

УДК 625.72

**ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ САПР
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В СНГ**

Каюмов Дилшод Абдубакиевич

ст. преп., (PhD) Ташкентский государственный транспортный университет (Ташкент, Республика Узбекистан) Dilshod_Kayumov77@mail.ru.

Рахмонов Жамшид Ғайратжон ўғли

Ассистент Ташкентский государственный транспортный университет (Ташкент, Республика Узбекистан) 01011996jr@gmail.com

Мухаммаджонов Муроджон Рустам угли

Ассистент Ташкентский государственный транспортный университет (Ташкент, Республика Узбекистан) murodjon190596@mail.ru

Аннотация: В данной статье будут рассмотрены несколько систем автоматизированного проектирования автомобильных дорог, которые широко используются в настоящее время во многих проектных институтах на территории СНГ. Данные системы помогают существенно сократить время на проектирование основных элементов автомобильных дорог (плана трассы, поперечного и продольного профиля и т.д.).

Ключевые слова: система автоматизированного проектирования автомобильных дорог, элементы автомобильных дорог, геометрические фигуры, план дороги, продольный профиль, поперечные профили, 3D-вид и т.е.

ВЕДЕНИЕ

Автомобильные дороги относятся к разряду капиталоемких линейно-протяженных инженерных объектов, изыскания и проектирование которых представляет во времени и пространстве сложный и многодельный процесс. В отличие от других продуктов человеческой деятельности (одежда,

жилье, механизмы, машины и др.) их невозможно тиражировать по образцу – каждый титул дороги уникален и неповторим, поскольку становится неотъемлемой и взаимодействующей частью (элементом) конкретного ландшафта.

В настоящее время проектирование автомобильных дорог выполняется с широким применением автоматизированных процедур, начиная от сбора и обработки геодезической информации и заканчивая подготовкой чертежей и сметных расчетов. Автоматизация проектирования занимает особое место среди информационных технологий, являясь синтетической дисциплиной, включающей множество информационных элементов: от вычислительных сетей и телекоммуникационных технологий до передовых методов

вычислительной математики и средств моделирования трехмерной виртуальной реальности.

Экономичность и оптимальность принимаемых проектных решений по автомобильным дорогам достигается как за счет творческого потенциала инженера-проектировщика, так и благодаря методам математического моделирования и оптимизации, применение которых возможно лишь в условиях системной автоматизации проектных работ.

В данной статье предлагается обзор зарубежных САПР автомобильных дорог, мало известных в Узбекистане. Стоит отметить, что практически все представленные программы не используются узбекскими специалистами в проектной деятельности. Однако исследование различных САПР может быть очень полезным, поскольку оно позволяет сравнить функциональные возможности, используемые узбекскими и зарубежными специалистами, а также выделить основные тенденции в развитии программного обеспечения для проектирования автомобильных дорог.

Обзоры: Выбраны следующие программные продукты для исследования: Anadelta Tessera (Anadelta Software, Греция), SierraSoft Roads (SierraSoft, Италия), Plateia (CGS plus, Словения), RoadEng (Softree, Канада), Novapoint Road (VIANOVA Systems AS, Норвегия).

Надо сказать, рассмотренные все программные продукты оперируют одними и теми же терминами, описывающими модель дороги: план, продольный и поперечные профили, 3D-вид и прочее. Более того, концепция и технология геометрического проектирования дороги практически одинакова во всех продуктах.

Anadelta Tessera (Anadelta Software, Греция). Anadelta Software — это греческая компания с многолетним опытом разработки программного обеспечения для проектирования автомобильных дорог. Она была основана в 1993 году. Главный продукт компании — программа Anadelta Tessera — широко распространён в Греции.

Программа отличается дружелюбным интерфейсом и позволяет решать все основные задачи, возникающие при проектировании автомобильных дорог. Интерфейс программы доступен на английском, французском и греческом языках.

Работа в программе Anadelta Tessera организована по принципам, присущим большинству распространённых САПР, — она выполняется в нескольких рабочих окнах (план, продольный профиль, поперечные профили, 3D-вид).

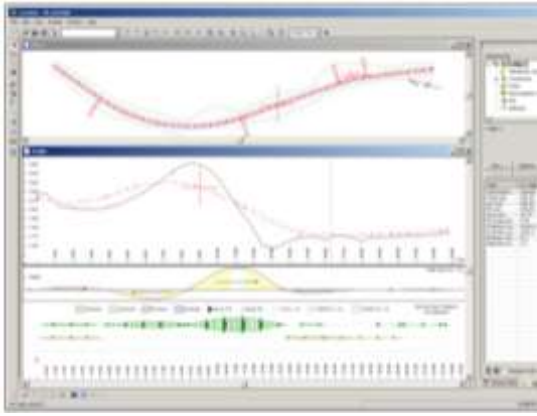


Рис. 1. Интерфейс системы Softree Optimal

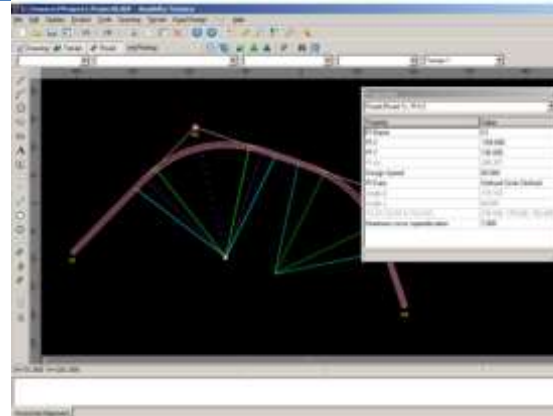


Рис. 2. Отображение поверхности в программе Terrain Tools 3D

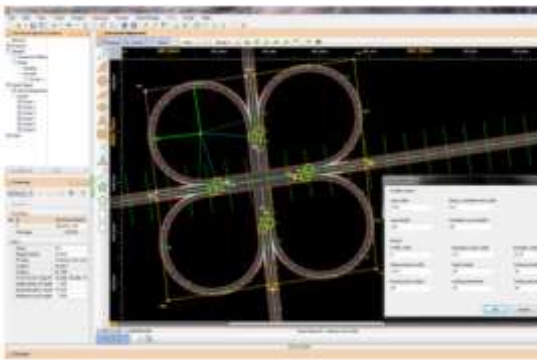


Рис. 3. Создание развязки типа «клеверный лист» в программе Anadelta Tessera

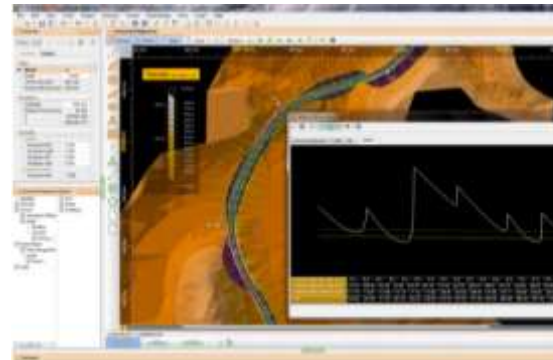


Рис. 4. Анализ видимости в программе Anadelta Tessera

Плановая геометрия трассы может быть определена несколькими способами: визуально на плане, путём импорта данных из текстового файла или заданием необходимых координат в специальной таблице (рис. 2). При трассировании в плане работает наглядная система оповещений об ошибках.

В программе Anadelta Tessera традиционные принципы трассирования в плане расширены возможностью создания составных кривых, получаемых объединением двух последовательно идущих друг за другом вершин. Данный тип вершин используется для моделирования крутых поворотов под острым углом и последовательности «клотоида — круговая кривая — клотоида — круговая кривая — клотоида». Такая вершина воспринимается системой как единое целое, и при редактировании какого-либо параметра пересчитываются все остальные [1].

Также в системе реализованы параболические кривые (парабола—круговая кривая — парабола). Они используются преимущественно при проектировании железных дорог.

Модуль формирования поперечных профилей проработан очень подробно. Базовый сценарий проектирования предполагает использование типовых поперечных профилей, которые при необходимости могут быть изменены.

Типовые поперечные профили поддерживают дороги с двумя проезжими частями, а также исчерпывающий набор элементов, таких как укрепления кюветов, водоотводные лотки, ограждения New Jersey и пр.

Одной из своих самых сильных сторон разработчики системы Anadelta Tessera считают простое и удобное создание развязок в автоматическом режиме (рис. 3). При создании развязки пользователь указывает точки слияния и разделения потоков, и при этом система создаёт полосы разгона и торможения с учётом параметров дорог и заданных ограничений. Далее система выполняет автоматическую синхронизацию поперечных профилей основных дорог и съездов. Для анализа развязки можно сформировать составной поперечный профиль, показывающий одновременно сечение основной дороги и съезда.

Anadelta Tessera может вычислять необходимые расстояния видимости в соответствии с заданной расчётной скоростью. Кроме этого, анализируется видимость в выемке: программа рисует кривые видимости и вычисляет требуемое пространство, необходимое для обеспечения видимости (рис. 4). Также программа может сама внести необходимые модификации в проект (например, существующую поверхность), чтобы обеспечить видимость.

Модуль 3D-изображения является частью CAD-платформы Tessera [1]. Он доступен на любом этапе проектирования. Анализируя модель дороги в 3D-виде, можно получать подробные данные об исходной поверхности и структуре поперечных профилей дороги (рис. 5).

В режиме рендеринга Anadelta Tessera отображает также дополнительную инфраструктуру дороги: ограждения, подпорные стенки, освещение, дорожную разметку и пр. Для большей реалистичности настраивается время суток и погодные условия (рис. 6).

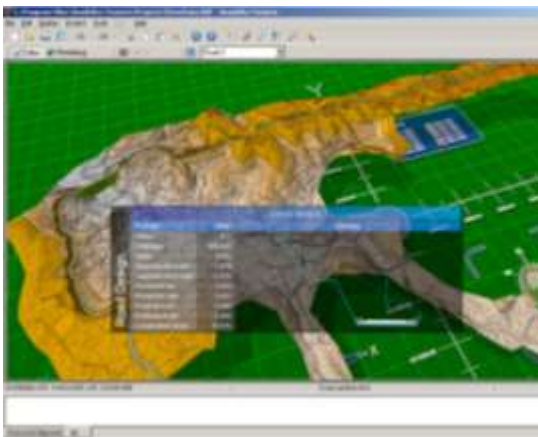


Рис. 5. Анализ проектного решения в 3D-виде программы Anadelta Tessera



Рис. 6. 3D-изображение в программе Anadelta Tessera в режиме рендеринга

SierraSoft Roads (SierraSoft, Италия). Итальянская компания SierraSoft специализируется на разработке программного обеспечения для задач изыскания, проектирования и строительства гражданских объектов.

Продукты компании представлены более чем в 15 странах через сеть официальных дистрибьютеров. Сами программы и техническая поддержка доступны на различных языках. Архитектура программных продуктов компании позволяет адаптировать их под местные нормы и правила.

Первое поколение системы проектирования дорог ProSt вышло в 1992 году. Новое поколение системы для проектирования дорог SierraSoft Roads было анонсировано в 2014 году, а релиз вышел в 2015 году.

Отличительной особенностью программного комплекса Sierra Roads для проектирования автомобильных дорог можно назвать новую платформу M3 Framework, на которой построен нестандартный интерфейс программных систем компании SierraSoft. В системе отсутствуют вкладки и главное меню. Инструменты представлены в виде небольшого количества сгруппированных кнопок создания объектов. При этом все операции по редактированию и анализу проекта вынесены в специализированную область, где в виде таблиц представлены элементы активной трассы (рис. 7).

В программных продуктах SierraSoft поддерживаются динамически выгружаемые объекты, которые помогают держать в памяти только те данные, которые непосредственно в текущий момент используются в программе. Это позволяет работать с большими файлами исходных данных и снимает ограничение на объём оперативной памяти [1].

Проектирование оси в SierraSoft Roads реализовано через построение последовательности сопряжённых элементов. Это довольно удобно в случае, если изначально понятны условия проектирования: радиусы, направление движения и т.д. Однако если проектировщику необходимо постоянно менять плановое положение оси, добиваясь оптимальной конфигурации, такой подход вызовет довольно сильные затруднения.

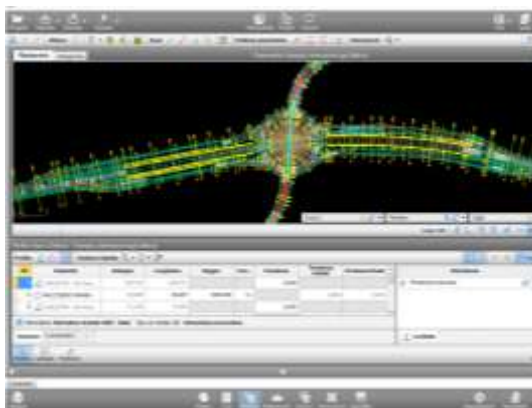


Рис. 7. Интерфейс главного окна системы SierraSoft

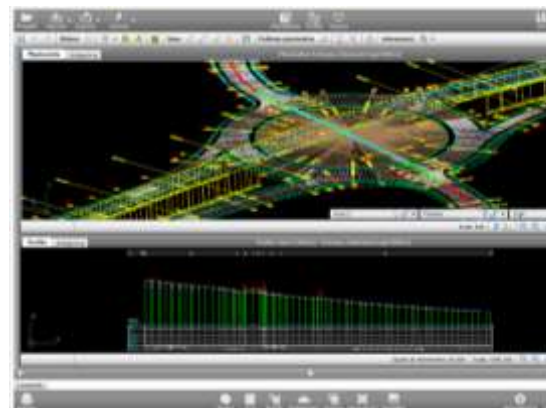


Рис. 8. Кольцевое пересечение, запроектированное в системе SierraSoft

В программе очень удобно проработаны инструменты построения примыкания и сопряжений (рис. 8). Много информации выводится и редактируется в табличном виде. Присутствует удобная и универсальная библиотека поперечных профилей и дорожной одежды.

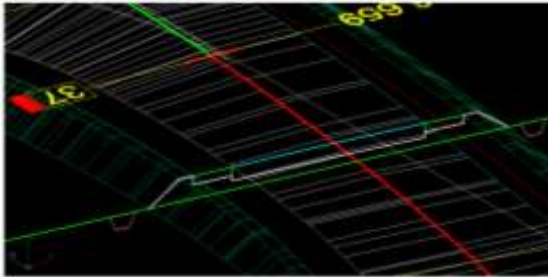


Рис. 8. Режим совместного просмотра плана трассы и структуры поперечного профиля

Ещё одной особенностью Sierra Roads является возможность вращения плана трассы в трёхмерном пространстве и просмотра проектного решения в «проволочном» виде. При этом можно включить специальный режим просмотра выделенного поперечного профиля, при активации которого наглядно отображается проектная поверхность и конструкция дорожной одежды (рис. 8).

SierraSoft Roads обладает обширными функциями по анализу проектного решения (соответствие нормам в плане, профиле, график видимости и пр.). В виде таблиц выводятся площади и объёмы земляных работ и дорожной одежды.

Компания SierraSoft позиционирует свой продукт как «BIM-совместимый». Он содержит функциональные и материальные характеристики разных частей проекта и может быть использован как база данных для предоставления знаний при решении взаимосвязанных задач в рамках всего этапа проектирования.

Также стоит отметить наличие в свободном доступе демонстрационной версии системы. Однако техническая поддержка и обучение работе с программой в Узбекистане пока не доступны.

Plateia (CGS plus, Словения). Компания CGS plus — европейский разработчик программного обеспечения. Начиная с 1990 года CGS plus разрабатывает и поддерживает семейство инженерных приложений для проектирования автомобильных дорог (Plateia), железных дорог (Ferrovial) и речных водных путей (Aquaterra).

Plateia—программное обеспечение, предназначенное для проектирования нового строительства и реконструкции автомобильных дорог

всех категорий: от автомагистралей до городских улиц и проездов [1]. Система может работать на базе платформ AutoCAD, AutoCAD Civil 3D, AutoCAD Map 3D и BricsCAD.

В России система известна под брендом «GeoniCS Автомобильные дороги» и распространяется группой компаний CSoft.

Одной из особенностей системы является то, что её интерфейс переведён на несколько языков, включая русский. Кроме того, система поддерживает стандарты проектирования автомобильных дорог разных стран: Германии, Австрии, России, Польши, Греции, Болгарии, Румынии, Турции, Хорватии, Сербии, Словении.

Ещё одной отличительной возможностью системы можно считать удобный и многофункциональный модуль AutoPath, предназначенный для анализа движения автотранспорта в плане и по линии профиля.

Система Plateia предоставляет пользователю инструменты для выполнения типичной последовательности действий при проектировании автомобильной дороги, начиная с предварительной и заканчивая детальной проработкой проекта с формированием полноценной трёхмерной модели дороги.

Plateia доступна в трёх конфигурациях—Standard, Professional 3D, Ultimate 4D [2] — каждая следующая отличается повышенным набором функционала.

Конфигурация Standard предоставляет типовой набор функций, характерный для любой САПР автомобильных дорог: импорт данных геодезических изысканий и лазерного сканирования, создание цифровых моделей местности, проектирование оси дороги в плане, проектирование продольного профиля и поперечных профилей (рис. 9), инструменты для реконструкции дорог, проектирования пересечений, в том числе кольцевых (рис. 10).



Рис. 9. Редактор поперечных профилей в системе Plateia

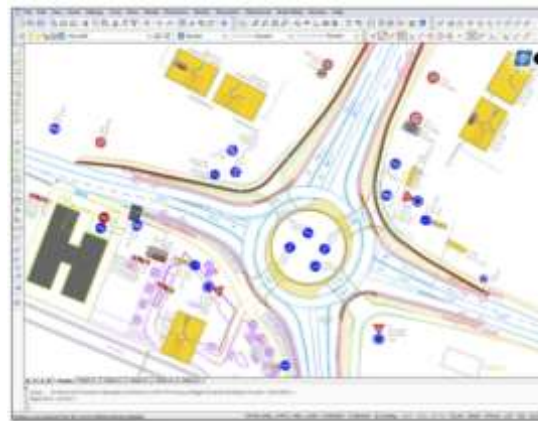


Рис. 10. Пример кольцевого пересечения в системе Plateia

Возможности системы позволяют работать с очень большими объектами (например, объектами длиной более 100 км или объектами с количеством поперечных профилей более 1000). В системе Plateia достаточно хорошо проработан блок анализа проектного решения: возможен анализ видимости, длины тормозного пути, водоотведения. Также формируется график перемещения земляных масс.

Конфигурация Plateia Professional 3D отличается от Standard в первую очередь тем, что в ней формируется цельная 3D-модель дороги (рис. 11). Также

она содержит модуль Autosign, позволяющий автоматизировать процесс проектирования дорожных знаков и дорожной разметки, формировать трёхмерную визуализацию этих объектов, создавать знаки индивидуального проектирования (рис. 12).



Рис. 11. Визуализация

кольцевого пересечения в системе Plateia

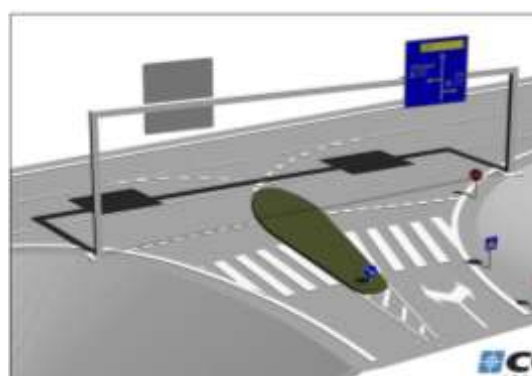


Рис. 12. Трёхмерная

визуализация дорожных знаков и разметки в системе Plateia

О следующей конфигурации — Plateia Ultimate 4D — компания CGS plus заявляет, как о «BIM-совместимой», т.е. поддерживающей технологический процесс проектирования в концепции BIM [2]. В дополнение к возможностям предыдущей комплектации она содержит:

- Функциональность, расширяющую возможности системы до BIM: под этим в Plateia подразумевается возможность формирования не только чертежей, но и ведомостей для последующего составления смет.

- Возможность обмена данными между программными продуктами посредством LandXML.

- Модуль Autopath Swept — набор инструментов для компьютерного моделирования перемещения транспортного средства с учётом его геометрии и различных ограничений, таких как скорость движения, сцепление колес с дорогой, поперечный уклон [2]. С помощью данного модуля можно анализировать траектории движения транспортных средств в горизонтальной (в плане) и вертикальной (в профиле) плоскостях (рис. 13, 14). в России есть аналогичные разработки, например, модуль расчёта коридоров движения транспортных средств в IndorCAD [3].

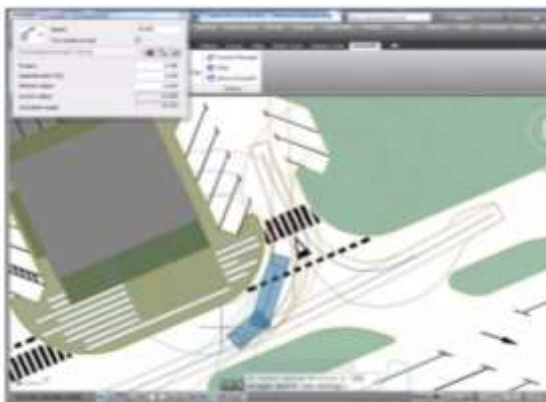


Рис. 13. Анализ траекторий движения транспортных средств в горизонтальной плоскости



Рис. 14. Анализ траекторий движения транспортных средств в вертикальной плоскости

Таким образом, система Plateia обладает весьма типичным функционалом для САПР автомобильных дорог, который вполне может быть перекрыт возможностями отечественных систем.

RoadEng (Softree, Канада). Softree Technical Systems Inc. — небольшая компания, расположенная в Канаде. Своей миссией они считают создание доступного и простого в использовании программного обеспечения в области транспорта и гражданского строительства.

Программный комплекс для проектирования автомобильных дорог состоит из трёх продуктов:

- Terrain Tools 3D — для создания трёхмерных моделей местности;
- RoadEng — для проектирования автомобильных дорог;
- Softree Optimal — для поиска оптимального продольного профиля дороги по критерию наименьшей стоимости.

На рынке программного обеспечения комплекс представлен с 2006 года. Основная целевая аудитория пользователей — это США, Канада и Европа [4].

Исходные данные для построения модели рельефа могут быть импортированы из файлов различных форматов, включая GPS, DWG, GIS-данные и растровые изображения (рис. 15). Программа позволяет управлять огромными массивами точек, такими как облака точек лазерного сканирования.

Рабочая область представляет стандартный набор из четырёх рабочих окон: план, продольный профиль, поперечный профиль и данные. Все окна взаимосвязаны — любые изменения, сделанные в одном из окон, сразу же отображаются в других. При создании плана трассы можно сразу контролировать положение подошв откосов, границ полос отвода, уклонов и объёмов (рис. 16).

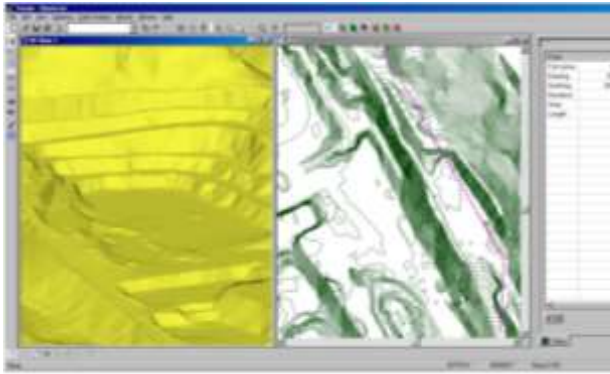


Рис. 15. Отображение поверхности в программе Terrain Tools 3D

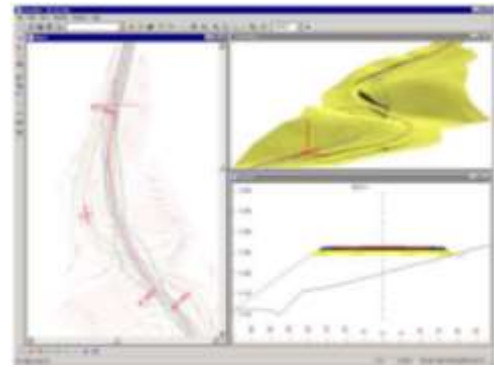


Рис. 16. Отображение взаимосвязанных окон в системе RoadEng

RoadEng — это простая и удобная в работе программа, обладающая минимальным набором функций для проектирования линейно-протяжённых объектов. Программа больше подходит для выполнения небольших по масштабу проектов. Совместимость с другим программным обеспечением реализована через использование LandXML.

В программе RoadEng широко используются шаблоны для выполнения типовых операций. Редактор шаблонов позволяет моделировать типовые поперечные профили, задавая кюветы, дорожную одежду, материалы основания, полосы уширения, бортовые камни, тротуары [4].

Интересным решением является программа Softree Optimal, которая может использоваться совместно с RoadEng. Она позволяет выполнять поиск оптимальной геометрии продольного профиля оси дороги по критерию наименьшей стоимости.

Softree Optimal работает на основе данных о существующей поверхности, положения оси дороги в плане, структуры поперечных профилей и некоторых параметров проектирования.

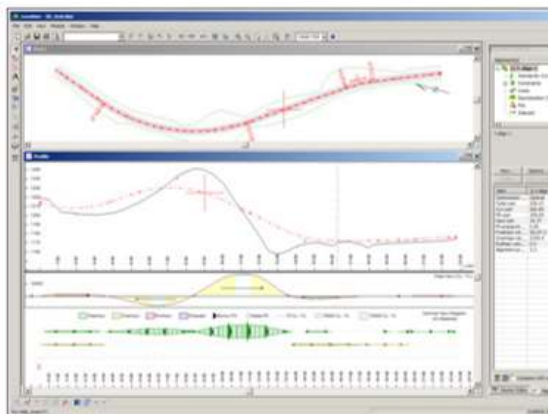


Рис. 17. Интерфейс системы Softree Optimal

Данные о поверхности и положении трассы в плане могут быть импортированы из внешних файлов, например XML, или созданы в RoadEng. При поиске наилучшего решения формируется оптимальный план перемещения земляных масс с минимизацией стоимости перемещения материалов [4]. Также

минимизируются объёмы насыпи и выемки (рис. 17). В Узбекистане программное обеспечение компании Softree не представлено

Novapoint Road (VIANOVA Systems AS, Норвегия). Компания VIANOVA Systems является лидером в Скандинавии в области разработки программного обеспечения для проектирования объектов транспортной инфраструктуры. Novapoint — это линейка продуктов, которые используются как дополнительные модули для продуктов Autodesk. С 1988 года разработано уже более 25 приложений для проектирования объектов транспортной инфраструктуры [5].

Непосредственно для проектирования автомобильных дорог компания предлагает разработку Novapoint Road, которая представлена в двух комплектациях — Standard и Professional. Помимо этого, имеется модуль для проектирования дорожных знаков Novapoint Road Signs, модуль для проектирования дорожной разметки Novapoint Road Marking и ряд других. Novapoint Road — это инструмент для создания планов строительства автомобильных дорог всех категорий, улиц и пересечений. Он интегрирован с другими модулями Novapoint и может предоставить для них исходные данные, чтобы выполнить, например, проектирование водоотвода, проектирование мостов и туннелей и пр.

Novapoint Road состоит из следующих основных блоков: проектирование плана трассы, проектирование структуры дороги, проектирование пересечений, проектирование продольного профиля, вычисление объёмов, выпуск чертежей и 3D-представление.

Стоит отметить, что компания VIANOVA Systems не предоставляет демонстрационные версии своих продуктов, а материалы рекламного характера, доступные на сайте компании, и небольшое количество обучающих видеороликов в свободном доступе дают лишь поверхностное представление о программе.

В системе Novapoint Road геометрия дороги в плане связана с её продольным профилем, и это позволяет инженеру одновременно контролировать результаты проектирования оси трассы в плане, поперечные профили и 3D-вид дороги (рис. 18). Интеграция с Autodesk Map реализует современный подход к проектированию оси дороги (рис. 19).

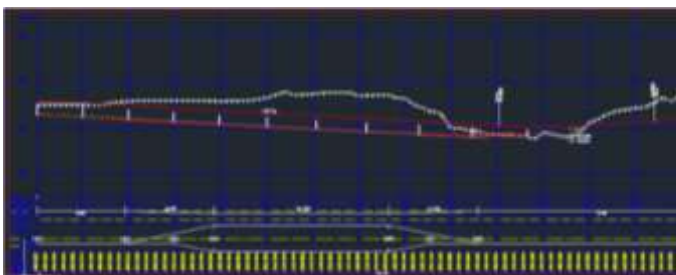


Рис. 18. Продольный профиль в системе Novapoint Road



Рис. 19. Интеграция системы с Autodesk Map

Поперечные профили дороги, виражи и уширения генерируются на основе национальных стандартов дорожного проектирования. По параметрам, заданным пользователем, автоматически вычисляются кюветы, выемка и насыпь грунта. Также доступна функциональность по усилению и рациональному использованию существующей дорожной одежды [5]. Проектирование поперечных профилей может выполняться в рамках расширенной модели, когда на одном поперечном профиле редактируются одновременно сечения нескольких дорог и может быть выполнена их взаимная увязка (рис. 20).

Система Novapoint Road ориентирована более всего на Северную Европу. Основным языком интерфейса — английский. Кроме того, в ней поддерживаются стандарты и языки скандинавских стран: Норвегии, Швеции, Дании, Финляндии.

Проектирование пересечений представлено функциями для создания кольцевых пересечений, Т- и Х-образных пересечений. Проектирование основано на предустановленных шаблонах и выполняется после задания ряда базовых параметров.

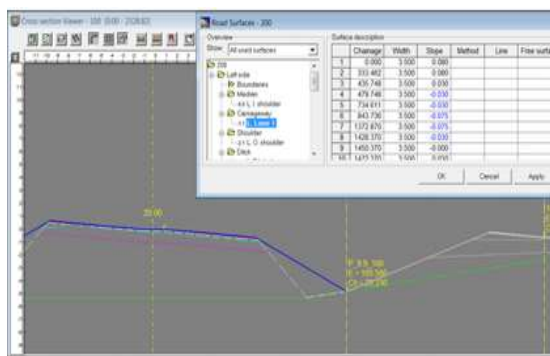


Рис. 20. Одновременное редактирование сечений двух дорог в системе Novapoint Road



Рис. 21. Модуль для визуализации проектных решений NovapointVirtual Map

Novapoint Road содержит прямой экспорт в Novapoint Virtual Map — приложение, предназначенное для визуализации моделей, подготовленных в программах VIANOVA Systems, и выявления в этих моделях конфликтов (рис. 21).

Модель, подготовленная в Novapoint Road, может быть экспортирована в файлы внутренних форматов или в LandXML.



Рис. 22. Интерфейс системы Учитывая современные тенденции развития программного обеспечения, VIANOVA Systems разработала также новые решения для BIM для инфраструктуры — Novapoint DCM (рис. 22) и Quadri^{DCM}. Они основаны на уже имеющихся в компании наработках, в том числе перечисленных выше Novapoint Road, Novapoint Virtual Map и пр.

Компания VIANOVA Systems смело заявляет о своих новых разработках как о «первом наборе технических средств, который делает возможным BIM для инфраструктуры» [5]. Среди основных возможностей они выделяют следующие:

- Novapoint^{DCM} основан на информационном моделировании, позволяющем в течение всего жизненного цикла объекта повторно использовать инфраструктурные данные: в планировании, проектировании, строительстве и содержании.

- Информация из Novapoint^{DCM} может быть использована в других системах, поддерживающих открытый формат обмена данными GML.

- Quadri^{DCM} — облачная платформа, обеспечивающая совместную работу над одним проектом и позволяющая интегрировать разные данные в единую BIM-модель.

Нельзя не отметить, что в различных презентационных материалах нового продукта для информационного моделирования подробно демонстрируется лишь этап проектирования объектов инфраструктуры, а процесс строительства и содержания не освещается в должной мере.

Заключение: Выборочный анализ некоторых программных решений в области САПР автомобильных дорог позволяет выделить основные тенденции развития в дорожном проектировании. Все системы на данный момент уже обладают необходимым функционалом для выполнения широкого круга задач проектирования. В одной системе чуть более удобны одни инструменты, в другой — другие. Поэтому выбор подходящей САПР порой переходит в плоскость субъективного восприятия системы, где немаловажную роль играет удобный и дружелюбный интерфейс системы, простота освоения, а также продуманная и логичная технология работы.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. А.В.Каменчуков. «Автоматизированное проектирования автомобильных дорог и транспортных сооружений» Изд-ва М. 2014 г. стр. 140.

2. Скворцов А.В. BIM для дорожной отрасли: что-то новое или мы этим уже занимаемся? // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 1(2). С. 8–11. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.1.2

3. Система проектирования IndorCad. Проектирование автомобильных дорог / И.В.Кривых, Д.А. Петренко, В.Н. Бойков и др.–Томск: Изд-во Том. ун-та, 2008. – 250 с.
4. Скворцов А.В. Трудности перехода от автоматизированного проектирования к информационному моделированию дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 4–12. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.1.
5. Елугачёв П.А., Катасонов М.А., Елугачёв М.А. Обоснование ширины и количества полос движения на кольцевых пересечениях автомобильных дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. № 1(1). С. 24–28. DOI: 10.17273/CADGIS.2013.1.5.
6. Системы на платформе CREDO III. Руководство пользователя. Работа в плане. – Минск: Кредо-Диалог, 2008. –368 с.
7. Гнездилова, С. А. Автоматизированное проектирование дорог: учебное пособие / С. А. Гнездилова, А. С. Погромский. — Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2017. — 72 с.
8. Пуркин В.И. «Основы автоматизированного проектирования автомобильных дорог» Учеб. пособие / МАДИ (ТУ). – М.: 2000. - 141 с.