

Обзор возможностей систем эскизного проектирования автомобильных дорог

DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.10

Князюк Е.М., технический писатель ООО «ИндорСофт» (г. Томск)

Рассматриваются основные задачи, стоящие перед программными продуктами для эскизного (концептуального) проектирования автомобильных дорог. Описываются основные возможности некоторых специализированных программных продуктов, используемых на данном этапе проектирования.

1. Введение

Жизненный цикл автомобильной дороги представлен последовательностью этапов существования объекта, от идеи и обоснования необходимости в дороге до её ликвидации. Результатом каждого из этапов является информационная модель объекта определённой детализации, достаточной для принятия решения именно на этом этапе [1].

Основной целью предпроектного этапа является подбор вариантов дороги и оценка их приблизительной стоимости. Главным критерием при оценке проектных решений является стоимость дороги, включая стоимость строительства и эксплуатационные затраты за определённый период. Такие возможности уже имеются в BIM-

решениях для зданий, поэтому, в свете возрастающего интереса к BIM для автомобильных дорог, спрос на такие продукты появляется и в дорожной отрасли [2, 3].

Задачи эскизного (концептуального или вариантного) проектирования частично могут быть покрыты возможностями традиционных САПР. Однако существует и специализированный класс программного обеспечения, позволяющего в сжатые сроки «набросать» углублённую модель автомобильной дороги. Наиболее яркими представителями рынка являются давно известная и зарекомендовавшая себя система KorFin (A+S Consult GmbH, Германия) и быстро набирающие популярность системы InfraWorks 360 (Autodesk Inc., США) и QuantM (Trimble Navigation

Ltd., США). Также в рамках данной статьи уделяется внимание менее известным программным продуктам VIS All 3D (John-Service Software GmbH, Германия) и EngOnCloud (EngOnCloud Technologies, Канада).

В данной статье рассматривается полнота реализации процессов предпроектной стадии жизненного цикла дорог в озвученных программных продуктах.

2. Требования к системам эскизного проектирования

Основу каждого этапа работы над проектом составляют процессы, определяющие работу с моделью дороги. Основной лейтмотив при рассмотрении программных решений на этапе эскизного проектирования — экономическая составляющая, поэтому все процессы предпроектного этапа должны гибко регулироваться в контексте итоговой стоимости. Реализацию этих процессов мы и будем рассматривать в качестве критериев оценки программного обеспечения.

Программные продукты для эскизного проектирования должны обеспечивать решение основных стоящих на данном этапе задач.

Подготовка исходной модели местности

Исходные данные могут быть получены из открытых источников в интернете (интернет-карт с данными о рельефе) или с использованием имеющихся данных изысканий путём их импорта в программу. При эскизном проектировании достаточно довольно грубой модели, поэтому возможность использования интернет-карт является преимуществом для систем на этом этапе [4]. В то же время уже на этапе предпроекта могут иметься данные геодезических изысканий или готовые модели поверхности, полученные на их основе, поэтому должна существовать возможность подгружать такие данные.

Для создания базовой модели, на основании которой выполняется эскизное проектирование, необходимы данные о рельефе, а также вся имеющаяся информация о существующей ситуации в месте проектирования, включая данные о существующих дорогах, реках, зданиях, деревьях.

Основной лейтмотив при рассмотрении программных решений на этапе эскизного проектирования — экономическая составляющая...

Среди прочего необходима программная возможность для задания регионов, особым образом влияющих на траекторию и стоимость дороги при её прохождении через эти участки. К таким данным относятся, например, границы особо охраняемых и подтопляемых зон, кадастровых участков, градостроительные планы земельных участков и пр. Другим вариантом решения этой задачи может являться наложение на поверхность растровых изображений с отображением всех необходимых регионов.

Геометрическое трассирование дорог

Наиболее сообразующаяся с рельефом и ситуацией траектория дороги может быть достигнута сплайновым трассированием. Однако в большинстве современных систем проектирования автомобильных дорог используется тангенциальный ход, позволяющий точно соответствовать ограничениям на допустимые радиусы согласно категории дороги.

Системы эскизного проектирования должны поддерживать национальные стандарты или позволять использовать пользовательские шаблоны конструкций дороги, включая такие элементы, как элементы поперечного профиля, параметры дорожной одежды и заложение откосов.

Проектирование продольного профиля

Итоговый объём земляных работ во многом является показателем качества продольного профиля. На современном этапе технически реализуем автоматический расчёт линии продольного профиля и вписывание дороги в рельеф. В случае ручного редактирования, как и в случае автоматического подбора, должны учитываться ограничения на предельные уклоны и радиусы кривых. При создании эскиза дороги важно сразу видеть, как дорога повлияет на существующую ситуацию и рельеф, — такую возможность предоставляют системы с трёхмерной средой проектирования.

Вариантное проектирование и сравнение вариантов

Подбор альтернативных вариантов может выполняться вручную или автоматически. При подборе альтернативных решений вручную программой должна предоставляться возможность разработки альтернатив на основе существующего варианта. Эффективность автоматизированного подбора маршрутов зависит от возможности учёта социальных, экологических и экономических факторов.

Упростить выбор оптимального варианта позволяет наличие инструментов для сравнения проектных решений по значимым критериям.

Демонстрация решения заинтересованным лицам

Для демонстрации проектного решения программными продуктами, применяемыми на предпроектном этапе, должны предоставляться инструменты для создания презентаций, видеороликов или качественных изображений модели дороги, а также выгрузки их из системы или иные способы обмена демонстрационными материалами.

Экспорт модели

Концепция информационного моделирования предполагает возможность обмена данными модели на различных этапах жизни объекта [2]. Полученная на этапе предпроекта эскизная модель должна быть передана на проектный этап для дальнейшей детализации. Для этого программные продукты должны предоставлять возможности экспорта данных модели в обменные форматы, поддерживаемые системами для проектирования дорог.

3. Возможности систем для эскизного проектирования

Имея представление о том, какие процессы должны обеспечиваться на стадии эскизного проектирования, мы можем приступить к рассмотрению возможностей выбранных программных продуктов.

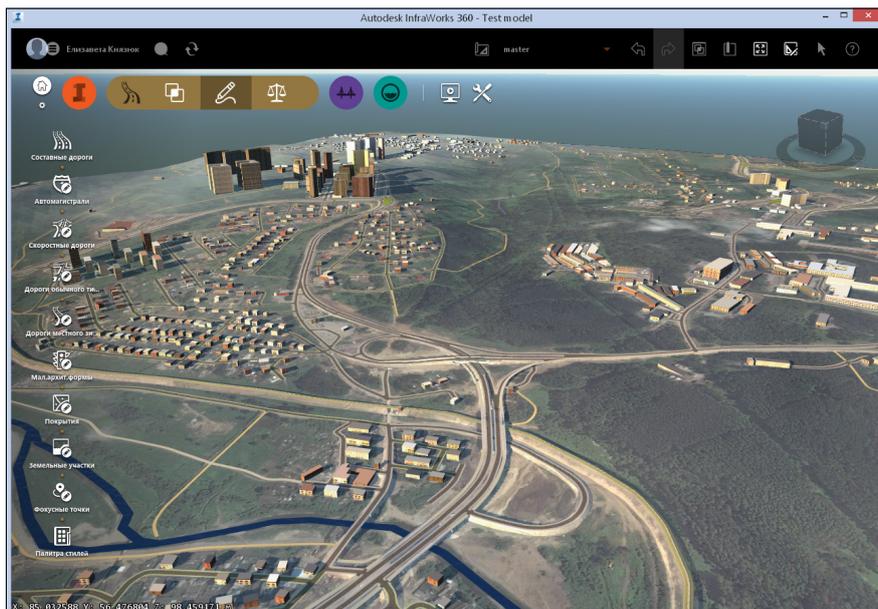


Рис. 1. Главное окно системы InfraWorks 360

InfraWorks 360 (Autodesk Inc., США)

Система InfraWorks 360 представляет собой интуитивно-понятный инструмент для эскизного проектирования объектов инфраструктуры в трёхмерной среде (рис. 1) [5].

Система позволяет быстро создать исходную модель на основании интернет-карт или собственных данных. В первом случае используется модуль Model Builder для автоматического построения модели с данными о рельефе, водоёмах, существующих автомобильных и железных дорогах и зданиях. Модель поверхности базируется на данных SRTM с шагом 30 м с абсолютной точностью по высоте 20 м и относительной — 1 м, растровое изображение, наложенное на рельеф, предоставляется сервисом BingMap, векторные данные моделей объектов ситуации берутся из OpenStreetMap.

При наличии собственных исходных данных они могут быть дополнительно подгружены в су-

ществующую модель или являться основой новой модели. В качестве рельефа могут использоваться растровые данные (сетки) или векторные данные (файлы TIN или контура). Для импорта земельных участков и других площадных объектов могут быть использованы файлы AutoCAD Civil 3D DWG, IMX, CityGML, LandXML, SDF, шейп-файлы ESRI или SQLite. Трёхмерные модели дорог, деревьев, зданий, трубопроводов могут быть импортированы из файлов 3DS, DAE, FBX, OBJ, DWG, DXF, DGN. Также доступны и другие форматы импорта, обеспечивающие создание достаточной для воспроизведения существующей ситуации и инфраструктуры.

Для эскизного проектирования дорог используется модуль Roadway Design. Создание дороги начинается с выбора шаблона: в системе реализован ряд шаблонов конструкций дорог с различной расчётной скоростью. При необходимости можно создавать свои шаблоны. Трассирование выполняется путём задания тангенциально-

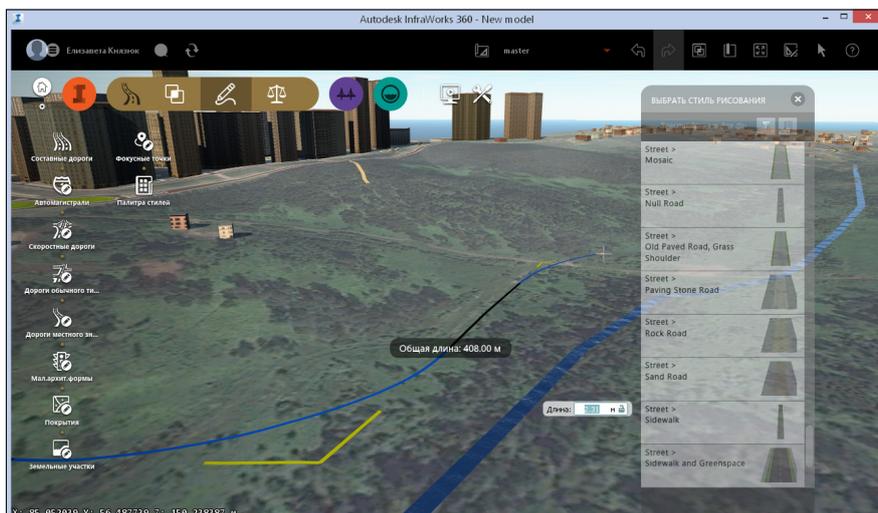
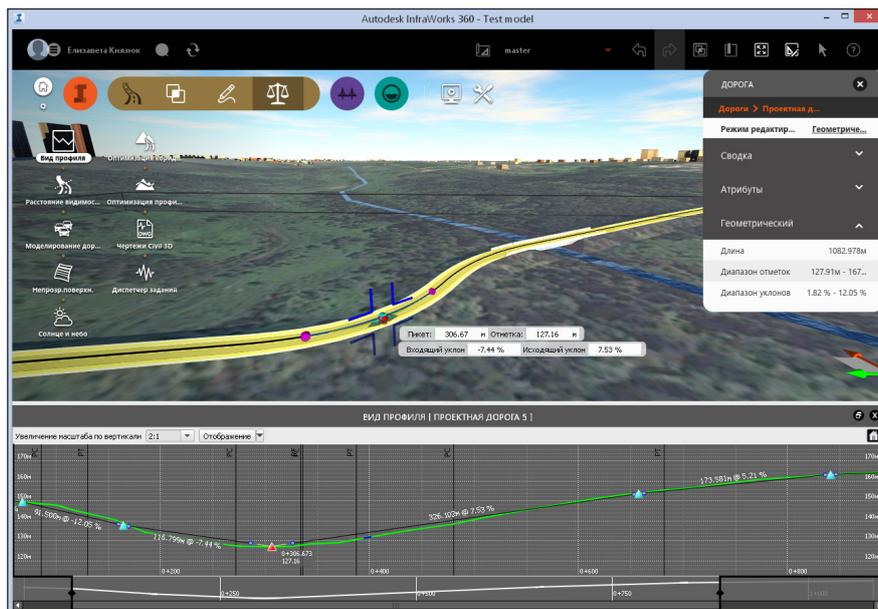


Рис. 2. Трассирование методом тангенциального хода в системе InfraWorks 360

Рис. 3. Редактирование продольного профиля дороги в системе InfraWorks 360



го хода непосредственно в трёхмерной среде (рис. 2). При пересечении дороги с другой дорогой автоматически создаётся перекрёсток. В местах пересечения с дорогами или водоёмами несколькими щелчками мыши можно запроектировать мост.

В режиме редактирования можно уточнить геометрические характеристики, задать количество полос движения, параметры откоса, а также стили оформления для участков дороги. Редактирование параметров трассировки и продольного профиля выполняется также в 3D-модели, что позволяет сразу увидеть, как дорога повлияет на рельеф и как она вписывается в существующую ситуацию. Помимо интерактивного редактирования в 3D-виде, продольный профиль также может быть откорректирован в отдельном окне (рис. 3).

В настоящий момент компанией Autodesk заявлен тестовый инструмент Corridor Optimization для автоматического подбора вариантов маршрута дороги в зависимости от заданных ограничений с учётом зон обхода и карты пригодности, на которой поверхность, занимаемая теми или иными объектами, окрашена в соответствии с обозначенной пригодностью территории для строительства дороги (рис. 4). Модуль позволяет автоматически находить траекторию дороги между двумя точками в заданных границах модели. По результатам оптимизации доступен подробный отчёт с информацией по объёму и стоимости работ.

Для расчёта оптимального вертикального профиля в InfraWorks имеется модуль Profile Optimization. С его помощью можно на основании заданных ограничений, таких как мини-

Рис. 4. Карта пригодности (приведённой стоимости) для поиска оптимального коридора дороги в InfraWorks 360



мальный уклон, учёт местоположения и ёмкости карьеров, получить оптимальный вариант вертикального профиля.

Рассчитанная стоимость учитывает углублённые стоимости земляных работ (экскаваторные работы, транспортировка грунта, объёмы насыпи, выемки и пр.) и строительства (дорожные одежды, искусственные сооружения и пр.). Затраты на единицу работ настраиваются в параметрах оптимизации.

Анализ альтернативных вариантов проектного решения выполняется с помощью представлений — альтернативных проектов, которые могут создаваться вручную или автоматически по результатам выполнения оптимизации.

Для демонстрации проектного решения InfraWorks 360 предоставляет гибкие возможности создания презентационных роликов путём задания траекторий движения камеры с последующим экспортом в файл AVI. Также можно сохранить в файл PNG или TIF изображение модели, предварительно настроив время суток, параметры яркости и направления солнечного света и пр. Благодаря облачным вычислениям InfraWorks 360 позволяет создать единую среду данных, с которыми могут работать как пользователи системы, так и любые заинтересованные лица, у которых система не установлена. Благодаря этому демонстрация решения может производиться по ссылке с помощью веб-браузера.

Для передачи на следующий этап проектирования полученная модель может быть экспортирована в различные форматы таких приложений, как AutoCAD Civil 3D, и в другие популярных форматы, предназначенные для обмена данными: IMX, FBX, OBJ, DAE.

QuantM (Trimble Navigation Ltd., США)

Система QuantM позволяет создавать проектные варианты автомобильных дорог с учётом множества факторов, которые гибко настраиваются путём задания на плане особых зон, тем или иным образом влияющих на траекторию прохождения дороги, а также на стоимость строительства при её прохождении по этим участкам (рис. 5) [6].

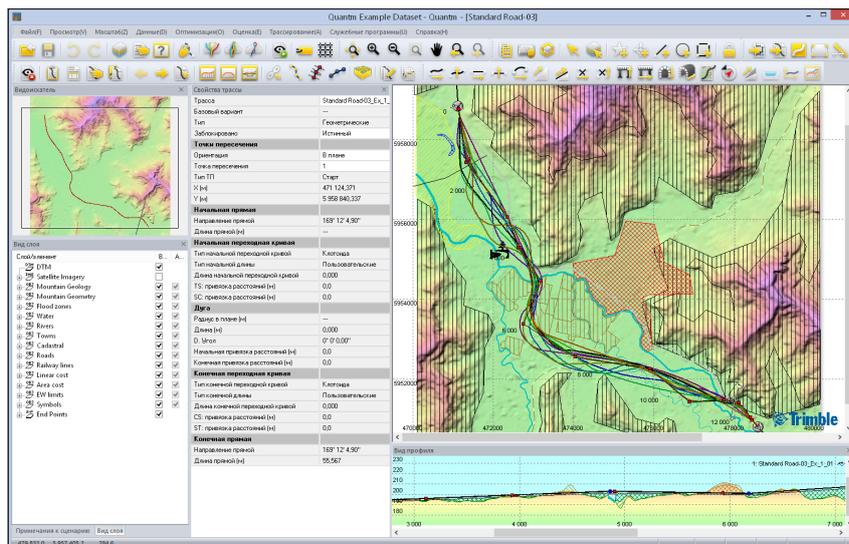


Рис. 5. Главное окно системы QuantM с отображением вариантов маршрута дороги

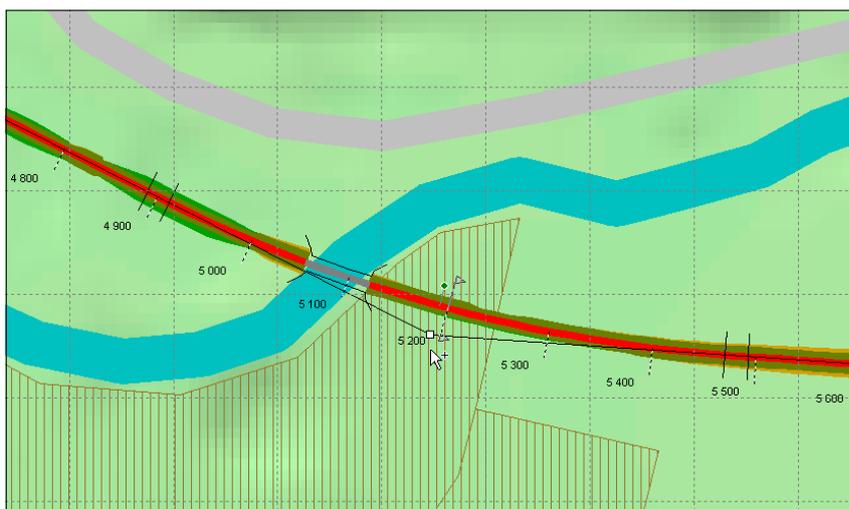


Рис. 6. Редактирование трассы в плане в системе QuantM

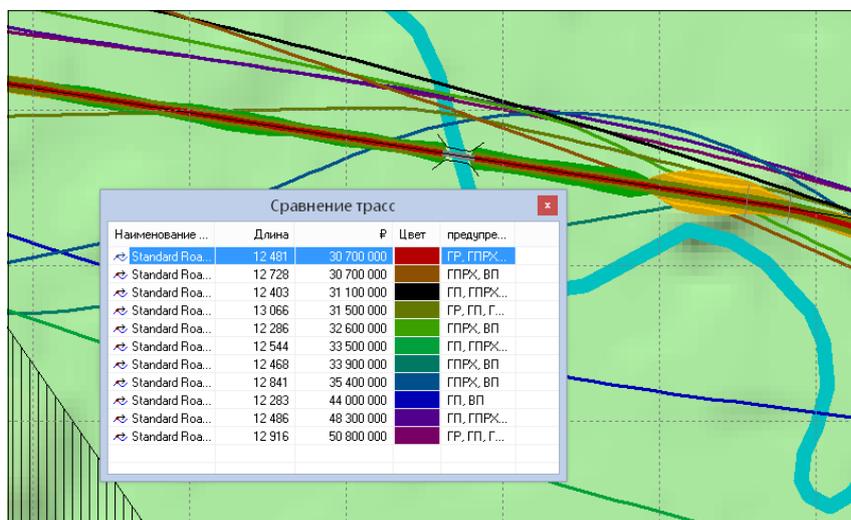


Рис. 7. Сравнение рассчитанных в результате оптимизации вариантов трасс в QuantM

Исходная модель, на основании которой ведётся работа в системе, создаётся на основе данных о поверхности, различных объектах ситуации, включая реки, существующие дороги, а также экологические, геологические, экономические зоны. В систему могут быть импортированы файлы форматов DWG, DXF, DNG, шейп-файлы ESRI, секции XY(Z), 12D, MX Genio.

Для апробации различных проектных решений в программе QuantM используются сценарии, в которых хранится набор исходных данных, шаблоны конструкций дороги с обозначенными ограничениями, а также параметры стоимости.

Система не поддерживает интерактивное трёхмерное проектирование, поэтому при работе используются традиционные в САПР план, окно продольного и поперечного профилей, а 3D-вид представлен в качестве отдельной возможности для визуализации решений. Подбор вариантов трассировки выполняется на основании предварительно заданных точек начала и конца дороги, между которыми в ручном или автоматизированном режиме задаётся маршрут дороги. При трассировании вручную пользователь задаёт вершины тангенциального хода, а радиусы в соответствии с ограничениями сценария вписыва-

ются уже по завершении построения (рис. 6). Такая последовательность представляется не всегда удобной, поскольку снижает наглядность при трассировании, исключая возможность построения маршрута с учётом вписанных радиусов. При пересечении реки на дороге автоматически добавляется мостовое сооружение; тоннели также добавляются автоматически в зависимости от рельефа.

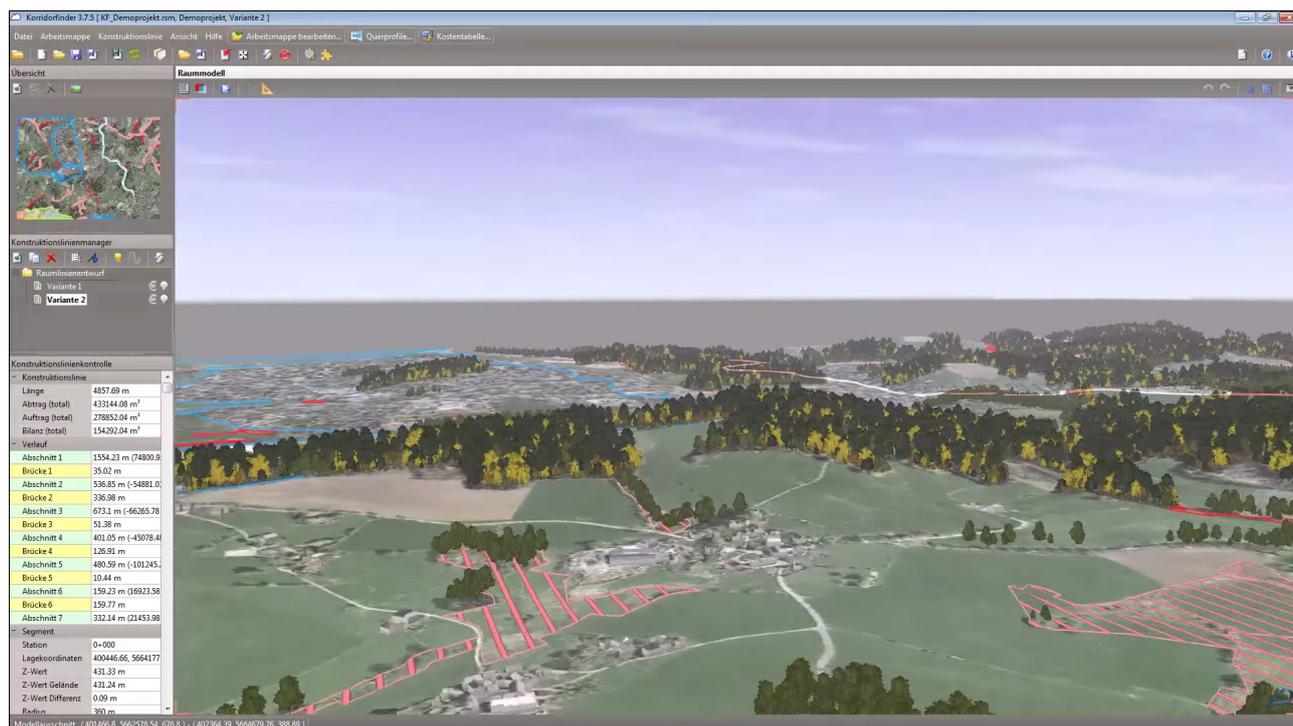
Продольный профиль дороги подбирается автоматически и отображается в отдельном окне, в котором также обозначаются области выемки и насыпи, мостовые сооружения и туннели. Также здесь можно отобразить диаграмму перемещения земляных масс. Точные значения параметров трассировки и продольного профиля можно задать вручную в отдельном окне.

Программа позволяет выполнять несколько вариантов оптимизации в зависимости от того, нужно ли оптимизировать только вертикальную геометрию, не меняя при этом горизонтальную геометрию, нужно ли учитывать при поиске альтернативных вариантов существующее решение или требуется подобрать независимые варианты различных маршрутов с учётом рельефа, стоимости и прочих факторов, заданных в сценарии.

Для сравнения все подобранные автоматически или созданные вручную варианты дороги можно отобразить на плане, а также в виде списка с указанием длины и стоимости каждого варианта (рис. 7). Такая реализация позволяет учесть при сравнении множество факторов как в числовом, так и в визуальном виде.

В программе присутствуют обширные возможности для расчёта стоимости строительства дороги. Так, помимо стоимости земляных работ, дорожного покрытия, искусственных сооружений, на итоговую стоимость влияют задаваемые пользователем регионы с обозначенной стоимостью работ, а также фиксированные затраты, не зависящие от конструкции дороги. Возможность задавать пользовательские разделы сметы с обозначением соответствующих работ на плане значительно расширяет эффективность и точность расчёта стоимости и является отличительной особенностью программы QuantM.

Для презентации вариантных решений можно создать ролик проезда по дороге в формате WMV или сохранить снимок модели в настроенных условиях облачности, дальности прорисовки рельефа и движущихся по дороге автомобилей.



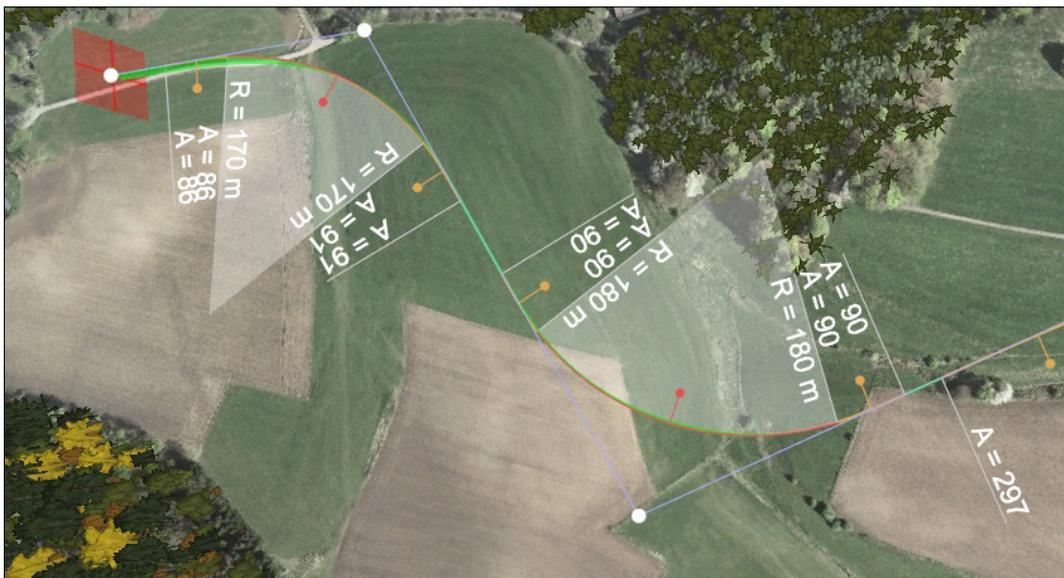


Рис. 9. Трассирование дороги методом тангенциального хода в системе KorFin

Система позволяет выполнять экспорт одного или нескольких вариантов дороги в различные форматы, среди которых XYZ, MX Genio, 12D Model, DXF-XYZ, DXF-XY, DXF-Z & Land, шейп-файлы ESRI, LandXML, TerraModel PRO, Google Earth, UCWinroad.

KorFin (A+S Consult GmbH, Германия)

Система KorFin используется для предварительного проектирования автомобильных и железнодорожных дорог, а также линий электропередачи на основании трёхмерной модели (рис. 8) [7].

Для получения исходной модели могут использоваться различные данные, в том числе данные изысканий (DXF, TXT, ASCII), библио-

теки NASA, результаты воздушного лазерного сканирования, картографические материалы. Как и программы, рассмотренные выше, KorFin позволяет обозначать в модели особые зоны, отражающие кадастровые, экологические и прочие факторы.

В KorFin реализованы гибкие возможности трассирования, что выражается в поддержке системой двух отдельных режимов трассирования: классического (рис. 9) и сплайнового. В обоих случаях сначала задаются начальная и конечная точка дороги, а потом настраивается геометрия в зависимости от типа трассирования.

При трассировании дорога сразу не вписывается в рельеф, и продольный профиль представляется прямой линией, поэтому его проектирование полностью возлагается на пользователя.

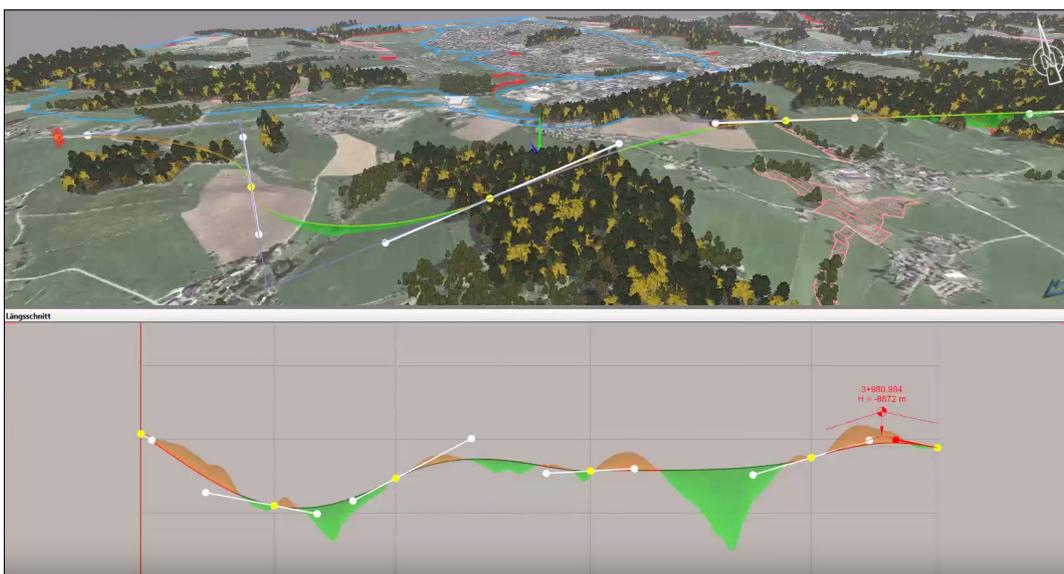


Рис. 10. Редактирование продольного профиля дороги в системе KorFin

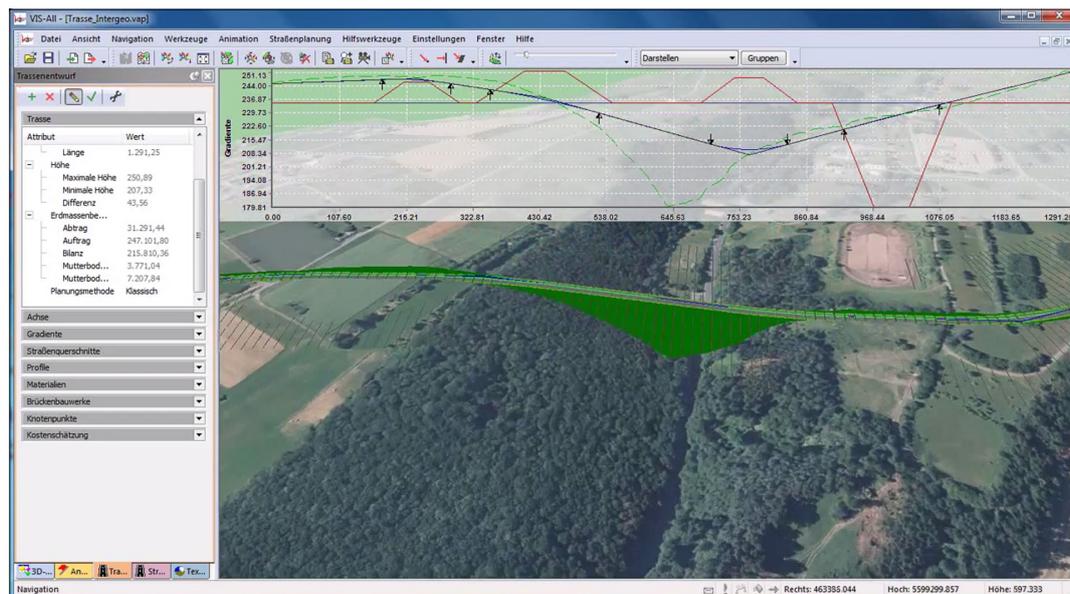


Рис. 11. Главное окно системы VIS All 3D

Так же, как и при трассировании, редактирование продольного профиля доступно с помощью классических элементов или слайдов (рис. 10). Конструкция дороги назначается уже после создания трассы. Для этого используются шаблоны поперечного профиля на основании российских и международных стандартов.

В зависимости от рельефа местности автоматически создаются мостовые и тоннельные сооружения, стоимость которых учитываются при расчёте общей стоимости дороги наряду со стоимостью земляных работ, искусственных сооружений, дорожной одежды и пр.

Для целей презентации могут быть подготовлены изображения проекта и видеоролики проезда по дороге с возможностью сохранения в файл AVI. Данные итоговой модели могут быть экспортированы в файлы 3D-моделей OBJ, точек местности ASC, TXT, чертежи PRO, DXF, точек линий CSV, полигонов в плане и по высоте POL, GEL, шейп-файлы ESRI.

VIS All 3D (Software-Service John GmbH, Германия)

Система VIS All 3D также предназначена для концептуального проектирования инженерных объектов и позволяет составлять эскизы автомобильных дорог в трёхмерном виде (рис. 11) [8].

Исходная модель в программе создаётся на основе различных типов файлов, таких как DGM, DOP, шейп-файлы ESRI, облака точек

GEOgraf, CityGML, DXF, DWG, а также растровых данных.

Для выполнения эскизных проектов дорог используется модуль 3D Trassenentwurf Straße, который приобретается дополнительно к основному пакету продуктов. Трассирование дороги выполняется в 3D-виде с использованием тангенциального хода на основе исходных параметров дороги, таких как шаблон поперечного профиля, расчётная скорость, предельные радиусы в плане и допустимые вертикальные уклоны.

При трассировании продольный профиль дороги автоматически подстраивается под рельеф в месте проектирования, а при необходимости он может быть наглядно отредактирован непосредственно в 3D-виде. Мосты и туннели в зависимости от рельефа задаются пользователем вручную.

Расчёт стоимости дороги производится в соответствии с объёмами работ и наличием искусственных сооружений, результаты расчёта в виде ведомости можно экспортировать в отдельный файл.

Для презентации вариантных решений система позволяет подготавливать видеоролики, а также снимки модели. Данные модели могут быть экспортированы в форматы CityGML, Google Earth, 3D DXF, LandXML, VRML или 3D PDF.

EngOnCloud.com (EngOnCloud Technologies, Канада)

EngOnCloud.com представляет собой полностью облачный сервис для созда-

ния концептуальных макетов инфраструктурных объектов: автомобильных, железных дорог, электрических сетей и пр. на основе интернет-карт. Программа подходит для небольших проектов, не требующих учёта влияния дороги на существующую инфраструктуру. На момент написания статьи сервис находился на этапе бета-тестирования (рис. 12) [9].

Трассирование дороги выполняется на онлайн-карте Google Maps с помощью тангенциального хода с автоматическим вписыванием радиусов. В настройках можно задать радиус по умолчанию, который будет применяться ко всем кривым. Радиус каждой кривой при этом можно корректировать вручную. Такая организация процесса увеличивает затрачиваемое на трассирование время, что, впрочем, не так существенно для небольших проектов, на которые ориентирован сервис.

Также в настройках трассы задаётся шаблон конструкции, определяющий количество и ширину полос движения, а также параметры других элементов конструкции, включая заложение откосов и толщины слоёв дорожной одежды. Изначально продольный профиль представлен линией, соединяющей крайние точки трассы, для изменения профиля требуется последовательно обозначить вершины профиля. Для анализа геометрии профиля в нём отображаются уклоны и обозначаются кривые с длиной, менее заданной в настройках.

При расчёте объёмов и стоимости работ учитывается небольшое число

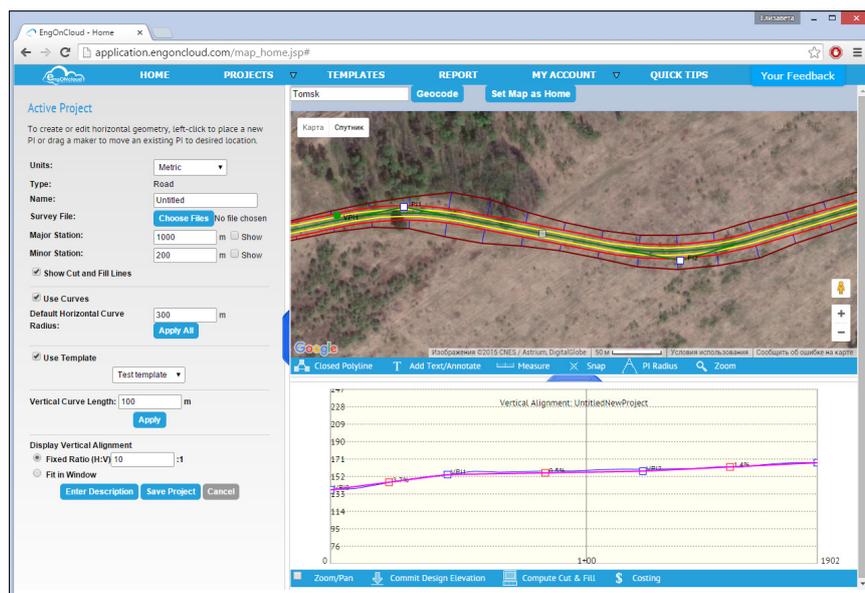


Рис. 12. Страница проекта системы EngOnCloud.com в окне браузера

параметров, включая стоимость дорожной одежды, насыпи и выемки. По результатам проектирования можно сформировать отчёт по проекту, который затем можно скачать в формате CSV. В нём отображены общие параметры дороги, параметры используемого шаблона, характеристики элементов трассировки и вертикального профиля, а также объёмы и стоимость работ.

В отличие от остальных программ, EngOnCloud не позволяет представить модель дороги в трёхмерном виде, поэтому при анализе и демонстрации проектного решения придётся использовать двумерное изображение, инструментов для выгрузки которого также пока не реализовано. Возможности экспорта модели также скромны: проект можно экспортировать в форматы DXF и KML.

4. Заключение

Возрастающая популярность информационного моделирования привела к пробуждению интереса к эскизному проектированию. В настоящий момент ещё не успела сформироваться методологическая и техническая база, достаточная для ясного понимания того, какими принципами следует руководствоваться при разработке программных продуктов для использования на предпроектном этапе. По этой причине на рынке программного обеспечения пока не наблюдается широкого распространения подобных программ.

Обзор существующих программных решений показывает, что все они, так или иначе, позволяют решать основ-

ные задачи этапа, но не охватывают в полной мере реализацию всех процессов. В первую очередь, это касается основной составляющей этапа — экономической. Представленные на рынке решения учитывают стоимость лишь в пределах этапа строительства, не учитывая стадию эксплуатации. Такая ситуация не позволяет оценить полный экономический эффект от строительства автомобильной дороги и, соответственно, в полной мере обосновать инвестиции в строительство средствами программы.

Также вышесказанное справедливо и к существующим возможностям обмена данными модели между этапами: в идеале данные модели предпроектного этапа должны без потерь передаваться и использоваться на этапе проектирования. Но отсутствие чётких требований толкает производителей программного обеспечения к использованию собственных форматов, практически несовместимых с другими программными продуктами. Поэтому эффективность повторного применения модели на последующей стадии, не вызывающая сомнений при информационном моделировании зданий [10], пока не представляется возможной при информационном моделировании дорог. ■

Литература:

1. Скворцов А.В., Сарычев Д.С. Жизненный цикл проектов автомобильных дорог в контексте информационного моделирования // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 4–14. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.1.

2. 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.
3. 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.
4. Медведев В.И. Использование интернет-карт в САПР и ГИС в качестве подложек // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 119–125. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.18.
5. Preliminary Engineering & Design Software | InfraWorks 360 // Официальный сайт компании Autodesk. URL: <http://www.autodesk.com/products/infraworks-360/overview> (дата обращения: 01.10.2015).
6. Road Industry // Официальный сайт компании Trimble Navigation. URL: <http://www.trimble.com/Alignment/Road-Industry.aspx> (дата обращения: 01.10.2015).
7. Добро пожаловать! – Korfin // URL: <http://www.korfin.de/willkommen-ru.html> (дата обращения: 01.10.2015).
8. Trassenentwurf – Software-Service John GmbH // Официальный сайт компании Software-Service John. URL: <http://www.john-software.de/produkte/vis-all-3d/trassenentwurf> (дата обращения: 01.10.2015).
9. Conceptual Design Layout Software // Официальный сайт компании EngOnCloud Technologies. URL: <http://www.engoncloud.com/> (дата обращения: 01.10.2015).
10. Баранник С.В. Применимость BIM-технологий в дорожной отрасли // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 24–28. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.3.