and editing, labeled with letters and symbols: ▲ PU, ▼ PD, ▶ ^PU, ◀ ^PD, ↻ TPU, ^Z, ⦿, F6, <<, ^F6, F7, M:, F8, ⌘, ^F9, [R], and ^R.

On the right side, there is a smaller inset map showing the current view area within a larger context. Below the inset map is a control panel with buttons: ⦿, <<, ⌘, ALL, [R], and M:.

The data panel on the right contains the following information:

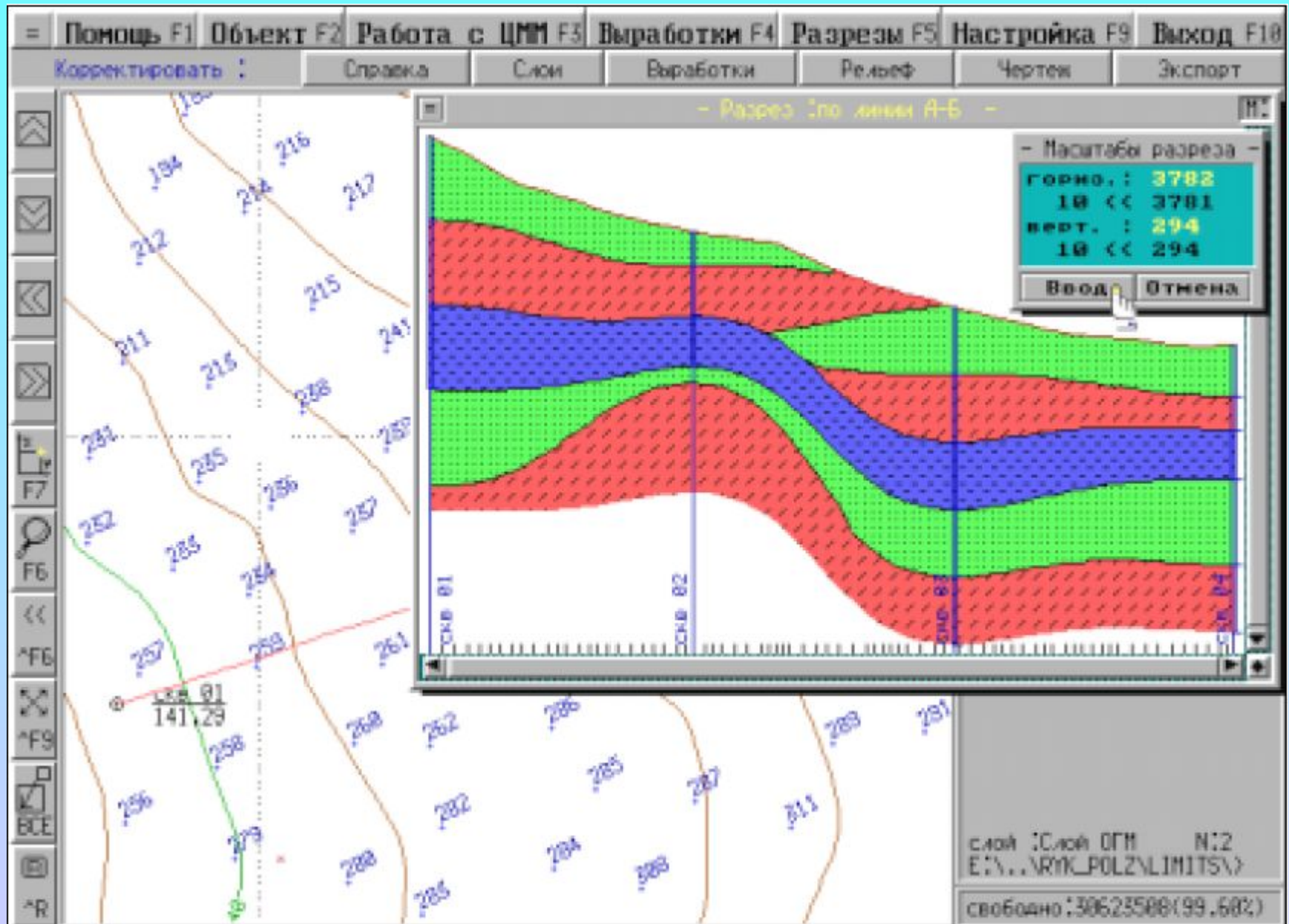
- Масштаб 1: 2266
- X /м/= 554.064
- Y /м/= 605.785
- H /м/ [по "h"]
- пикет [по "p"]
- от оси [по "p"]
- Д.угол [для]
- R [резин.]

At the bottom of the data panel, it shows: layer : DEFAULT and free mem: 4009428(84.86%).

At the very bottom of the interface, there is a button labeled: Попадите в КОНТУР СИТУАЦИИ.

Тема : «Состав комплекса CREDO»

CREDO GEO – «Объемная геологическая модель»



Тема : «Состав комплекса CREDO»

CREDO PRO – «Геометрическое проектирование»

☰ ? FL Данные Слои План Чертеж Настройка Выход
G_System (c) 1994,98 Credo-Dialogue Minsk /0-172/ 649-087 U 3.01

▲ PU
▼ PD
▶ ^PU
◀ ^PD
↔ TP
⊕
^Z
⊙
F6
◀◀ ^F6
XY
F7
M:
F9
↔ ^F9
Ⓜ
^R

Масштаб 1: 5732
X = -6580.189
Y = 2609.894
А.угол
R
Радиус
A k1
St +
dX
dY
Оси дорог
F:\DEMCREDO...L_PRO\ROADS\
free mem: 30701516(99.55%)

Тема : «Состав комплекса CREDO»

CREDO MIX – «Цифровая модель проекта»

The screenshot displays the CREDO MIX software interface. At the top, there is a menu bar with options: ?H, Данные, Слой, План, Поверхности, Чертеж, Настройка, and Выход. Below the menu bar, a secondary bar shows the current plan: План: Петля, Блоки, Т.П.83, Т.П.объекта, Т.П.размеров, Т.П.разрезов, and Активный объект.

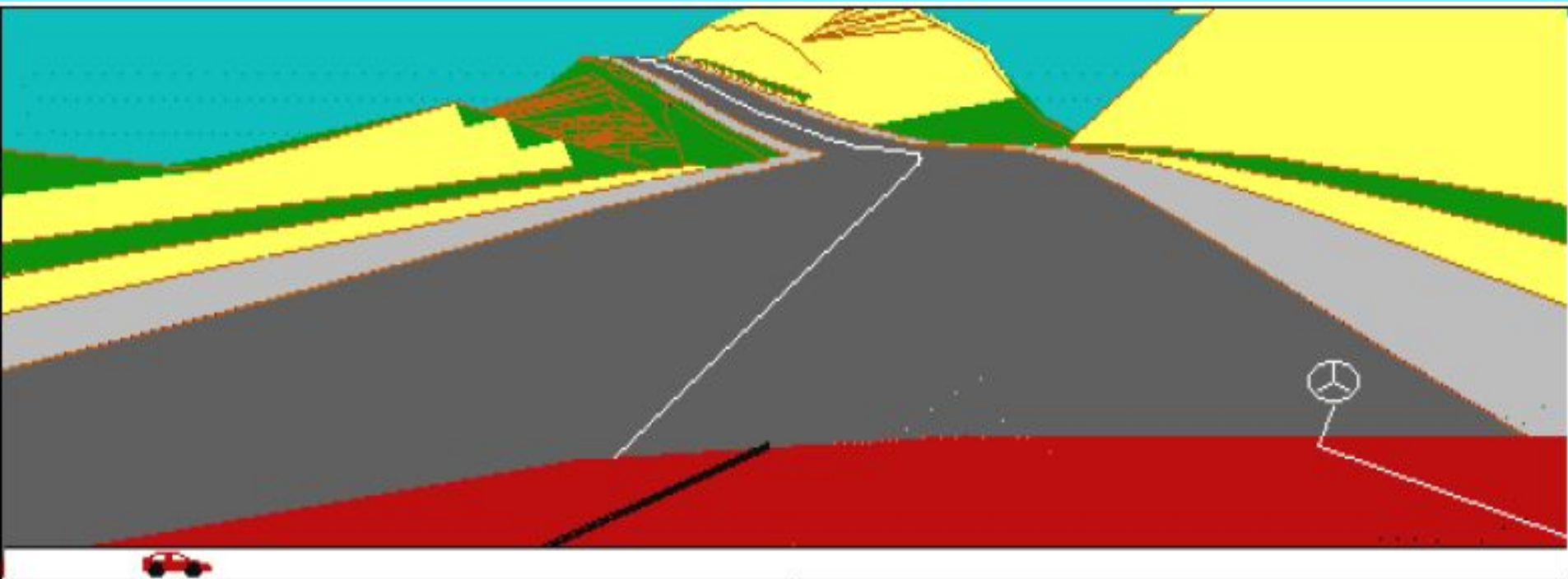
The main workspace shows a 2D site plan with various utility lines (red, blue, green) and building footprints (black outlines). The plan is labeled with numbers 2, 3, 4, 5, and 6. The word "улицы" is visible at the bottom left. The interface includes a toolbar on the left with icons for navigation and editing, and a right-hand panel with a small 3D view and a data table.

Масштаб	1: 631
X	= 9958.184
Y	= 5194.868
Д.угол	
R	
Радиус	
R k1	
St +	
dX	
dY	
Ограда	
Д:\ТАНА\DEMCREDO\ISTRAN\	
free mem: 66676136(99.57%)	

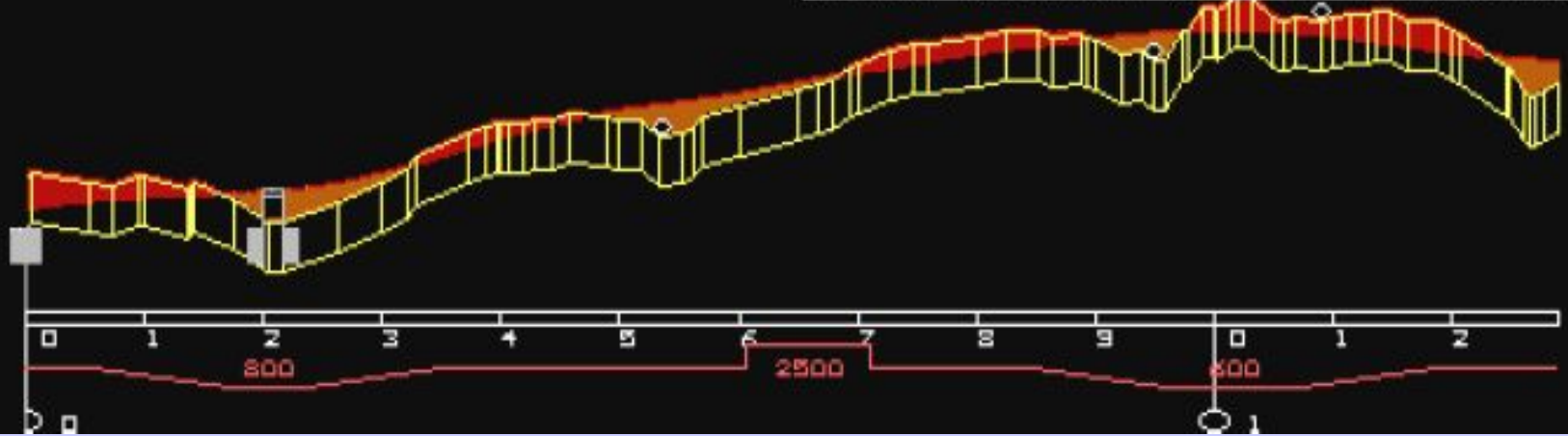
Видимая часть элемента
объект или трасса ?

Тема : «Состав комплекса CREDO»

CAD CREDO – «Проектирование автомобильной дороги»



Credo Dialogue © Minsk (0472) 648-700



Тема : «Состав комплекса CREDO»

- **CAD CREDO – «Проектирование автомобильной дороги»**, система проектирования нового строительства и реконструкции автомобильных дорог II – V технических категории.

Дополнительные задачи:

- **ОТКОС** – 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,
- **ZНАК** - проектирование индивидуальных дорожных знаков.

Тема : «Состав комплекса CREDO»

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;

Тема : «Состав комплекса CREDO»

- **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;

Исходные данные для проектирования могут быть получены:

- **из** введенных вручную журналов поперечного нивелирования в "**CREDO LIN** " и таблиц, описывающих геометрию трассы;

Тема : «Состав комплекса CREDO»

- из результатов трассирования по **Цифровой Модели Местности в CREDO TER, CREDO PRO, CREDO MIX** и экспорта трассы в CAD CREDO (CREDO LIN); текстовые файлы открытого обменного формата, данные об интенсивности и составе движения.

Результатами проектирования являются :

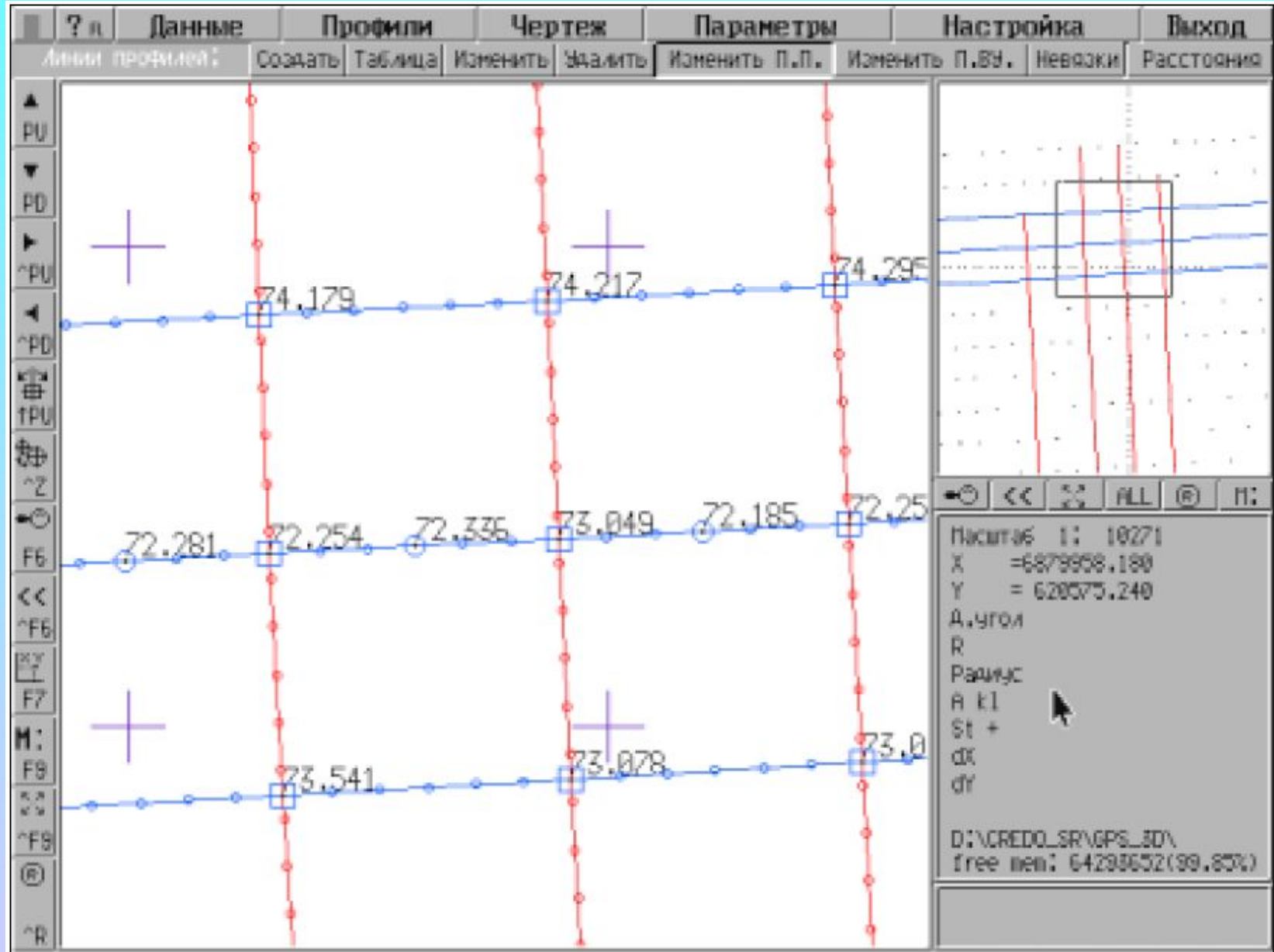
чертежи, ведомости, таблицы, эпюры, в том числе в формате DXF. В системы CREDO MIX, CREDO TER, CREDO PRO передаются цифровые модели проектной поверхности и полей распределения вредных веществ, картограммы выравнивания и т.д.

Тема : «Состав комплекса CREDO»

- **CREDO SR – «Геодезия в сейсморазведке»**, система автоматизированной обработки геодезических данных при производстве разведочных работ геофизическими методами, требующими создания (привязки) геофизических профилей;
- **TRANSFORM – «Трансформация растровых картматериалов»**, система трансформации и координатной привязки растровых картматериалов;
- **SYMBOL – «Редактор условных знаков»**, программа для создания и редактирования условных знаков топографических планов и строительных чертежей;
- **МОСТ – «Конструирование мостовых сооружений»** проектирование мостового полотна, пролетного строения, опор, сопряжения моста с насыпью подходов, регуляционных сооружений;

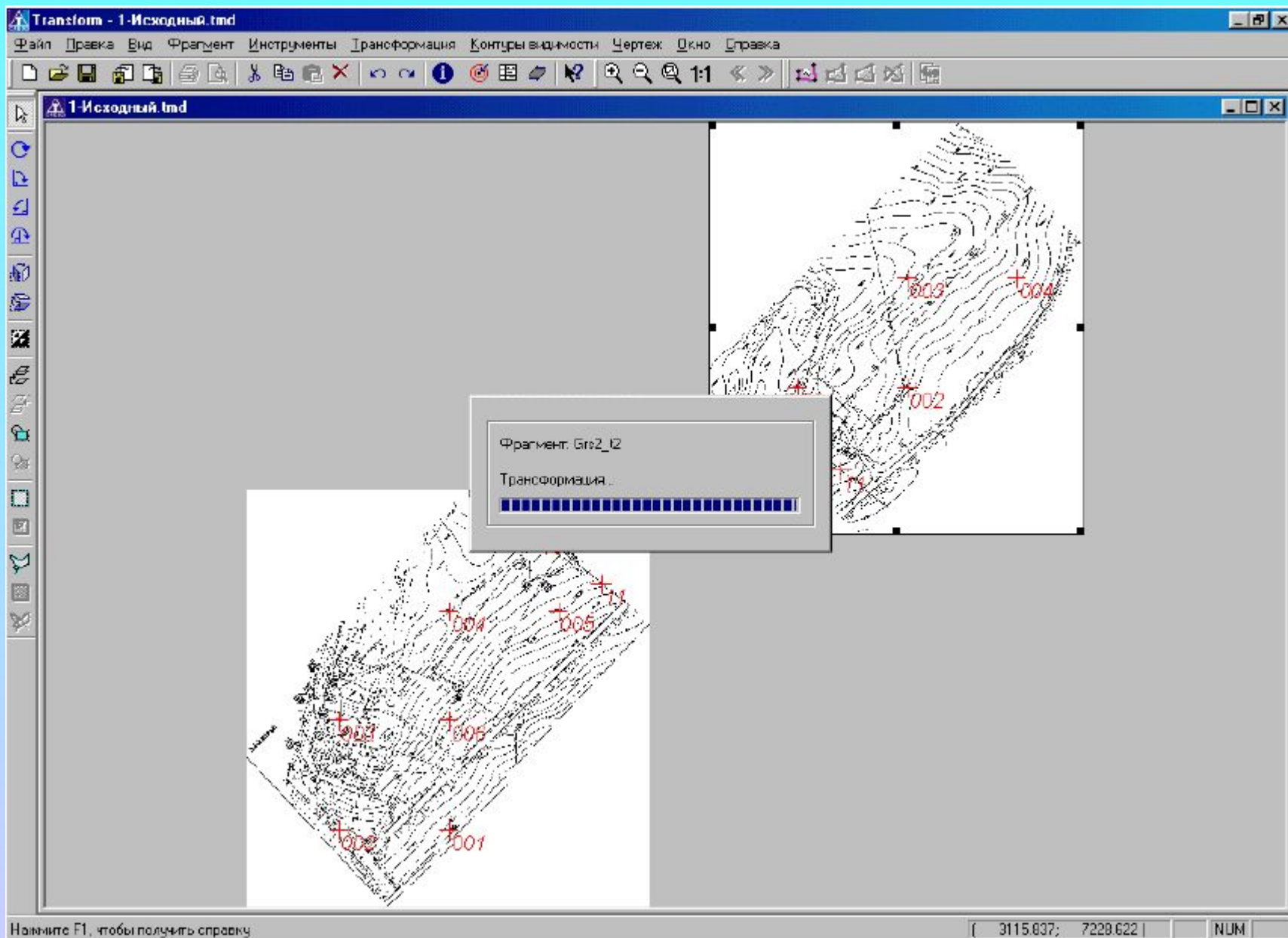
Тема : «Состав комплекса CREDO»

CREDO SR – «Геодезия в сейсморазведке»



Тема : «Состав комплекса CREDO»

TRANSFORM – «Трансформация растровых картматериалов»

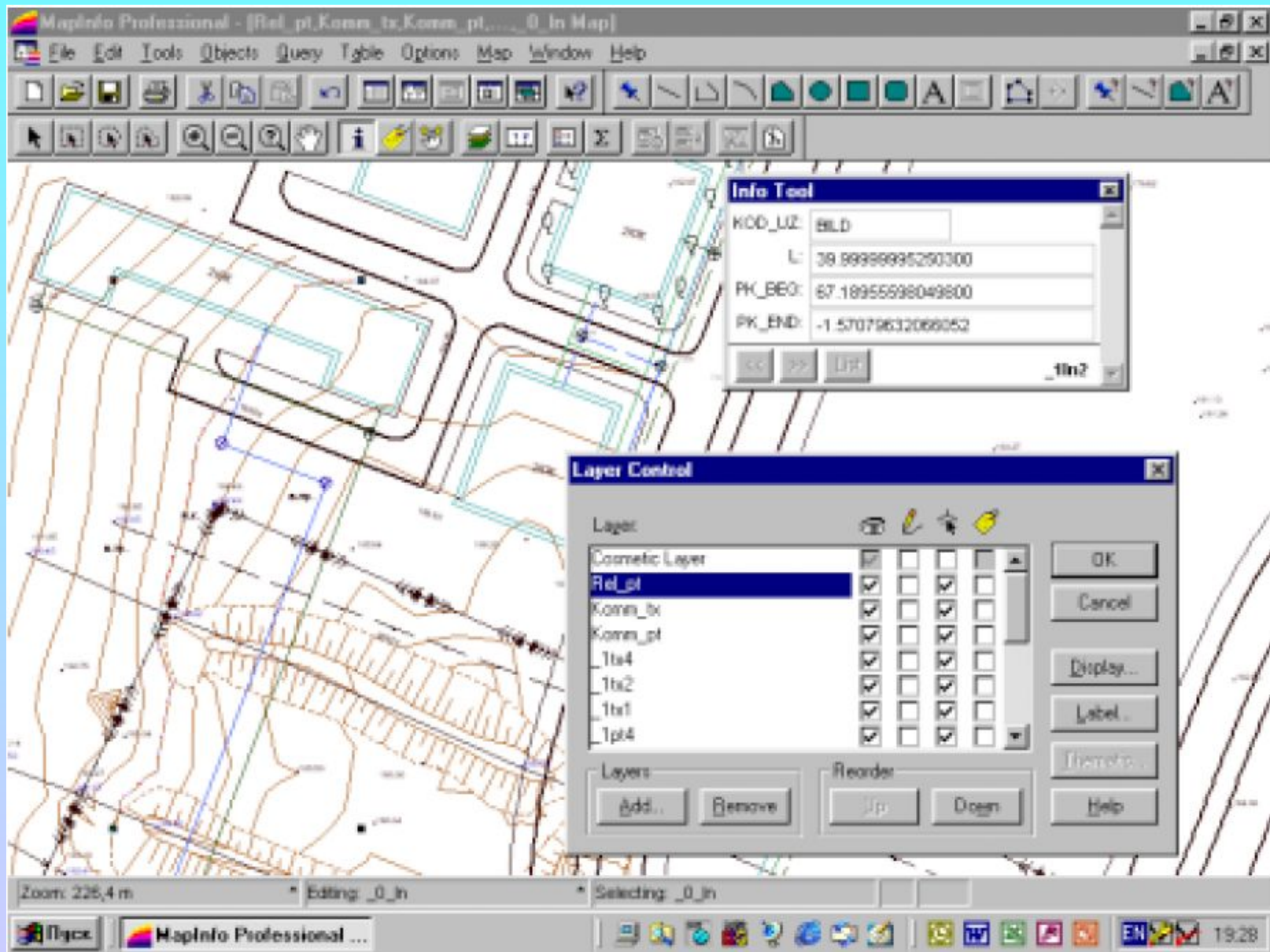


Тема : «Состав комплекса CREDO»

- **СЕТИ – «Проектирование инженерных коммуникаций»**, проектирование продольных профилей наружных коммуникаций : канализации, напорных сетей водопровода, теплотрассы, газопровода.
- **ГИС ЭКСПОРТ – «Экспорт данных в форматы геоинформационных систем»**, программа для конвертирования данных CREDO по ЦММ и геометрии проекта в форматы геоинформационных систем.

Тема : «Состав комплекса Credo»

ГИС ЭКСПОРТ – «Экспорт данных в форматы геоинформационных систем»



Тема : «Интерфейс CREDO»

Интерфейс CREDO использует стандартизированные компоненты CUA (Common User Access): кнопочное меню функций и операций, панели ввода и диалога, всплывающие окна и т.д. Он имеет много общего с интерфейсом аналогичных или универсальных систем, например, Windows.

Большую часть экрана занимает **рабочее окно**, в котором отображаются проектная линия, информация об уклонах и закруглениях, а также процессы, происходящие при работе с объектом.

Вертикальные кнопки рабочего окна (**кнопки управления рабочим окном**) предназначены для реализации некоторых сервисных возможностей, что позволяет **управлять визуализацией объекта** проектирования в любой момент работы. Они доступны в процессе текущего построения.

Тема : «Интерфейс CREDO»

Кнопки управления рабочим окном

Выпадающее меню функций

Область кнопок ПРОЦЕДУР

Справка F1 Вид работ F3 Условия работы F4 Выход F10

выбор

1. Просмотр
2. Руководящие отметки
3. Опорные точки
4. Прямые

МАСШТАБ
верт. 1: 500
гориз. 1: 5000

Пикет
Отметка Рук.отм
Сущ.отм

Информационное окно

Рабочее окно

Окно навигации

Наименование активной функции

Работа : Просмотр контрольных отметок

The interface displays a technical drawing of a road profile with various annotations and data points. The drawing includes a yellow profile line, a dashed horizontal line, and a red step function. A menu is open over the drawing, and a navigation window is visible at the bottom. The status bar at the bottom indicates the current function is 'Просмотр контрольных отметок'.

Тема : «Интерфейс CREDO»

 PU	Перемещение вправо по профилю – [Page Up]
 PD	Перемещение влево по профилю – [Page Down]
 Hm	Возврат к первому пикету объекта – [Home]
 End	Переход к последнему пикету объекта – [End]
 F9	Выбор фрагмента изображения – [F9]
 ↑PU	Перемещение вправо по узловым точкам – [Shift] + [Page Up]
 ↑PD	Перемещение влево по узловым точкам – [Shift] + [Page Down]
 Del	Удаление элементов проектной линии – [Delete]
 F7	Позиционирование курсора в точку – [F7]
 ^R	Перерисовка объекта – [Ctrl] + [R]

Тема : «Интерфейс CREDO»

Пользователь имеет возможность:

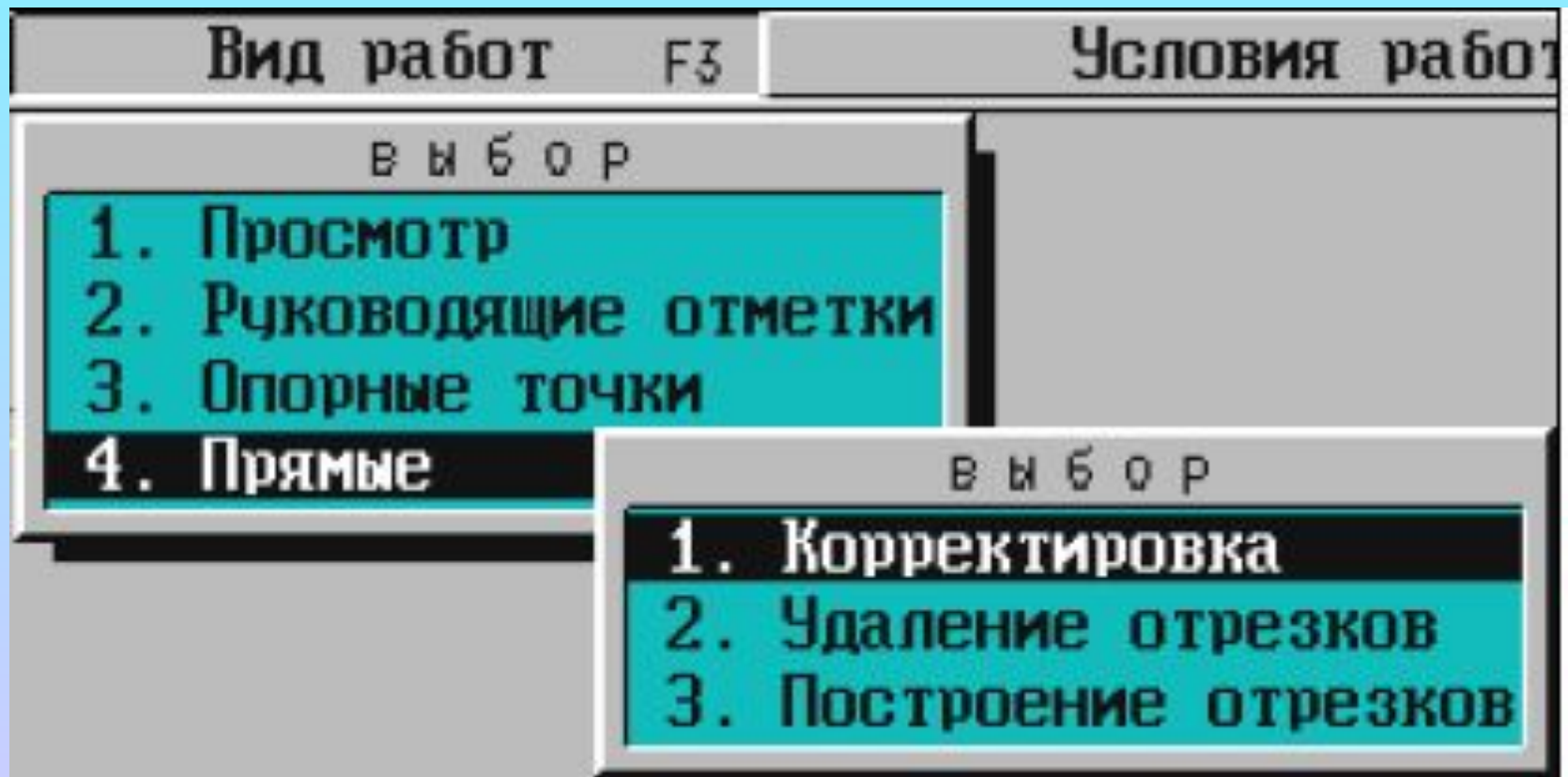
- Перемещать рабочее окно по объекту.
- Выбирать масштаб изображения в рабочем окне.
- Обновлять, перерисовывать изображение в рабочем окне и так далее.

В окне навигации отображается **весь объект**, а также **прямоугольник**, в границах которого проектная линия отображается **в данный момент в рабочем окне**. Окно навигации помогает ориентироваться на объекте, определить расположение рабочего окна. Прямоугольник перемещается на выбранный участок, и он отображается в рабочем окне.

В нижней части окна навигации расположена строка, в которой приводится **наименование активной функции**.

Тема : «Интерфейс CREDO»

В верхней части экрана расположена область кнопок процедур. При активизации одной из них на экране появляется выпадающее меню функций, соответствующих данной процедуре. После активизации выбранной функции появляется второй ряд кнопок с названиями операций.



Информационное окно служит для отображения **текстовой и цифровой информации**, прежде всего:

- наименование активной трассы, если ее имя задано;
- имя и номер текущего активного слоя ЦММ;
- объем свободной оперативной памяти;
- текущий масштаб изображения в рабочем окне;
- плановые координаты текущего положения курсора;
- отметка поверхности в точке текущего положения курсора;
- расстояние и дирекционный угол при построениях и т.п.

Тема : «Основные возможности и функции комплекса CREDO»

CREDO - ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ОБРАБОТКИ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ, ЦИФРОВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МЕСТНОСТИ, ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГЕНПЛАНОВ И АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ.

Разработчик - НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ КОМПАНИЯ “КРЕДО-ДИАЛОГ”.

Web-сервер CREDO: <http://www.credo-dialogue.com>

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ КОМПЛЕКСА CREDO

Функции модулей CREDO предоставляют возможность:

- сбора и обработки топогеодезической информации, полученной разными методами – электронными геодезическими приборами различных типов, традиционными методами линейных и площадных изысканий, сканированием существующих картматериалов, использованием данных из других**

Тема : «Основные возможности и функции комплекса CREDO»

- формирования Цифровых Моделей Местности (ЦММ) инженерного назначения и представления их для дальнейшего использования в “бумажном” виде (планшеты или листы) и “электронном” (различные выходные форматы);**
- создания Объемной Геологической Модели Местности на основе методики, позволяющей одновременно строить и корректировать несколько вертикальных инженерно-геологических разрезов произвольной топологии;**
- проектирования и “ведения” генпланов с использованием ЦММ: детальной планировки, коммуникаций, красных линий, разбивочных и т.д.;**
- проектирования вертикальной планировки и расчета объемов насыпи и выемки объектов промышленного и гражданского строительства;**
- проектирования транспортных объектов практически любой сложности;**

Тема : «Основные возможности и функции комплекса CREDO»

- экспорта данных по запроектированным в плане линейным сооружениям в другие CAD-системы для детального проектирования дорог (CAD_CREDO), газопроводов (GAZNET), водопровода и канализации (КАСКАД);**
 - выполнения полного комплекса проектно-изыскательских работ для проектирования загородных автомобильных дорог II–V технических категорий.**
- Комплекс обеспечивает связь с другими системами с помощью файлов текстового и 2D-, 3D-DXF форматов, что позволяет эффективно вписывать модули CREDO в уже сложившиеся технологические цепочки.**

Тема : «Основные возможности и функции комплекса CREDO»

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.

Тема : «Основные возможности и функции комплекса CREDO»

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.

Основным средством общения с подсистемами CREDO является курсор.

Курсор - специальный символ на экране, **указывающий**, где должна проходить та или иная **операция обработки информации.**

В различных областях экрана курсор имеет **разный вид:**

- **стрелка** - в панелях управления рабочим и навигационным окнами, в области кнопочного меню;
- **простое перекрестие** - в области рабочего окна;
- **перекрестие с окружностью**, ограничивающей зону действия - в области рабочего окна.

В САПР CREDO реализован принцип **“действие - объект”**.

Действием может быть:

- **процедура,**
- **функция,**
- **операция.**

Проектировщик **выбирает необходимое действие** и выполняет его **с любым количеством объектов**, выбирая их интерактивно.

Для **активизации действий** системы необходимо **подвести курсор**, имеющий в зоне кнопочного меню форму стрелки, к нужной кнопке или строке **и нажать левую кнопку мыши**. Отказаться от выбранного действия можно, нажав правую клавишу мыши или клавишу **“Esc”**.

Тема : «Активизация действий в CREDO»

На определенных этапах работы системы на экране дисплея появляются **диалогово-информационные панели** с их внутренними меню.

Параметры

Имя объекта	: а/д.....
Тип линии или номер услов. знака	: 0
Толщина линии мм	: 0.00
Цвет линии	:
Условие сопряжения	: Соблюдать
Отображение пикетов	:
Пикет начала трассы	: 0+ 0.00
Имя точки	:
Начальный номер тчк	: 1
Погреш. апр. плана мм	: 10
Погреш. апр. проф. мм	: 10
Мин. шаг аппроксим.	: 10.0 м
Мак. шаг аппроксим.	: 100.0 м
Протяженность	: 3502.82 м
Пикет конца трассы	: 35+ 2.81

Ok Доп.Инф. Cancel

Тема : «Активизация действий в CREDO»

Работа с ними сводится к редактированию полей запроса и дальнейшему выбору действия из кнопочного меню этой панели. Алфавитно-цифровые данные вводятся с клавиатуры обычным путем. Условные знаки, вид линий, их цвет и другие характеристики выбираются из выпадающего меню, появляющегося после нажатия левой клавиши мыши или клавиши “Пробел”.

После редактирования панелей запроса система ожидает назначения очередного действия с использованием кнопочного меню диалогово-информационных панелей.

Тема : «Активизация действий в CREDO»

Работа с ними сводится к редактированию полей запроса и дальнейшему выбору действия из кнопочного меню этой панели. Алфавитно-цифровые данные вводятся с клавиатуры обычным путем. Условные знаки, вид линий, их цвет и другие характеристики выбираются из выпадающего меню, появляющегося после нажатия левой клавиши мыши или клавиши “Пробел”.

После редактирования панелей запроса система ожидает назначения очередного действия с использованием кнопочного меню диалогово-информационных панелей.

Тема : «Виды ЦММ»

При автоматизированном проектировании автомобильных дорог основным источником информации о местности служат цифровые модели местности (ЦММ).

Их разработка и последующее использование при проектировании дорог требуют в десятки раз меньших затрат времени и трудовых ресурсов по сравнению с получением необходимой информации при использовании топографических планов по обычной технологии (данные инженерных геодезических, геологических, гидрологических изысканий и т.д.).

Цифровая модель местности (ЦММ) — аналитическое (цифровое) описание множества, элементами которого являются топографическая, геологическая и другая специальная инженерная информация о местности и правила обращения с ней.

Тема : «Виды ЦММ»

Эта информация представлена совокупностью пространственных объектов местности с известными плановыми и высотными координатами (X, Y, H) и их характеристиками.

Составными частями цифровой модели местности являются:

- цифровые модели рельефа местности (ЦМР),
- цифровые модели ситуации (ЦМС),
- цифровые модели геологического и гидрогеологического строения местности (ЦМГ);
- цифровые модели распределения экологических параметров на местности (ЦМЭ) и др.

В CREDO (подсистема CREDO-TER) используются ЦМР, ЦМС и ЦМГ.

Тема : «Виды ЦММ»

Все ЦМР по характеру расположения точек на них разделяют на три группы:

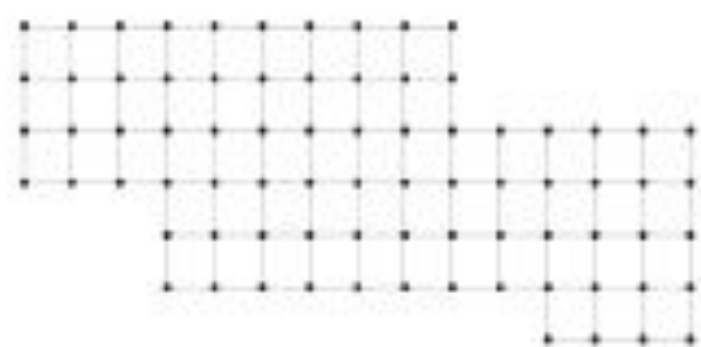
- *регулярные,*
- *нерегулярные,*
- *статистические.*

Регулярные ЦМР

Регулярные - модели, в которых информация размещается в узлах регулярных сеток: квадратных, прямоугольных.

+ - точность аппроксимации (приближения) что позволяет достичь при моделировании практически любой точности представления поверхности.

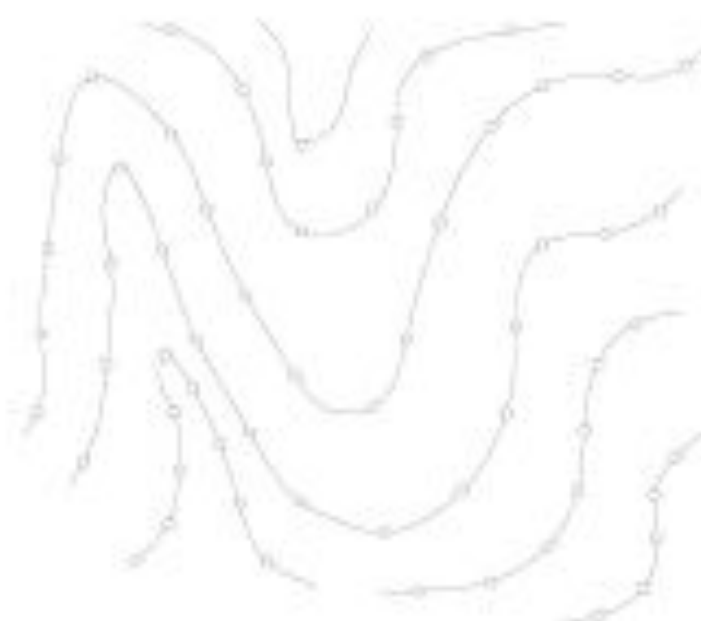
- при уменьшении шага сетки резко возрастает объем информации и время на ее обработку увеличивается. При высокой плотности точек увеличивается время на подготовку и ввод исходных данных для проведения расчетов.



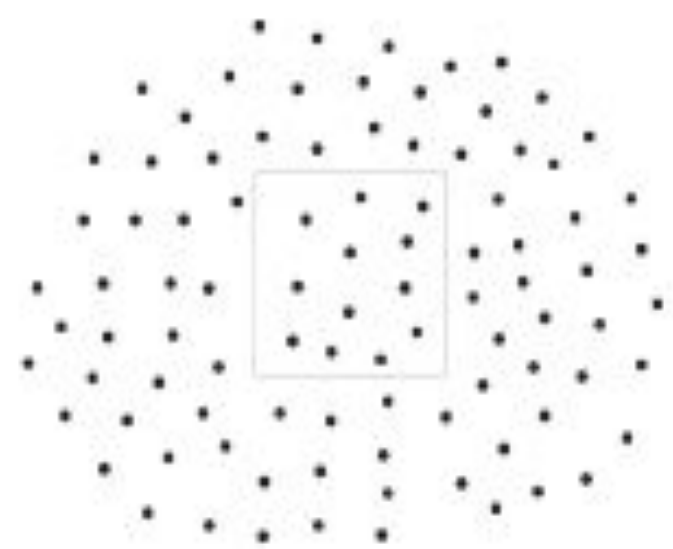
а)



б)



в)



г)

Рис. 3.1. Виды цифровых моделей рельефа:
 а) регулярные; б) на поперечниках к магистральному ходу;
 в) на горизонталях; г) статистические

Тема : «Виды ЦММ»

Регулярные ЦМР относительно достоверно моделируют рельеф только **на пологих** участках местности **с однородным рельефом**.

В САПР более широкое применение находят **нерегулярные ЦМР**, которые представлены несколькими типами:

- **на поперечниках к магистральному ходу;**
- **на горизонталях;**
- **на структурных линиях;**
- **триангуляционная ЦМР.**

ЦМР на поперечниках к магистральному ходу использовались в начальный период перехода к автоматизированным технологиям проектирования. Исходная информация о местности собиралась с помощью традиционных технологий изыскательских работ и их результаты были представлены в полевых журналах.

Тема : «Виды ЦММ»

Поперечники к магистральному ходу, как основу для ЦМР, чаще всего строят при трассировании **линейных сооружений** и при проектировании их **реконструкции**.

ЦМР на горизонталях составляются при наличии крупномасштабных планов в горизонталях. Исходные точки размещаются в таких моделях на горизонталях через определенные интервалы длины. Точки переносят в память компьютера при прорисовке горизонталей, обрабатывая либо бумажные топографические карты и планы, либо их отображения на мониторе компьютера.

ЦМР на структурных линиях строится по точкам математической модели, размещающихся в характерных изломах местности с учетом особенностей рельефа и ситуации. Структурные линии — это лоцины, хребты, бровки склонов, оврагов. Характерные линии местности — это границы лесов, болот, озер, сельхозугодий, землеустроительные межи, дороги, ограждения.

Тема : «Виды ЦММ»

Триангуляционная ЦМР используется для моделирования рельефа, представляет собой упорядоченное множество треугольных граней, построенных на точках — вершинах треугольников.

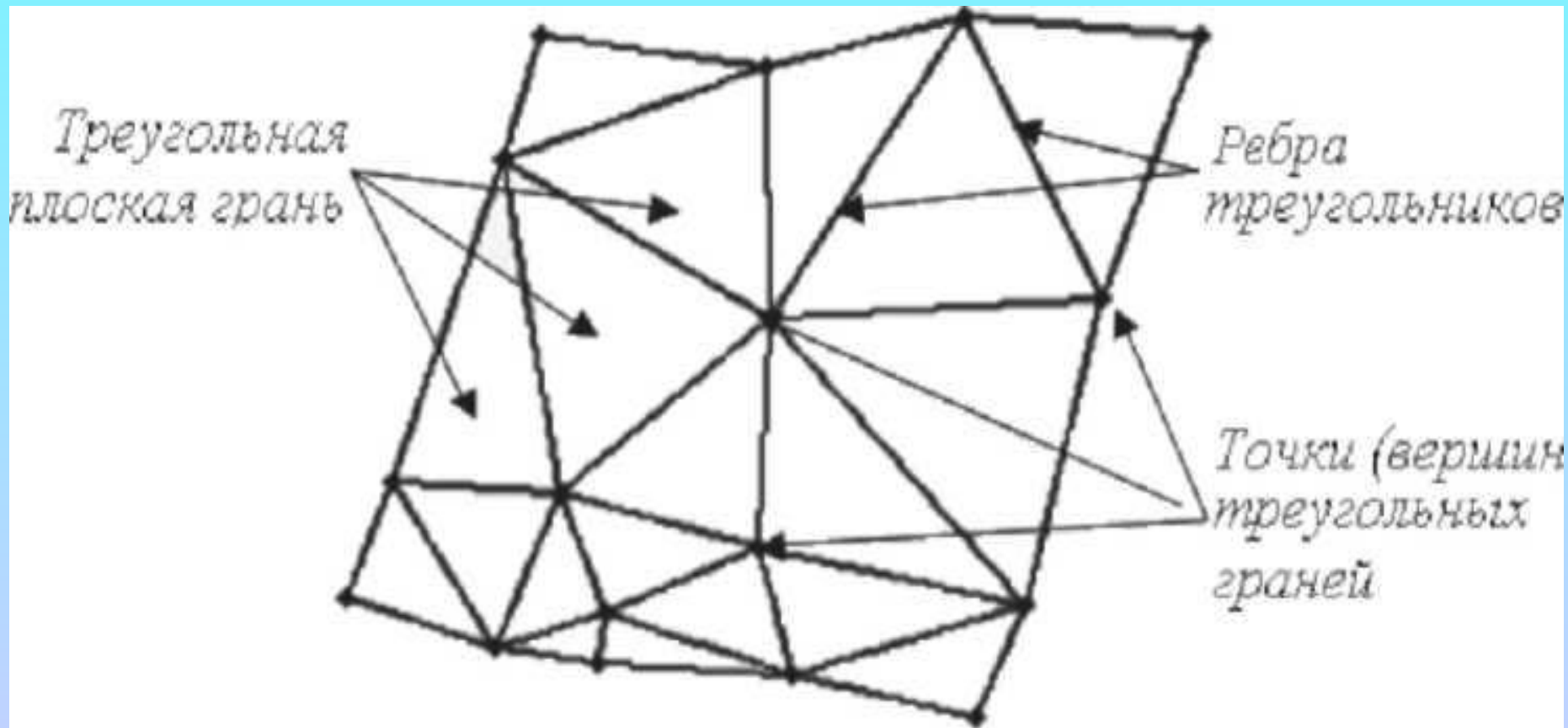
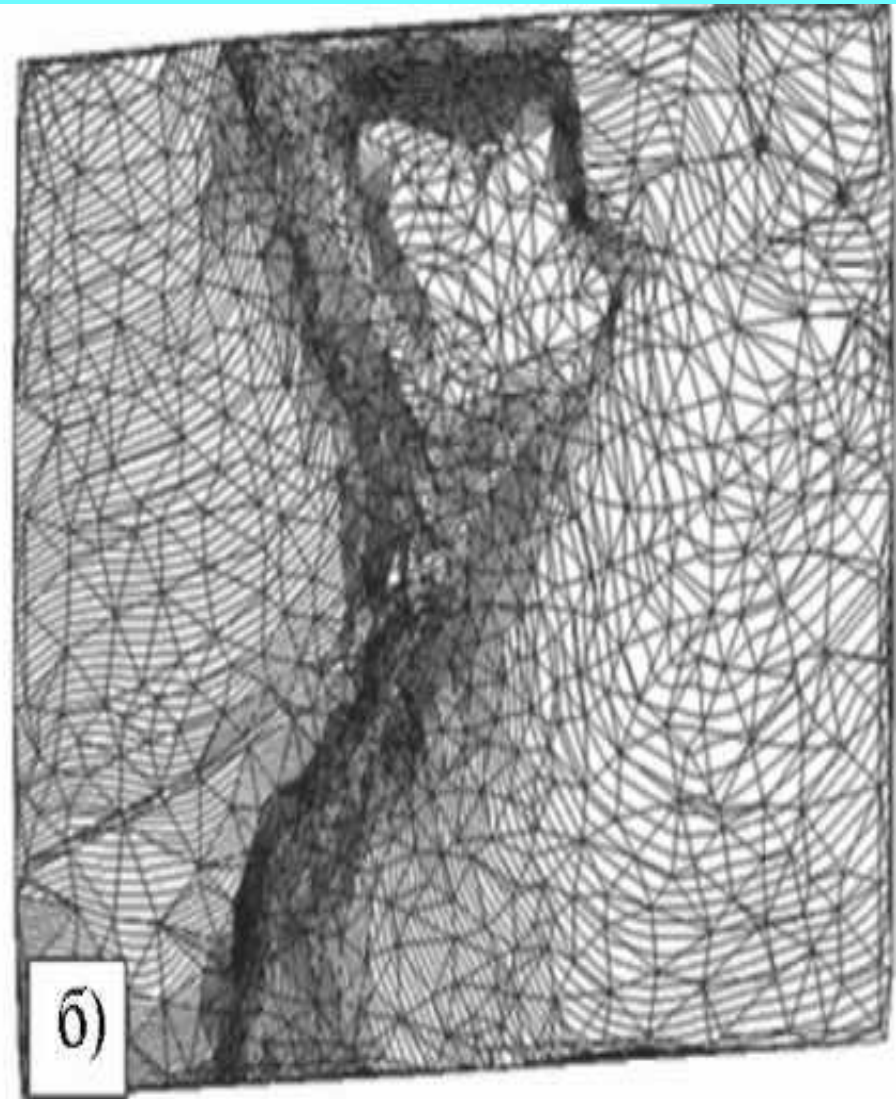
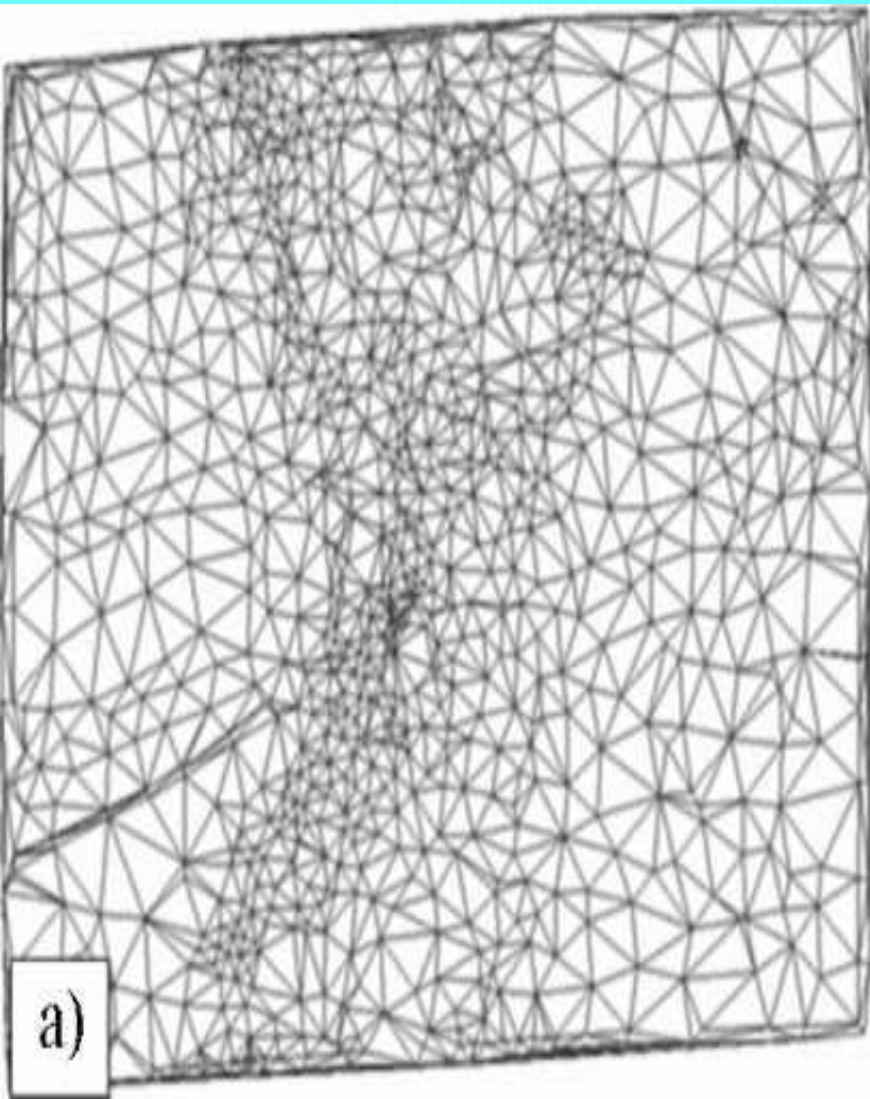


Рис. Триангуляция в ЦМР.

Тема : «Виды ЦММ»



Тема : «Виды ЦММ»

Алгоритм формирования ЦМР использует информацию о точках (узлах, вершинах), треугольниках, их ребрах (отрезках) и структурных линиях.

Точка ЦМР имеет три координаты — x , y , z .

Треугольник — треугольная плоская грань, построенная в процессе триангуляции на точках ЦМР.

Структурная линия — трехмерная ломаная линия, соединяющая точки и однозначно определяющая триангуляцию участка поверхности.

Построенное множество треугольных граней аппроксимирует участки различных поверхностей (естественные и спланированные участки поверхности земли, поверхности отдельных геологических слоев, искусственные покрытия).

Тема : «Виды ЦММ»

+ **Достоверность** аппроксимации рельефа значительно **выше**, чем в моделях на регулярных структурах.

- **Алгоритмы** моделирования рельефа существенно **усложняются**.

На практике **триангуляционные модели** являются основой создания цифровых моделей рельефа. Они положены **в основу** цифрового моделирования поверхностей **в системе CREDO**.

Статистическая ЦМР строят при задании массива исходных данных точками, которые выбирают случайным образом (по датчику случайных чисел, распределенных по закону, близкому к нормальному). Реализация математической модели основана на алгоритме «плавающего» квадрата или «плавающего» круга, которые определяют зону интерполяции.

Тема : «Виды ЦММ»

Внутри квадрата или круга должны попасть не менее **10 точек ЦМР** (см. рис.). Если это условие не выполняется, то сторона квадрата или диаметр круга увеличивается. С использованием координат точек, попавших **внутри круга или квадрата**, поверхность аппроксимируется уравнением второго порядка.

Главным **достоинством** статистических моделей является их достаточно **высокая точность** и **объективность** исходных данных, при подготовке которых исключено субъективное влияние проектировщика. Статистические модели **не используются в САПР-АД**.

Цифровая модель ситуации (ЦМС) - это цифровое (аналитическое) представление топографических объектов местности. ЦМС включает их геометрическое описание средствами векторной модели данных в виде набора точек и полилиний с плановыми или пространственными координатами, определяющими их положение и границы, отображение условными знаками и семантическое описание в виде определенного классификатором набора характеристик.

Объекты ЦМС в CREDO включают следующие **типы их локализации:**

- площадные,
- линейные,
- точечные.

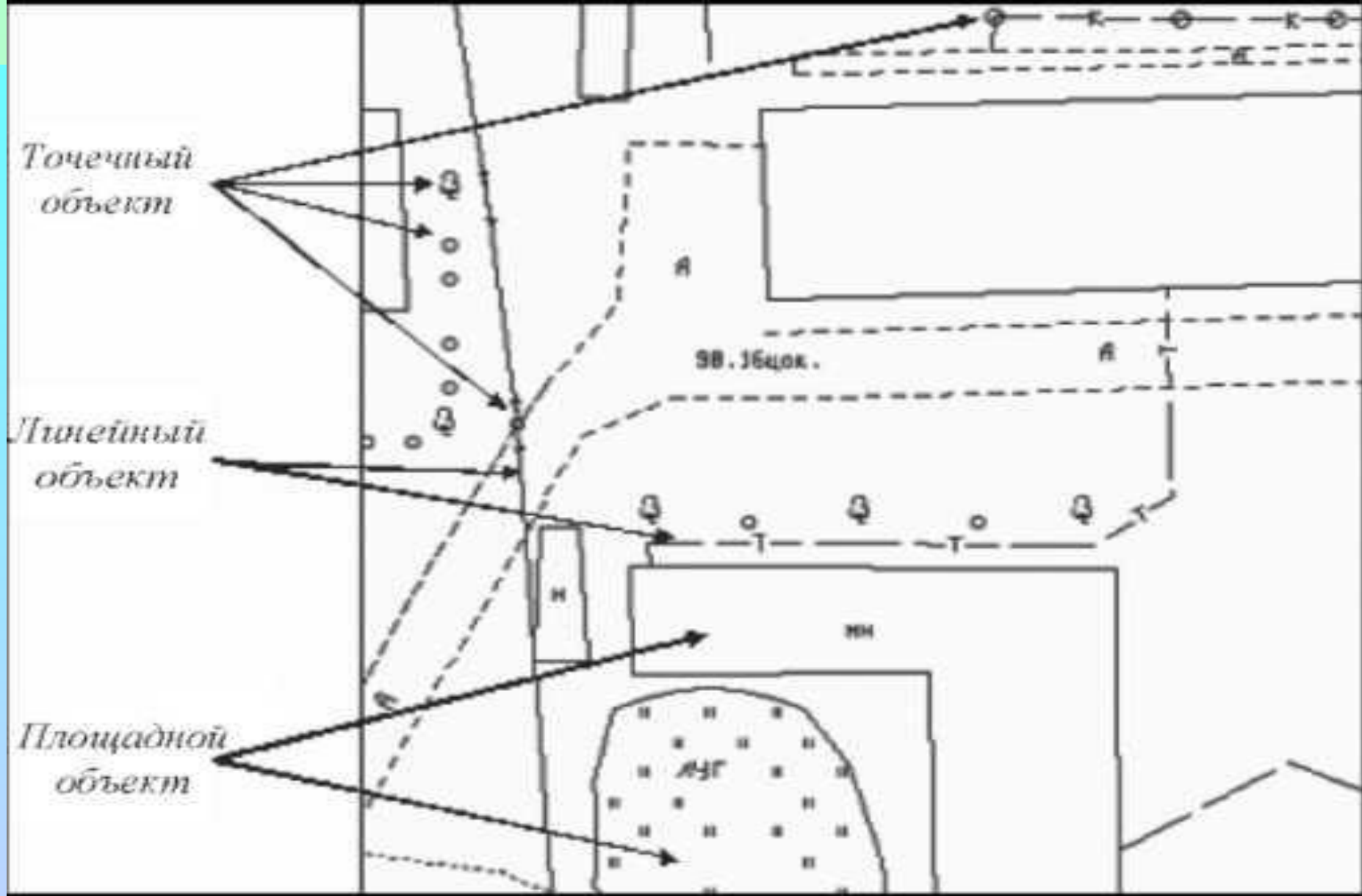


Рис. Элементы цифровой модели ситуации

Тема : «Виды ЦММ»

Площадной объект — элемент местности или проекта, ограниченный некоторой областью, чаще — замкнутым контуром ситуации. Линия контура отображается соответствующим условным знаком, а площадь объекта, как правило, выделяется цветом, условными знаками. Примеры площадных объектов — населенные пункты, здания, лес, болота и т.д.

Линейный объект — элемент местности или проекта, представленный в модели в виде линии, отображаемой соответствующим условным знаком; его ширина может быть не выражена в масштабе плана. Примерами линейных объектов на картах и планах являются коммуникации (наземные и подземные), существующие автомобильные и железные дороги и т.д.

Точечный объект — элемент местности или проекта, размеры которого не могут быть отображены в масштабе топографической карты (плана) из-за их малости и локализуемый точкой с немасштабным условным знаком. Примеры точечных объектов — реперы, отдельно стоящие деревья, памятники, опоры ЛЭП и т.д.

Для более полного восприятия цифрового представления местности инженером-проектировщиком и удобства работы с отдельными подсистемами и элементами **цифровые модели местности в САПР** структурируют, расчленяют на составные части, иерархические уровни, используя **послойное представление информации**.

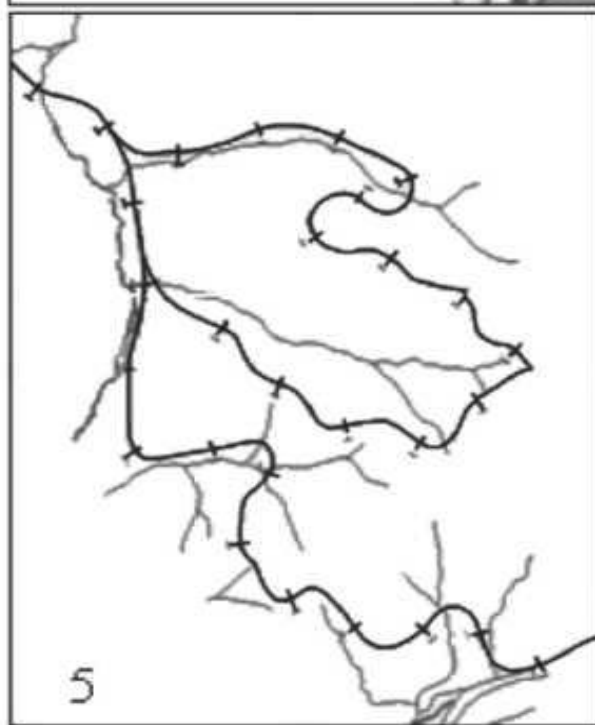
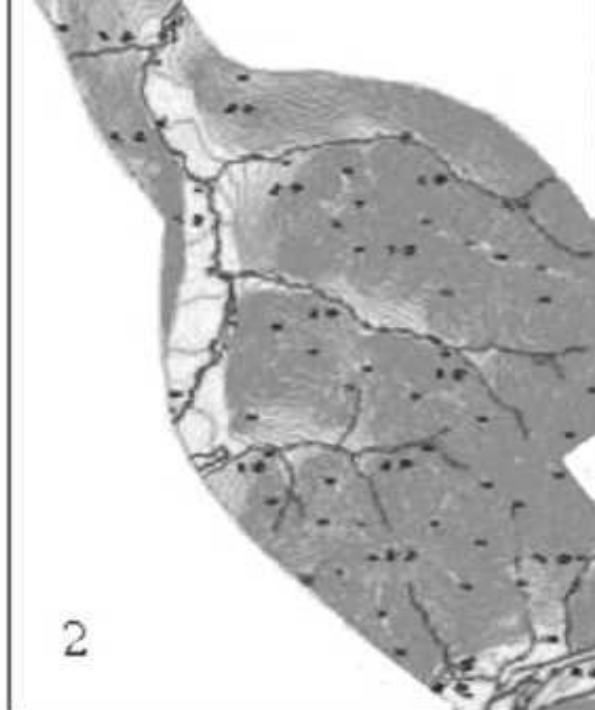
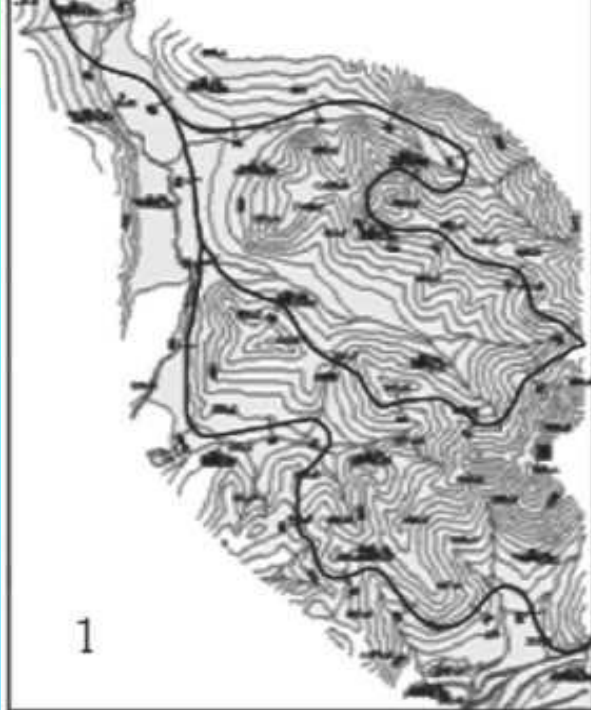


Рис. 3.3. Структурирование ЦММ по элементам различной природы:
 1) рельефно-ситуационная модель;
 2) модель гидрографии;
 3) рельеф местности с вариантами плана трассы дороги;
 4) геометрическая модель вариантов трассы;
 5) варианты трассы на модели речной сети

Тема : «Создание ЦММ»

При проектировании в САПР **цифровые модели местности** создают различными **методами**:

- с использованием существующего картографического материала, планов и карт на бумажных носителях информации;
- на основе цифровых карт;
- объединением фрагментов ранее созданных ЦММ;
- по данным полевых съемок.

Для **создания ЦММ** в программном комплексе CREDO используется система **CREDO MIX**. Объектами могут быть городские улицы и дороги, автомобильные дороги общего пользования, промышленные и лесовозные дороги, аэродромы и т.д.

Исходные данные для работы с ЦММ в системе CREDOMIX формируются несколькими способами.

1. По результатам полевых изысканий обработанных системой CREDODAT:

- результаты традиционной съемки, представленные в полевых журналах (тахеометрическая съемка, планово-высотное обоснование, землеустроительные расчеты, линейные изыскания в подсистеме CREDOLIN),
- информация с электронных регистраторов и информация, полученная от GPS-систем.

2. На основе существующих картографических материалов или аэроснимков:

- **стереофотограмметрическая обработка снимков,**
- **векторизация и дигитализация отсканированного изображения,**
- **дигитализация непосредственно в CREDO MIX по векторным (DXF) и растровым (BMP) подложкам.**

3. При импорте проектных моделей из системы CAD CREDO.

В программном комплексе CREDO для реализации процедуры векторизации используются программы ТРАНСФОРМ и CREDO MIX.

Технология создания цифровой модели местности включает несколько этапов:

- сканирование исходного картографического материала, создание растровой подложки,
- трансформация растра,
- нанесение точек для создания модели рельефа (ЦМР),
- построение поверхностей,
- редактирование поверхностей,
- создание цифровой модели ситуации (ЦМС).

Тема : «Создание ЦММ»

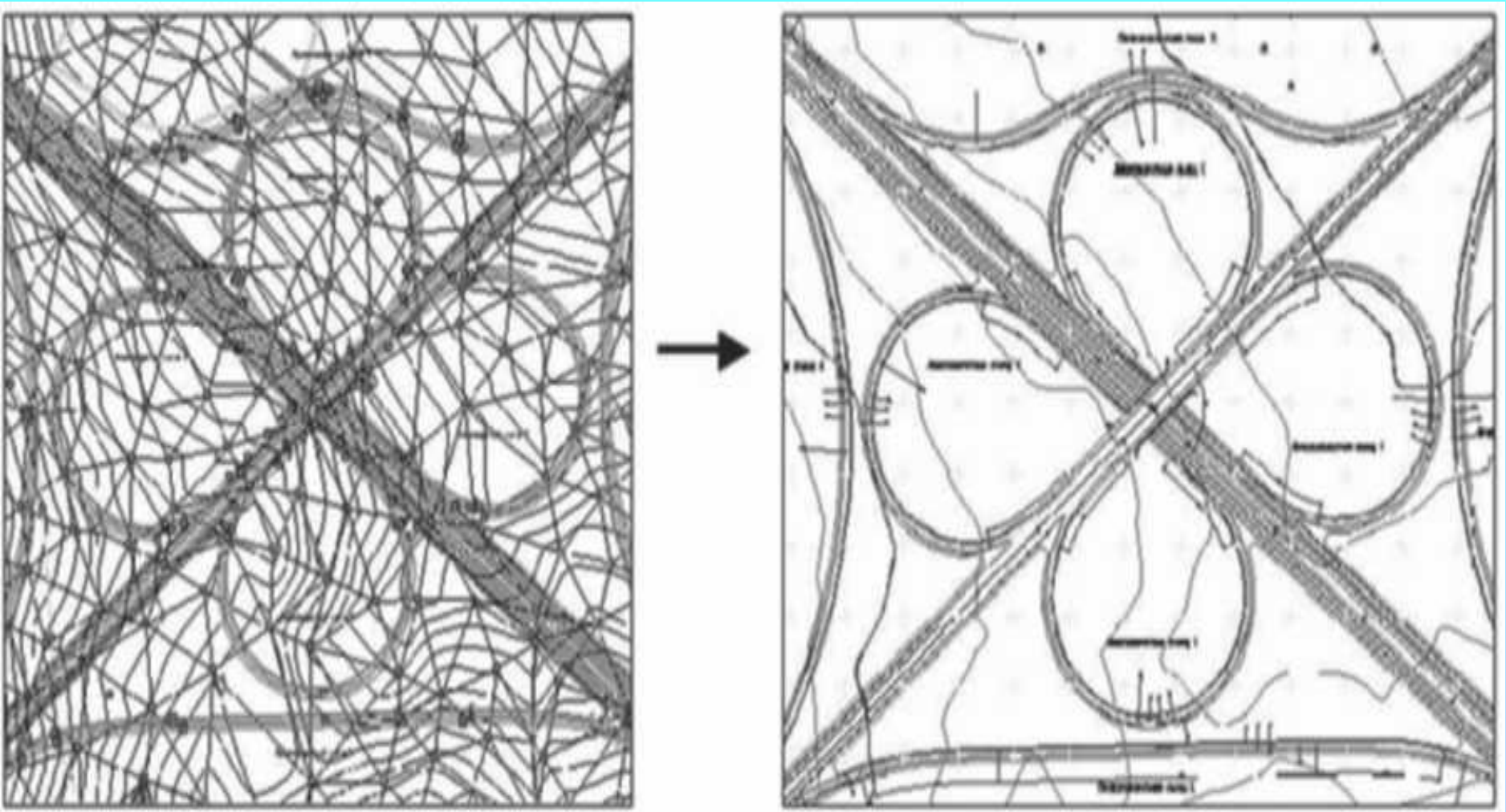


Рис. Цифровая модель транспортной развязки и
чертежная модель ее плана

Тема : «Создание ЦММ»

Если **ЦММ** дополнена необходимой **грунтово-геологической информацией** в виде объемной модели геологических слоев местности, то она приобретает новое качество, необходимое для оценки **устойчивости дорожных сооружений**.

Для создания объемной геологической модели используют систему **CREDO GEO**.

Она позволяет:

- строить **чертежи литологических колонок** и интерполированных колонок **в произвольной точке**;
- строить **чертежи инженерно-геологических разрезов** вдоль трассы запроектированной дороги;
- создавать списки **условных обозначений грунтов**, выделенных на разрезе;
- экспортировать** геологическую информацию **в** проектирующие системы **CAD CREDO, CREDO MIX**, в **файлы открытого обменного формата**.

Тема : «Создание ЦММ»

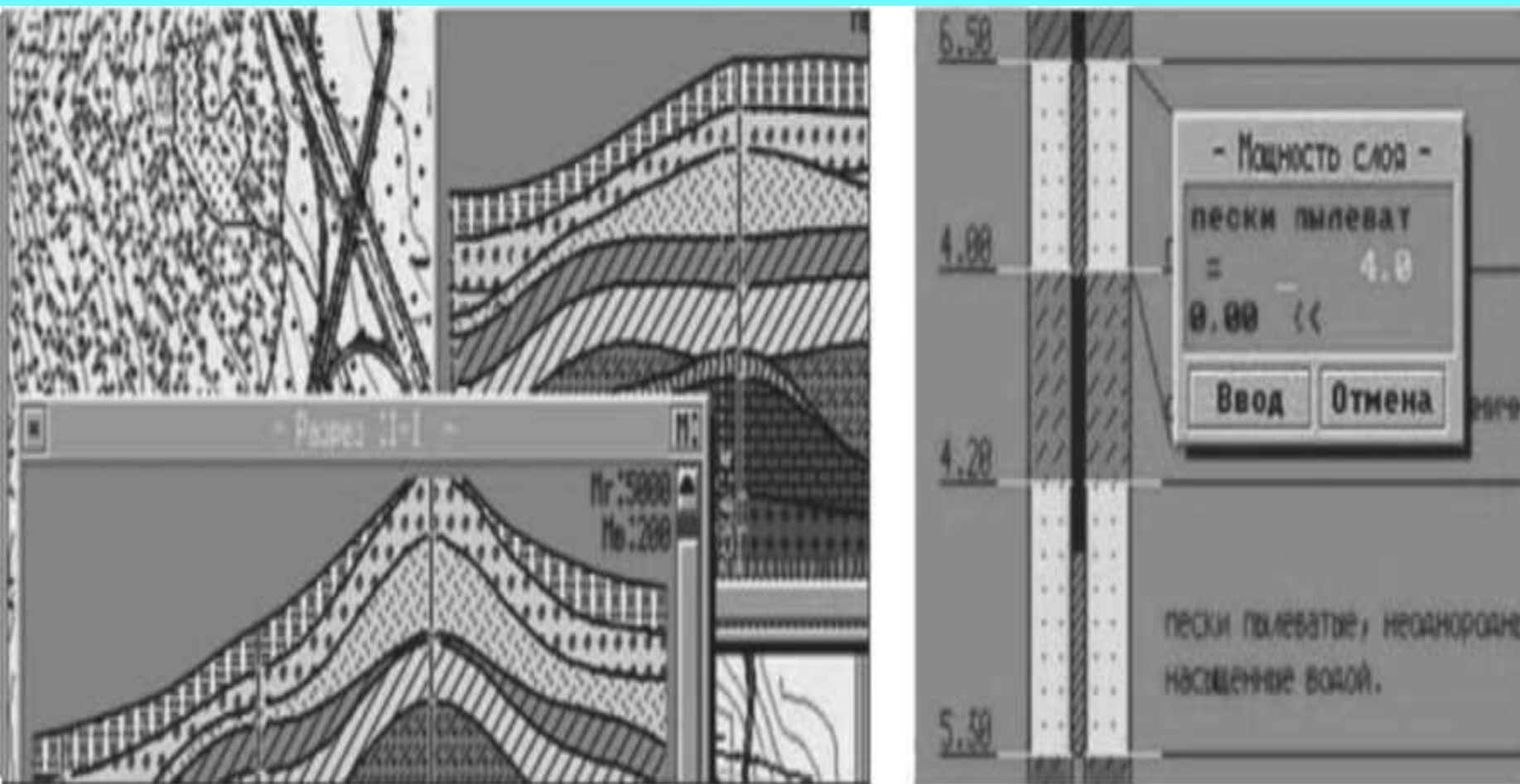


Рис. Объемная геологическая модель местности в системе CREDO GEO

Тема : «Проектирование плана трассы в CREDO»

Плановая геометрия трассы может создаваться в системах:

- CREDO_MIX - "Цифровая модель проекта".
- CREDO_TER - "Цифровая модель местности".
- CREDO_PRO - "Геометрическое проектирование".
- CREDO_LIN - "Линейные изыскания".
- CAD_CREDO - "Проектирование автодороги".

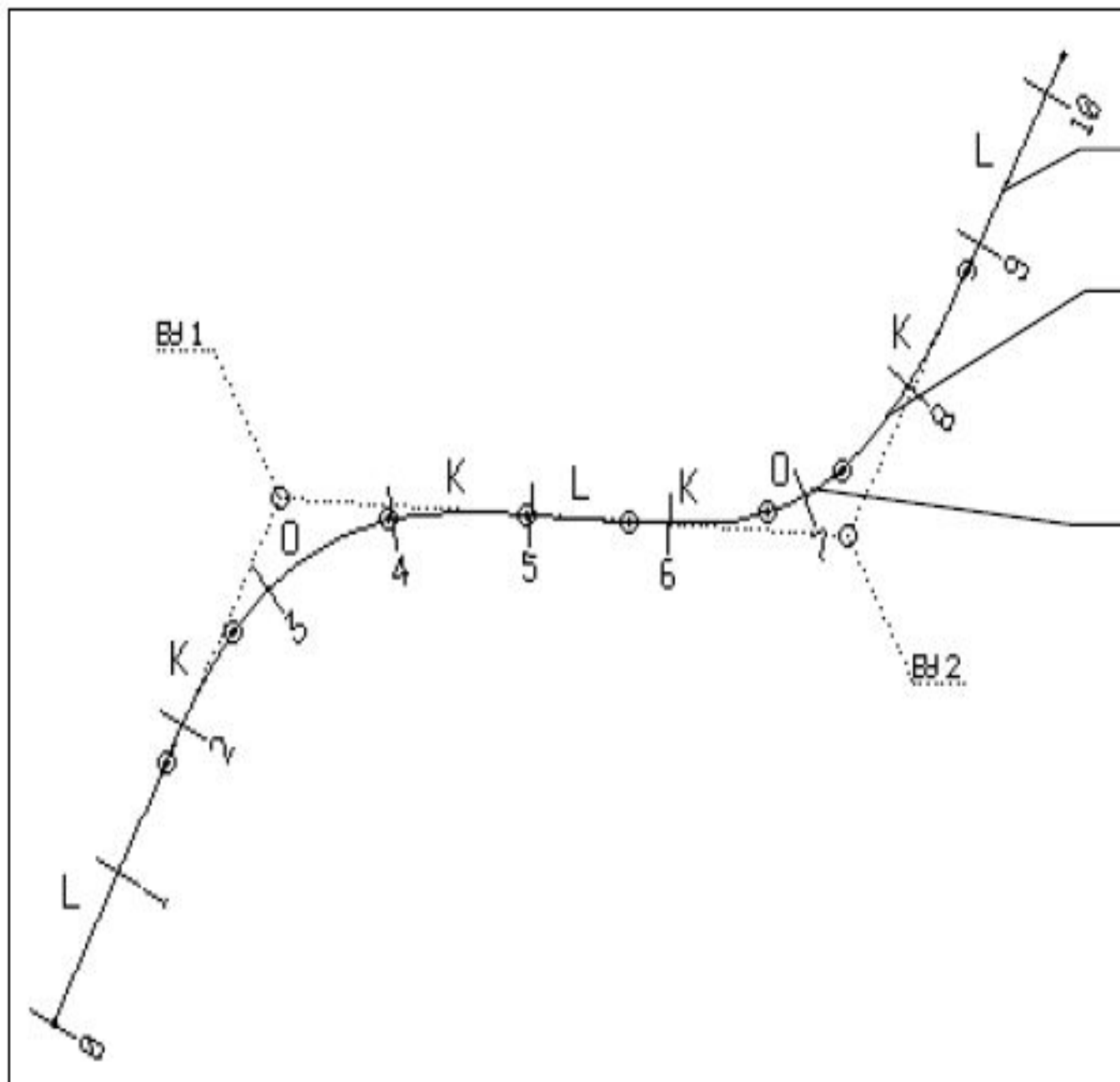
Трасса автодороги обычно представляет собой набор прямых (L), полных несмещенных клотоид (K) и дуг круговых кривых (O).

Методическое обеспечение проектирования плана трассы составляет СНиП 2.05.02 -85* «Автомобильные дороги».

Программное обеспечение — система CREDOMIX.

Информационное обеспечение — набор методов конструирования объектов в горизонтальной плоскости.

Тема : «Проектирование плана трассы в CREDO»



L – отрезок прямой

K – клотоида

O – дуга окружности

Тема : «Проектирование плана трассы в CREDO»

Матрица методов конструирования

Проектирование вариантов плана трассы ведется в рабочей среде CREDOMIX, где имеются специальные графические методы, предназначенные для геометрического проектирования в горизонтальной плоскости. Они сгруппированы в матрицу графических кнопок с изображением пиктограмм (рис. 4.1). Каждая из кнопок выполняет определенную функцию. Матрица методов содержит 11 строк и 6 столбцов. Она появляется на экране после выбора в процедуре «План» функции «Методы».

В матрице методов можно ориентироваться по буквам на графических кнопках и цвету элементов на пиктограммах, описание которых приведено в табл.

Тема : «Проектирование плана трассы в CREDO»



Рис. Матрица методов построений CREDO_MIX

Методы проектирования плана трассы:

- **в виде цепочки элементов.** При построении плана трассы сразу в виде плавной линии, состоящей из прямых, круговых кривых и клотоид.
- **методом тангенсов.** При полигональном трассировании сначала необходимо задать опорные точки магистрального хода, нанести ломаную и вписать кривые в углы поворота.

Тема : «Проектирование плана трассы в CREDO»

Результаты проектирования плана трассы представлены таблицей геометрических параметров элементов и файла координат точек трассы или ее участка, созданных в CREDOMIX. Однако, запроектированные варианты плана трассы используются, прежде всего, для проектирования продольного профиля, земляного полотна. Эти расчеты выполняются в системе CAD CREDO, для их проведения осуществляют экспорт трассы.

Тема : «Проектирование продольного профиля»

В системе применяются два метода проектирования продольного профиля, которые в дальнейшем условно определены следующим образом:

- 1. Метод автоматизированного проектирования или оптимизация.**
- 2. Метод конструирования проектной линии по опорным точкам и элементам.**

Результатом проектирования является проектная линия профиля, представленная в виде последовательности гладко сопрягаемых криволинейных или прямолинейных элементов.

Тема : «Проектирование продольного профиля»

Математическое описание любого элемента проектной линии представлено уравнением кубической параболы:

$$y = A + x \times \left[B + \frac{x \times \left(C + \frac{D \times x}{3} \right)}{2} \right],$$

, где:

Тема : «Проектирование продольного профиля»

- x – расстояние между началом элемента и любой точкой этого элемента.
- y – отметка этой точки.
- A, B, C, D – коэффициенты уравнения. Их значения следующие:
 - A – отметка проектной линии в начале элемента (y при $x=0$).
 - B – уклон касательной к проектной линии в начале элемента (y при $x=0$).
 - C – кривизна ($R=1/C$) проектной линии в начале элемента или скорость изменения уклона.
 - D – скорость изменения кривизны проектной линии в пределах этого элемента.

Тема : «Проектирование продольного профиля»

Частными случаями уравнения могут быть:

- Традиционно используемая в проектировании дорог квадратичная парабола

$y = F + x \times (B + x \times C/2)$ при $D = 0$, то есть когда кривизна элемента постоянна на всем участке его определения.

- Прямая $y = A + x \times B$ при $D = 0$ и $C = 0$, то есть когда кривизна элемента равна нулю и постоянна на всем участке его определения.

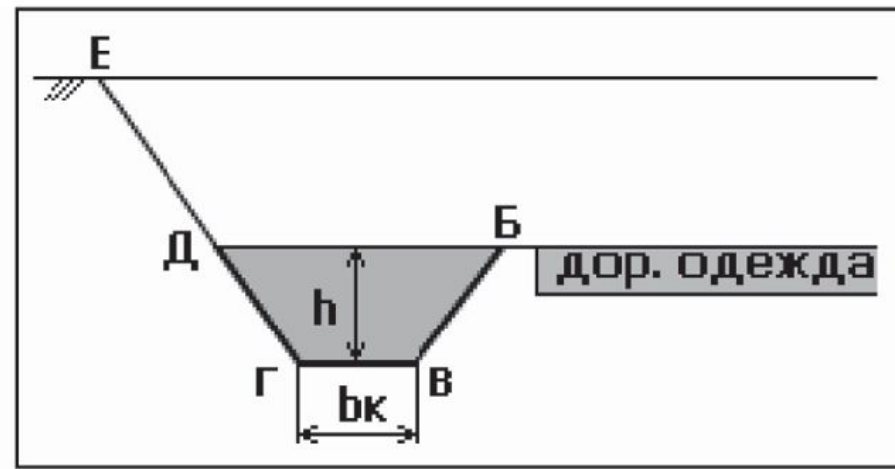
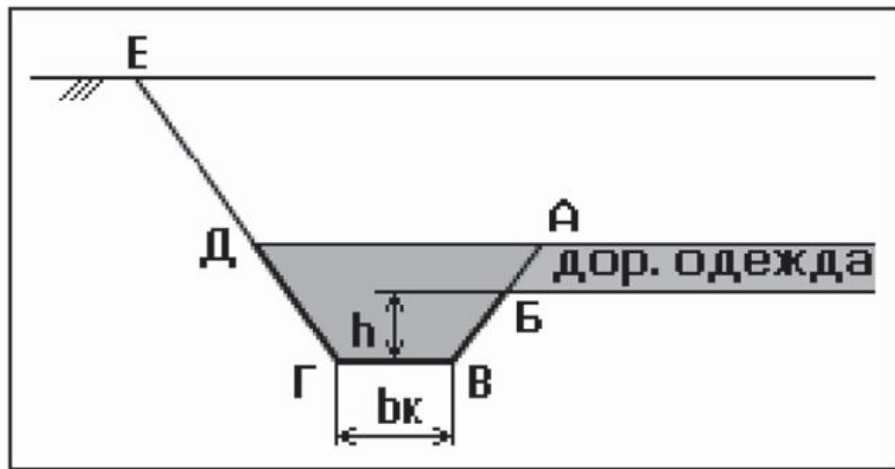
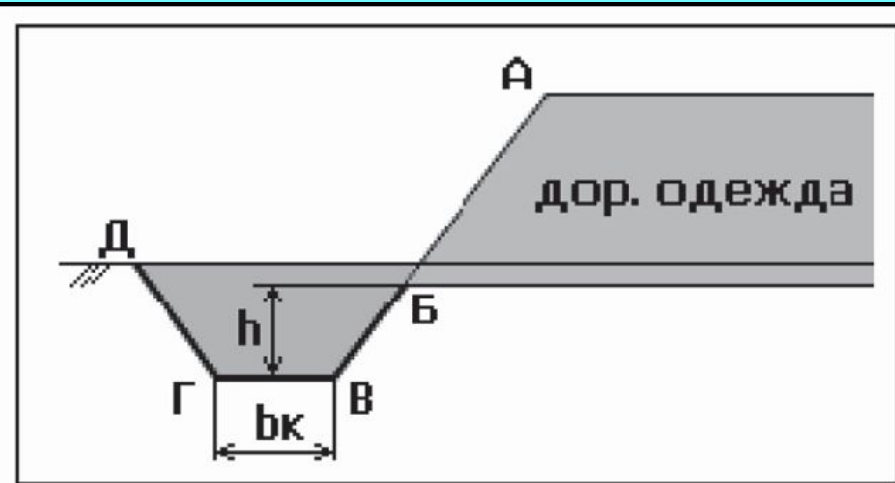
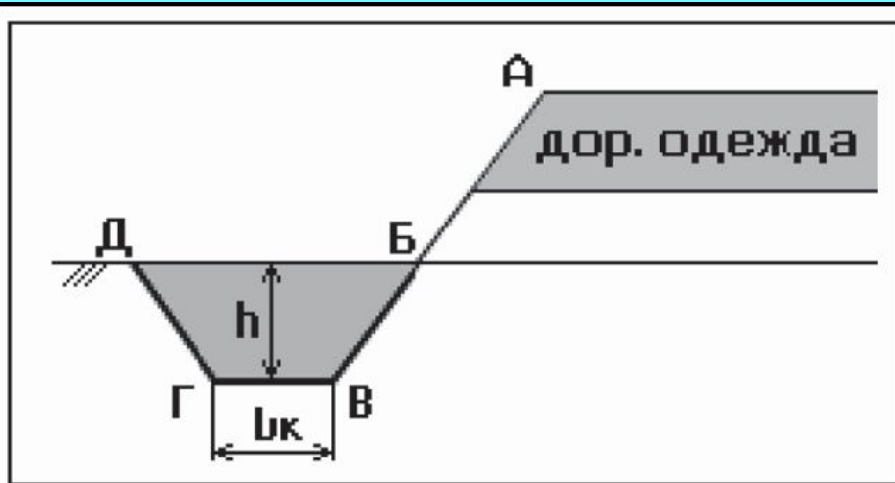
Метод автоматизированного проектирования предусматривает программный контроль соблюдения требований Пользователя по минимально допустимым радиусам, максимальным уклонам и контрольным отметкам.

Тема : «Проектирование продольного профиля»

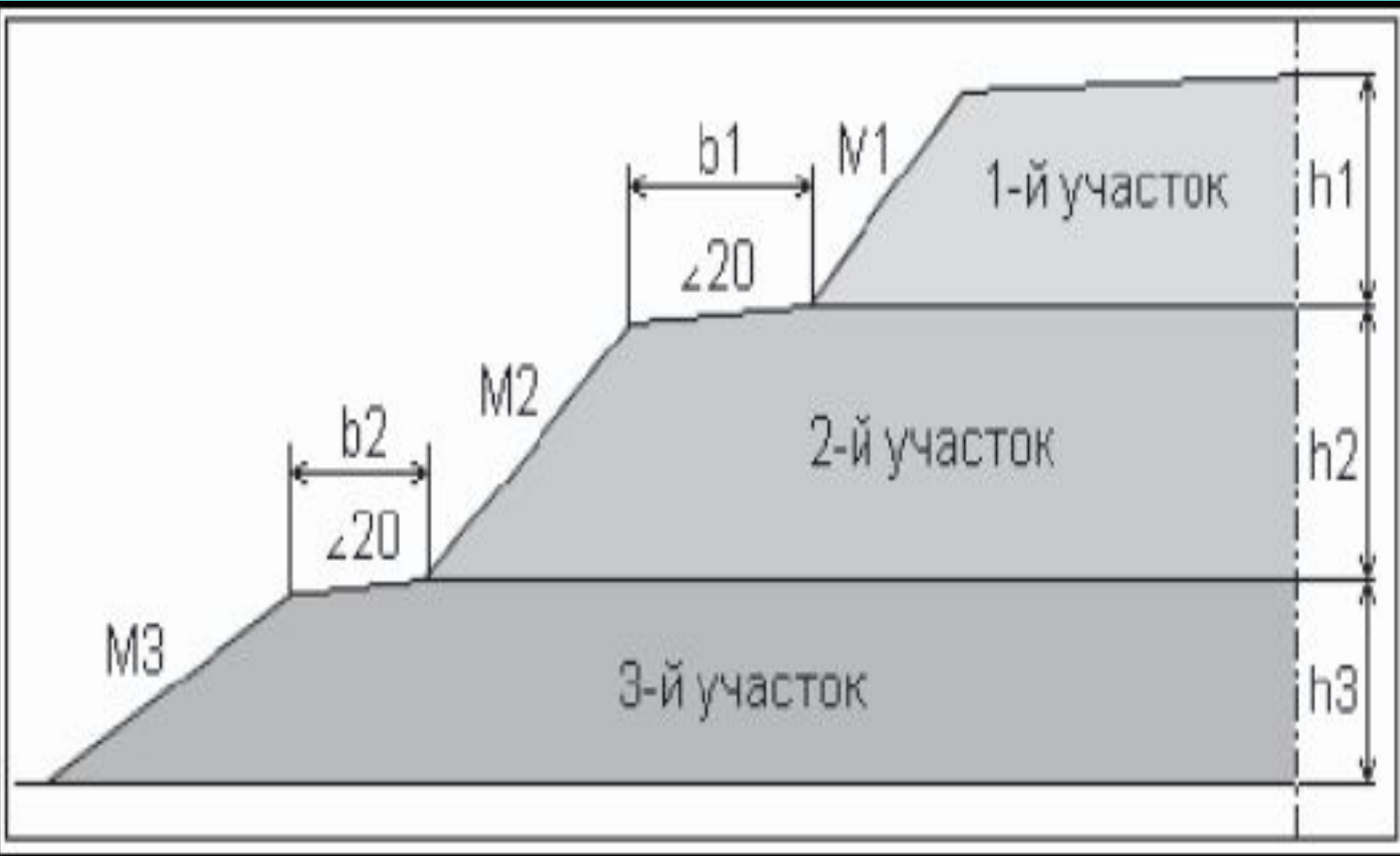
При использовании метода конструирования проектной линии по опорным точкам и элементам контроль соблюдения требований по минимально допустимым радиусам и максимально допустимым уклонам возлагается на Пользователя.

Программная реализация обоих методов предусматривает их независимое использование и полную совместимость результатов их работы в последующих расчетах, при уточнениях или повторном проектировании проектной линии продольного профиля.

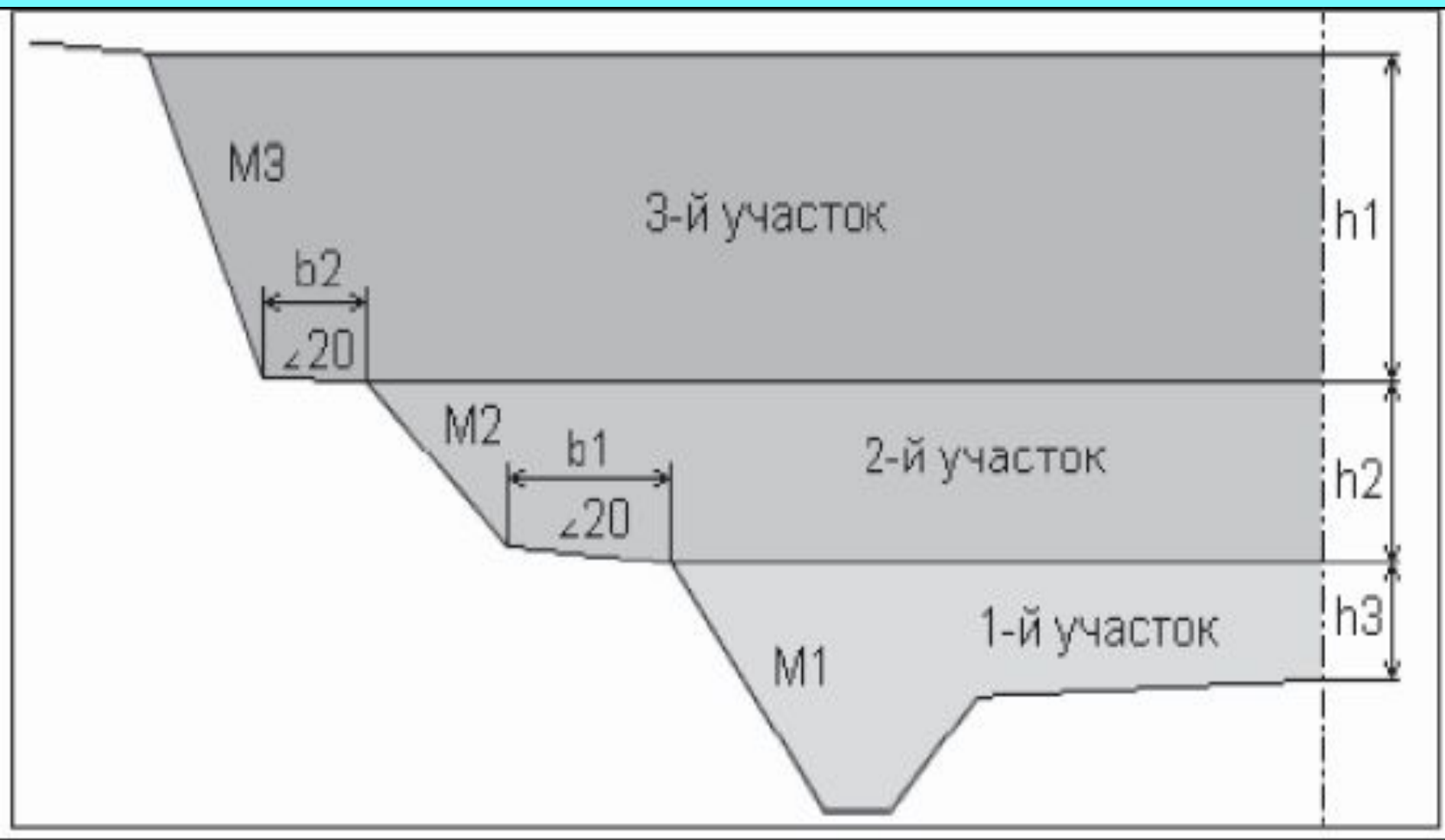
Тема : «Проектирование поперечного профиля»



Тема : «Проектирование поперечного профиля»



Тема : «Проектирование поперечного профиля»





**Институт транспортных сооружений
Казанский государственный архитектурно-строительный
университет**

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

