

# **1 ВНЕДРЕНИЕ НОВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

*1.1 Начальный этап развития информационных технологий в проектировании транспортных сооружений*

*1.2 Трудности, возникающие при внедрении новых информационных технологий в проектирование транспортных сооружений*

*1.3 САПР – ядро новых информационных технологий в проектировании транспортных сооружений*

*1.3.1 Система автоматизированного проектирования дорог (САПР) и её свойства*

*1.3.2 Средства обеспечения автоматизированного проектирования*

*1.3.3 Преимущества использования САПР по сравнению с традиционным проектированием*

*1.3.4 Использование математического моделирования*

*1.4 Современные программные средства, используемые в проектировании транспортных сооружений*

**1.1 Начальный этап развития информационных технологий в проектировании транспортных сооружений** Современные технологии проектирования предполагают:

- во-первых, использование профессионального программного обеспечения для решения поставленных задач;
- во-вторых, наличие специальных средств организации совместной работы над проектом, что позволяет повысить достоверность данных и минимизировать время на согласование изменений;
- в-третьих, возможность проектирования строительного сооружения, как единого объекта, включающего связанные между собой элементы. В этом случае внесение изменений в один элемент автоматически приводит к изменению других, связанных с ним, что, в свою очередь, значительно сокращает время проектирования.

Еще в начале 70-х годов прошлого века был создан первый большой банк компьютерных программ. Эти программы охватывали такие задачи как:

- проектирование плана трассы и разбивка кривых;
- подсчеты объемов земляных работ;
- расчеты виражей;
- проектирование дорожной одежды;
- гидравлические расчеты труб и мостов.

Эти программы сокращали затраты труда проектировщиков по ведению стандартных инженерных расчетов.

Помимо расчетов первые программные средства строили различные *графические примитивы*. К ним относятся точки, отрезки, дуги, размерные и осевые линии, штриховки, текст. Примитивы на чертежах объединялись в блоки, эти блоки использовались множество раз при создании других чертежей. Это значительно сэкономило ресурсы, и поэтому такие программы быстро получили признание. На их базе (алгоритмах) и сейчас разрабатываются современные системы автоматизированного проектирования.

## **1.2 Трудности, возникающие при внедрении новых информационных технологий в проектирование транспортных сооружений**

Внедрение новых информационных технологий в проектирование транспортных сооружений сталкивается с определенными трудностями. Ниже перечислены наиболее характерные из них.

**1.2.1 Недостаток финансовых ресурсов.** В настоящее время проектные работы выполняются небольшими коллективами, между которыми существует большая конкуренция на получение заказов. В ней побеждают предприятия, которые выполняют работу дешевле, быстрее и качественнее. И, как показывает опыт, побеждают организации, применяющие современные информационные технологии. Этому способствует и удешевление компьютеров и программных средств.

**1.2.2 Неэффективное использование цифровых данных.** Ключевым моментом новых информационных технологий является представление геодезической информации в цифровом виде – (*инженерной цифровой модели местности (ИЦММ)*). Несмотря на наличие больших объемов отсканированного, оцифрованного топографического материала, реальное его использование сводится к традиционным бумажным технологиям, т.е. производству мелкомасштабных карт местности. Если бы в регионе (в управлении архитектуры города) был банк данных ИЦММ, то проектные организации, получив нужную модель, проводили бы съёмку только текущих изменений и корректировали модель.

**1.2.3 Языковой барьер.** Рынок программного обеспечения предлагает не так уж много продуктов, полностью отвечающих требованиям информационных технологий. В основном это зарубежные программы. Очень часто даже в переведенном на русский язык меню встречаются маловнятные и непонятные термины.

**1.2.4 Недостаточное соответствие зарубежных пакетов для обработки изысканий и проектирования строительным нормам и технологиям, принятым в нашей стране.** Неумение настраивать программу

под требования нормативных документов осложняет использование зарубежных пакетов.

**1.2.5 *Выходные формы графической и текстовой информации строго фиксированные и ориентированы на ручное оформление документов.***

Уходит много сил и времени на удовлетворение положений норм и стандартов, которые создавались задолго до появления современной вычислительной и геодезической техники. Не принимается во внимание тот факт, что машинное представление объектов не может и не должно полностью копировать его представление при ручном проектировании. Эти положения уже отменены во многих развитых странах. Из-за этого пользователи иногда отдают предпочтение решениям, в большей степени удовлетворяющим чисто формальным требованиям ГОСТ и СНиП, в ущерб другим альтернативам, лучше по экономическим, техническим или технологическим соображениям.

**1.2.6 *Невысокая квалификация персонала.*** Слабая подготовленность кадров российских проектировщиков к работе с автоматизированными системами. Многие программы не используются из-за непривычности, сложности, психологической несовместимости с методами, применяемыми в данной организации. Высокий инженерно-технический уровень программных продуктов требует от персонала постоянной работы по изучению возможностей программного обеспечения для их эффективного применения.

**1.2.7 *Разобщенность проектных организаций и разработчиков программных продуктов.*** Проектировщики плохо знают рынок программных средств, а разработчики программ – тенденций развития методов проектирования. Разработчики программного обеспечения часто не учитывают конкретных условий проектирования, что не позволяет использовать программы без промежуточных ручных операций.

**1.2.8 *Ведомственные барьеры.*** Иногда доходит до абсурда, когда изыскательская организация, имеющая программы обработки данных изысканий и цифрового моделирования местности, передает своему заказчику – проектной организации – в бумажном виде, а проектная организация, имеющая тот же набор программ, сканирует информацию с бумажного носителя и снова строит ЦММ, которая уже была создана в изыскательской организации. Налицо потеря времени и денег.

**1.2.9 *Необоснованный режим секретности*** при сборе, обработке, хранении и электронном представлении данных, использовании спутниковых технологий.

### **1.3 САПР – ядро новых информационных технологий в проектировании транспортных сооружений**

#### **1.3.1 Система автоматизированного проектирования дорог и её свойства**

Процесс развития средств вычислительной техники и внедрения её в область проектирования ознаменовался переходом от использования отдельных программ на отдельных этапах проектирования к созданию крупных программных систем, предназначенных для комплексного выполнения проектных работ.

*Система автоматизированного проектирования автомобильных дорог (САПР)* – это организационно-техническая система, которая обеспечивает создание технологии проектно-изыскательских работ, позволяющей широко использовать компьютеры и другие средства автоматизации с целью получения наилучших проектных решений в заданные сроки с минимальными трудозатратами.

Использование компьютеров позволяет автоматизировать отдельные трудоёмкие операции при проектировании. С их помощью обеспечивается быстрое выполнение поиска информации, обработки материалов изысканий, расчётов, чертёжно-графических и печатных работ. При этом достигается значительное сокращение затрат труда и времени на выполнение этих операций.

САПР позволяет оптимально сочетать возможности человека и компьютера. Инженер-проектировщик осуществляет процесс проектирования в диалоге с ЭВМ. Он непосредственно участвует в процессе выработки проектного решения, направляя проектный процесс по нужному руслу.

Проектировщик может активно вмешиваться в процесс проектирования, корректировать результаты расчетов, выбирать наилучший вариант, менять последовательность и состав проектных работ.

Таким образом, при автоматизированном проектировании творческая часть работы остается за человеком. Проектировщик, освободившись от трудоёмких работ, получает возможность концентрировать внимание и усилия на творческих вопросах своей инженерной деятельности.

Большинство существующих систем автоматизированного проектирования автомобильных дорог базируются на одинаковых общесистемных принципах: *включения, системного единства, развития, комплексности, информационного единства, совместимости и инвариантности.*

*Принцип включения* состоит в том, что требования к созданию, функционированию и развитию САПР определяются со стороны более сложной системы министерства, отрасли или проектной организации.

*Принцип системного единства* предполагает, что на всех этапах создания, функционирования и развития САПР целостность системы обеспечивается связями между её элементами, называемыми *подсистемами САПР*, взаимосвязаны между собой. Результаты проектных проработок одной из подсистем непосредственно используются в виде исходной информации для последующего проектирования без промежуточной переподготовки.

*Принцип развития* заключается в том, что должна быть предусмотрена возможность совершенствования существующих подсистем и включения новых подсистем в функционирующую САПР. По мере развития методов и технологии изысканий и проектирования, а также совершенствования технических средств необходимы замена устаревших методов проектирования новыми, расширение системы за счёт включения новых расчётных и проектирующих программ и периодическая замена морально устаревающих технических средств более современными.

*Принцип комплексности* предполагает возможность проектирования всего объекта в целом как взаимосвязанного комплекса отдельных сооружений. При этом в случае необходимости изменения проектного решения по какому-либо сооружению или элементу САПР должен обеспечить возможность корректировать проектные решения как по другим сооружениям, так и по объекту в целом. Так, например, при проектировании вариантов плана трассы автомобильной дороги для оценки полученного решения необходимо выполнить полный комплекс проектирования всех элементов дороги (искусственные сооружения, продольный профиль, оценка проектного решения по различным показателям, в частности оценка зрительной плавности трассы и т.д.). В случае, если по какому-либо критерию полученное решение не устраивает проектировщика, план варианта трассы корректируется с последующим перепроектированием всех элементов дороги.

*Принцип информационного единства* предполагает использование в подсистемах, средствах обеспечения САПР терминологии, символов, условных обозначений и способов представления информации, соответствующих нормативным документам и требованиям, принятым в данной отрасли. Это даёт возможность облегчить работу инженера-проектировщика, исключить разночтения и путаницу.

*Принцип совместимости* состоит в том, что языки, символы, коды, информационные и технические характеристики структурных связей между подсистемами и компонентами САПР согласуются таким образом, что

обеспечивается их совместное функционирование и сохраняется открытая структура системы в целом. Данный принцип достигается путём использования одинаковых операционных систем, универсальных языков программирования, совместимого с компьютером периферийного оборудования.

*Принцип инвариантности* заключается в том, что подсистемы должны быть универсальными или типовыми, т.е. инвариантными по отношению к проектируемым объектам и отраслевой специфике.

### **1.3.2 Средства обеспечения автоматизированного проектирования**

Правильно организованный автоматизированный процесс проектирования транспортных сооружений предполагает:

- наличие *современной компьютерной техники* с развитым парком периферийных устройств и электронных средств сбора изыскательской информации;
- наличие *специализированного современного программного обеспечения*;
- наличие *квалифицированных кадров* на всех этапах производственного процесса;
- правильную *организацию в едином технологическом процессе* получения, обработки и передачи информации в электронном виде вышеназванных компонентов.

*Компоненты САПР* – это элементы средств обеспечения, выполняющие определенные функции. Отсутствие или несовершенство хотя бы одной компонент САПР делает всю систему неработоспособной. Компоненты показаны на рис. 1.1.

*Методическое обеспечение* – совокупность методических материалов, способствующих функционированию САПР. Оно включает в себя документы, в которых полностью или со ссылками на первоисточники изложены теория, методы, математические модели, терминология используемые в САПР.

Профессиональные САПР имеют, как правило, методическое сопровождение в виде «Справочных руководств» в бумажном виде. Алгоритмы решения конкретных задач проектирования автомобильных дорог, содержащиеся обычно в программной документации, составляют вторую часть методического обеспечения САПР. Нормативно-методическая документация составляет третью часть методического обеспечения САПР. К ней относятся, например, документы, в которых изложены методы расчёта дорожных одежд, воздействия вредных выбросов на придорожную территорию и т.д.



Рисунок 1.1 – Компоненты САПР

*Программное обеспечение* включает в себя программы для компьютеров и руководства пользователя к ним. Программы подразделяются на общесистемные и прикладные. К общесистемному программному обеспечению относят, в первую очередь, операционные системы, которые управляют всеми процессами, происходящими в компьютерах. К прикладным программам, помимо самих САПР, можно отнести: векторизаторы; программы обработки геодезических данных, данных дистанционного зондирования; системы управления базами данных (СУБД); системы управления проектно-конструкторской документацией (СУПКД) и др. Отдельные программы объединяют в системы (модули). Несколько программ образуют систему, если они предназначены для решения определённой проблемы.

*Информационное обеспечение* – это совокупность средств и методов построения информационной базы для целей проектирования. Оно предназначено для хранения, систематизации и обработки большого объёма исходных данных, промежуточных и окончательных результатов, а также другой информации. В состав информационного обеспечения входят *сведения стабильного характера*, к которым относятся: материалы действующих нормативных документов (ГОСТов), строительных норм (СН), строительных норм и правил (СНиП), ведомственных строительных норм (ВСН); типовые проектные решения по сооружениям и элементам дорог. *Сведения регионального характера* описывают особенности района проектирования в целом. К ним относятся, прежде всего, сведения метеорологического и экологического характера, данные о рельефе, геологическом строении местности, карьерах и других источниках получения дорожно-строительных материалов, строительных организациях, и др. *Сведения переменного характера* содержат промежуточные и окончательные результаты расчётов по нескольким вариантам

*Техническое обеспечение САПР* – это комплекс технических средств, с помощью которого осуществляют сбор, обработку, хранение, преобразование и передачу данных, связанных с объектом проектирования. Он включает в себя

компьютер, внешние (периферийные) устройства, средства передачи информации (связи). Компьютер является центральным устройством САПР. К нему предъявляются высокие требования по быстродействию, объему оперативной памяти, надёжности, совместимости. В настоящее время чаще всего используют персональные компьютеры. Создание комплекса технических средств САПР имеет специфические трудности, связанные с тем, что парк электронной техники морально устаревает за 5-8 лет. Требуется быстрое освоение новой техники проведение постоянной увязки прикладного программного обеспечения с системным.

*Организационное обеспечение* представляет собой совокупность мероприятий, направленных на повышение эффективности функционирования САПР. К ним относятся: изменение организационной структуры проектной организации, её отделов и подразделений; перераспределение функций между отделами; изменение технологии проектно-изыскательских 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. Эти требования оформляются в виде методических и руководящих материалов, положений, инструкций, приказов, штатных расписаний, квалификационных требований и другие документы, обеспечивающие взаимодействие подразделений проектной организации при эксплуатации САПР.

### ***1.3.3 Преимущества использования САПР по сравнению с традиционным проектированием***

Применение САПР транспортных сооружений позволяет повысить качество проектных решений, уменьшить трудоемкость и сократить сроки выполнения проектных работ. Повышению качества проектных решений способствует:

*Внедрение прогрессивных методов проектирования*, которые не могут быть использованы при ручных расчетах ввиду своей сложности и трудоемкости. Например, построение проектных линий трассы и продольного профиля с помощью кубических сплайнов.

*Многовариантное проектирование*. САПР позволяет рассмотреть множество вариантов проектных решений за короткие сроки и выбрать наилучший по ряду технико-экономических показателей.

*Снижение стоимости и материалоемкости строительства*. Оно происходит за счет использования оптимизационных методов. В этих методах формулируется некоторая целевая функция (стоимость строительства,



приведённые затраты, объем земляных работ). Проектное решение будет оптимальным при условиях, при которых она имеет экстремум.

*Применение математического моделирования.* При традиционном способе проектирования дорог (ручном) очень многие процессы поведения сооружений рассматриваются упрощенно, например, теплопередача в многослойных дорожных одеждах и земляном полотне. На самом деле эти явления описываются дифференциальными уравнениями, не разрешимыми в общем виде. Для их решения используются численные методы, которые реализуются только с помощью компьютера.

*Уменьшение вероятности возникновения ошибок.* При обработке материалов изысканий, выполнения расчетов, а также чертежно-графических и оформительских работ при традиционном ручном проектировании возможно возникновение ошибок.

#### **1.3.4 Использование математического моделирования**

В основе математического моделирования лежит идея использования хорошо известных математических уравнений для исследования явлений слабо изученных. Физическая природа процессов, развивающихся в натуре и на модели при этом различна, но сами процессы развиваются по одним и тем же математическим законам. Рассмотрим пример.

А) Расчет консолидации грунта насыпи:

$$\frac{\partial p}{\partial t} = c_v \left( \frac{\partial^2 p}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 p}{\partial y^2} \right),$$

где  $p$  – давление воды в порах грунта,  $c_v$  – коэффициент консолидации.

Б) Расчет температурного поля в теле насыпи:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right),$$

где  $T$  – температура,  $a$  – коэффициент температуропроводности.

Если говорить про традиционный способ проектирования дорог (ручной), то очень многие процессы поведения сооружений рассматриваются упрощенно, например, теплопередача в многослойных дорожных одеждах и земляном полотне, вводно-тепловой режим земляного полотна, консолидация, движения автомобиля по неровному покрытию. На самом деле эти явления описываются дифференциальными уравнениями, не разрешимыми в общем

виде. Для их решения используются численные методы, которые реализуются только с помощью ЭВМ.

Таким образом, математическое моделирование позволяет более достоверно описать процессы, проходящие в конструкции или сооружениях.

Кроме этого, оно дает инженеру возможность проверить работу запроектированных сооружений в экстремальных условиях, например: - при пропуске весьма интенсивных транспортных потоков; - при нестандартных нагрузках; - при изменениях погодных условий и т.п.

Таким образом, с помощью ЭВМ инженер-проектировщик выступает, по сути, как исследователь.

#### **1.4 Современные программные средства, используемые в проектировании транспортных сооружений**

Программы, используемые в автоматизированном проектировании транспортных сооружений, бывают *сертифицированные* и *несертифицированные*. Список делится на несколько классов.

##### **Класс 1. Архитектура и строительство. Генеральные планы:**

- CREDO\_MIX.
- ГЕНПЛАН 1.0 (Кредо-Диалог);
- ПЛАНИКАД – проектирование генеральных планов и вертикальной планировки объектов промышленного назначения и городской застройки.
- GeoniCS\_ГЕНПЛАН.

Одним из отличий, характерных для CREDO ГЕНПЛАН, также, как и для всех систем CREDO III, является новая структура хранения данных. В отличие от систем второго поколения, где вся информация по конкретному объекту хранилась в отдельном каталоге, в CREDO III все данные (геометрия, семантика моделируемых объектов, справочная информация: классификаторы и условные знаки, шаблоны чертежей, стили заполнения и др.) хранятся в базе данных. В системе ГЕНПЛАН 1.0 существует два типа баз данных: персональная (доступ к ней в определенный момент времени имеет только один пользователь); и корпоративная (обеспечивает доступ к данным одновременно нескольким пользователям). Основной единицей хранения данных является Проект. Например, проект цифровой местности, проект горизонтальной планировки, Проект сводного плана сетей и т.п. С проектом могут работать несколько специалистов подразделений.

Горизонтальная планировка или разбивочный план (чертеж) в системе ГЕНПЛАН 1.0 выполняется методами координатной геометрии. Вся геометрия создается на базовых примитивах, включающих точку, отрезок прямой, дугу окружности, клотоиду, гладкосопряженную кривую на основе сплайна.

Используя данные геометрические примитивы, пользователь создает что-то вроде эскиза будущего плана, намечая контуры зданий, определяя конфигурации подъездов, площадок, линий коммуникаций, элементов благоустройства и т.п.

## **Класс 2. Конструктивные решения строительных сооружений:**

- ПЛИТА – проектирование монолитных ж/б покрытий, перекрытий зданий.
- ПОДПОРНАЯ СТЕНА – проектирование и проверка подпорных стен уголкового и массивного типов.

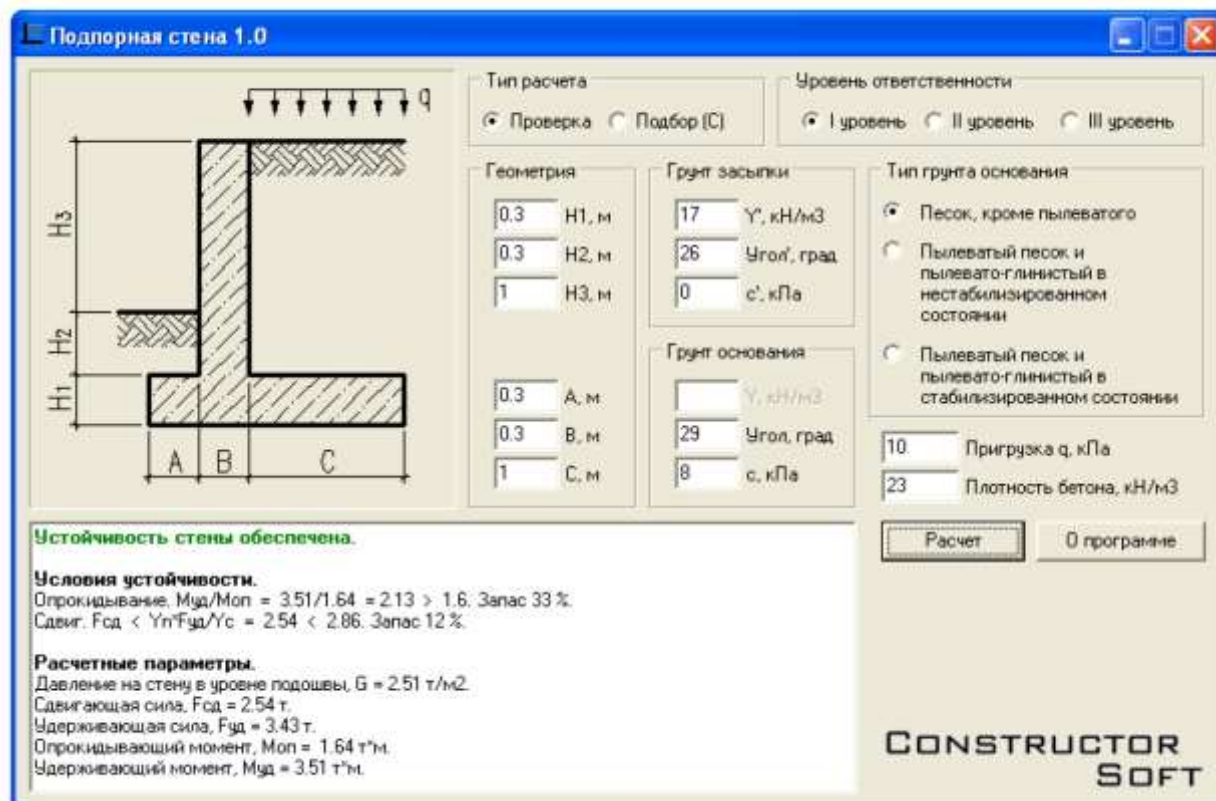


Рисунок 1.2 Рабочее окно программы Подпорная стена 1.0

## **Подкласс 2.32. Сооружения транспорта.**

- ТОПОМАТИК Robur – проектирование автомобильных дорог и городских улиц;
  - САПР ROAD – Проектирование автомобильных дорог;
  - CREDO\_ДОРОГИ – Комплексное проектирование нового строительства и реконструкции автомобильных дорог;
  - GIP – Проектирование автомобильных дорог;
  - Развязка – проектирование пересечений и примыканий автомобильных дорог в одном и разных уровнях;
  - Indor CAD – Проектирование нового строительства;
  - PLATEIA – Проектирование автомобильных дорог.
- Программа PLATEIA (Словения) может решать следующие задачи:

- Обрабатывать данные местности (Layout);
- Осуществлять разбивку дороги (Axis);
- Строить продольный профиль дороги методом тангенсов.

Расчетов дорожных одежд нет. Чтобы проектировать дороги требуется Autocad LDD (Land Development Desktop).

#### **Подкласс 21.04 Инженерно-геодезические изыскания.**

- ЦММ формирование цифровой модели местности;
- CREDO\_DAT – камеральная обработка инженерно-геодезических данных;
- CREDO\_ТОПОПЛАН 1.0;
- RGS – решение геодезических задач;
- ТОПОКАД – построение ЦММ и топоплана;
- CAD\_RELIEF – построение трехмерных моделей рельефа, карт в изолиниях, решение задач на моделях рельефа и вертикальной планировки.
- GeoniCS \_ Топоплан.

#### **Подкласс 21.06. Инженерно-геологические изыскания.**

- GEOLOG – камеральная обработка данных инженерно-геологических изысканий;
- CREDO\_GEO – создание модели геологического строения площадки (рис. 1.3);
- CAD GEO – обобщение, анализ и интерпретация результатов инженерно-геологических изысканий.

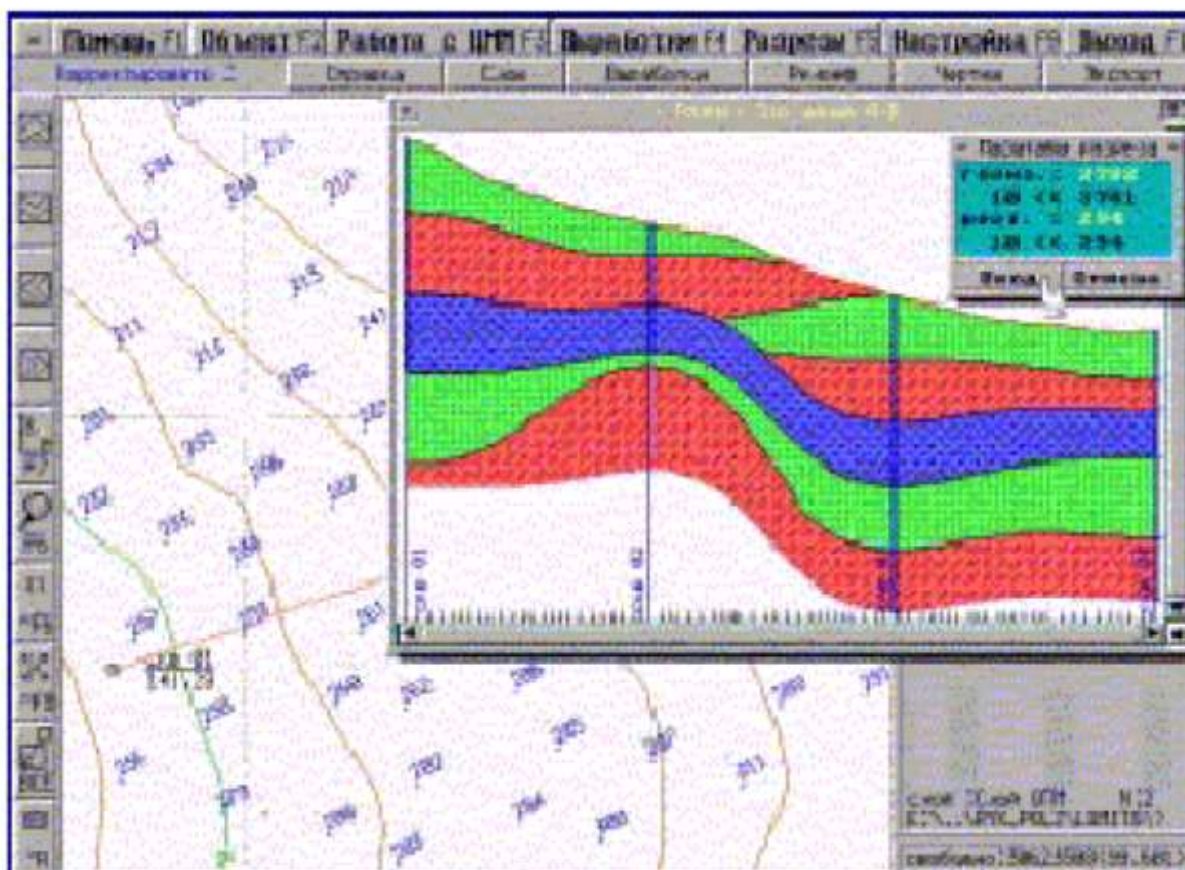


Рисунок 1.3 – Рабочее окно программы CREDO\_GEO

**Программа GeODin** - разработки немецкой компании FUGRO. Эта программа позволяет выполнить не только обработку данных с получением необходимых графиков и таблиц, но также создать Базу Геологических Данных территории, которая может пополняться, корректироваться и использоваться при проектировании других объектов.

**Программный комплекс Plaxis.** Данный комплекс предназначен для выполнения расчетного обоснования проекта, учитывающего совместную работу конструктивных элементов в сложной геотехнической системе «сооружение-основание» с учетом технологии строительства объекта и его дальнейшей эксплуатации. Для линейных сооружений прежде всего выполняются расчеты для обоснования проектов дорожных насыпей разного назначения. При выполнении этих расчетов инженер-проектировщик сталкивается с большим количеством сложных геотехнических задач. Эти задачи связаны с необходимостью учета в проекте ряда важных положений и факторов, к которым можно отнести:

- геологическое строение неоднородного грунтового основания, свойства грунтов и протекающие в них механические процессы;
- особые условия строительства, связанные с близостью существующих сооружений, наличием инженерных коммуникаций;

- технологии строительства земляного полотна и технологии искусственного улучшения грунтов основания;
- применение комбинированных строительных конструкций наземных и подземных сооружений и их взаимодействие с грунтом;
- статические и динамические условия нагружения при строительстве и эксплуатации сооружения.

**Программный комплекс PLATEIA.** Plateia (др.греч) – дорога, путь. Интегрирован в среду AutoCAD. Разработчик фирма CGS (Словения).

Включает инструменты и средства для проектирования новых и реконструкции существующих дорог всех технических категорий.

Включает в себя следующие блоки:

- **Местность** – для работы с картами и ИЦММ, генерирует трехмерную модель рельефа;
- **Оси** - трассировка осевых линий проектируемой дороги;
- **Продольный профиль** – тангенсы и вертикальные радиусы отрисовываются пользователем в интерактивном режиме, контроль на соответствие нормам и стандартам;
- **Поперечные сечения** – использует инструменты «Типовые элементы поперечника (параметрическая отрисовка откосов, канав, растительного слоя, слоя подсыпки т.п.);
- **Транспорт** – предназначена для проектирования пересечений, разметки и дорожных знаков.

**Программный комплекс MX** (компания Intrasoft) существует уже более 28 лет на рынке. В России появился в 2000 г. Он внедрен в таких организациях, как Промтрансстрой, Иркутскгипродорнии, Норильскпроект, Гипротрансмост.

Семейство продуктов MX работает с единой базой данных, которая позволяет пользователю работать с MX на любой платформе: Windows, Autocad, Microstation.

В комплекс входят несколько подсистем:

MX ROAD – проектирование автомобильных дорог;

MX Renew – реконструкция автомобильных дорог;

MX Rail – проектирование и реконструкция железных дорог.

Возможности программы MX ROAD:

- проектирование осевой линии дороги в плане и профиле;
- проектирование проезжей части и обочин дороги и уширений;
- проектирование отгона виражей;
- проектирование примыканий, пересечений, островков безопасности;
- проектирование бордюров, пешеходных дорожек, газонов;

- проектирование дорожных одежд, земляного полотна.
- генерация чертежей;
- статическая и динамическая визуализация.