

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ¹

Аннотация. Рассмотрены основные методы автоматизированного проектирования, используемые в САПР автомобильных дорог на всех этапах разработки проекта. Проанализированы основные функциональные возможности ведущих САПР автомобильных дорог, выявлены их достоинства и недостатки.

Ключевые слова: автомобильные дороги, системный анализ, системы автоматизированного проектирования.

Abstract. The article considers basic methods used at all stages of computer-aided design of roads. The authors analyze key features of the top CAD-systems and reveal their benefits and weaknesses.

Key words: automobile roads, systems analysis, computer-aided design.

Введение

Сеть автомобильных дорог – важнейший элемент экономики и наиболее крупная составляющая транспортной инфраструктуры любой страны. Поддержание высоких эксплуатационных характеристик и устойчивое развитие дорожной сети – необходимые условия экономического роста, обеспечения целостности и национальной безопасности государства, повышения уровня и улучшения условий жизни населения. К современным автомобильным дорогам предъявляются высокие требования по осуществлению бесперебойной работы автомобильного транспорта, обеспечению безопасности движения и архитектурно-эстетические требования. Выполнение их может быть обеспечено только при использовании системного подхода на всех этапах проектирования, эксплуатации и содержания автомобильных дорог.

На сегодня системный подход при проектировании автомобильных дорог реализуется через применение:

– современных технологий и методов производства изысканий, основанных на использовании высокопроизводительных методов сбора информации о местности (использование ГИС-технологий);

– современных систем автоматизированного проектирования автомобильных дорог, предоставляющих проектировщику инструменты для решения задач по формированию цифровых моделей местности зоны проектирования, трассированию проектируемой автомобильной дороги, проектированию продольного профиля дороги, проектированию поперечных профилей и дорожных одежд, проектированию искусственных сооружений и инженерно-сервисного обустройства дороги, оценке проектных решений.

Место геоинформационных систем при проектировании автомобильных дорог

Широкое распространение и развитие геоинформационных систем (ГИС) в последние годы позволило интегрировать их в процесс автоматизированного проектирования автомобильных дорог.

¹ Работа проводилась при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ, номер государственной регистрации № 16.513.11.3128 от 12.10.2011 г.

Из-за особенностей ГИС при проектировании автомобильных дорог на них возлагается ряд задач, несвойственных системам автоматизированного проектирования дорог.

Например, в ГИС, в отличие от САПР, используется небольшое количество графических примитивов: точки, линии, полигоны, поверхности и растры. Данная особенность подобных систем позволяет строго определить такие пространственные операции, как поиск объектов в заданном регионе, поиск смежных или пересекаемых объектов, построение объединений, пересечений и разностей полигонов, построение буферных зон.

В ГИС широко применяются алгоритмические методы для хранения больших объемов данных, быстрого поиска объектов, упрощения данных для быстрого вывода на экран, что позволяет применять ГИС для представления сети дорог на электронных мелкомасштабных картах, анализа транспортного обеспечения районов, получения оперативной информации об объектах дорожной сети, выбора наиболее приемлемого коридора варьирования проектируемой трассы для соответствующей цифровой модели местности (ЦММ).

В ГИС графические объекты, имеющие одинаковый тип, представляются в одном слое графических данных и имеют одинаковый набор атрибутов. Данная особенность ГИС позволяет представить слой графических данных с наборами атрибутов объектов в виде таблицы реляционной базы данных, а следовательно, использовать соответствующий аппарат баз данных для анализа атрибутов графических объектов. Наличие атрибутивной поддержки в ГИС позволяет применять их при решении задач диагностики, паспортизации, инвентаризации, кадастра дорог.

Перечисленные особенности ГИС позволяют интегрировать их с САПР дорог, такие системы находят в последнее время все большее распространение.

Обзор методов автоматизированного проектирования, используемых в САПР автомобильных дорог

Развитие вычислительной техники позволило применять при проектировании автомобильных дорог различные методы оптимизации и моделирования, что полностью видоизменило процесс проектирования. Рассмотрим наиболее распространенные методы, применяемые в САПР автодорог.

Методы автоматизированного проектирования плана дороги

Традиционным принципом трассирования дорог, на основе которого строятся современные методы, используемые в большинстве САПР автодорог, является принцип тангенциального трассирования. Данный принцип заключается в назначении тангенциального хода, в изломы которого вписывают закругления с требуемыми параметрами, рассчитываемыми по определенным алгоритмам.

Принцип тангенциального трассирования является базовым для методов «однозначно определенной оси». При тангенциальном трассировании трасса характеризуется ломаной линией с вписанными кривыми в ее изломы так, что отрезки ломаной представляют собой касательные к кривым, поэтому ломаную называют тангенциальным ходом. Наиболее применимы для проектирования закруглений трассы в составе тангенциального хода кривые Безье, которые являются пространственными функциями и способны обеспечивать трехмерное трассирование автомобильных дорог.

Разновидностью «методов однозначно определенной оси» является метод «опорных элементов», который состоит в том, что при помощи шаблонов кривых и линейки устанавливают положение опорных элементов, оптимально аппроксимирующих эскизную трассу дороги с последующей аналитической их увязкой.

Одним из альтернативных методов трассирования дорог является метод «сглаживания эскизной линии трассы», который заключается в аналитической аппроксимации полиномами высоких степеней массива точек эскизного варианта трассы. В методе «сглаживания эскизной линии трассы» задается избыточное количество точек эскизной линии, и их рассматривают как «приближенные», вблизи которых должна пройти трасса, так как в общем случае через все заданные точки не может быть проведена удовлетворительная трасса.

Наиболее подходящими функциями для использования в методе «сглаживания эскизной линии трассы» являются сплайны, являющиеся универсальным математическим аппаратом для описания, хранения, преобразования, анализа и геометрического представления трасс проектируемых автомобильных дорог.

Таким образом, при пространственном трассировании дорог используются как сплайны, так и кривые Безье, которые позволяют осуществлять математически корректную запись трассы автомобильной дороги в пространстве [1].

Методы автоматизированного проектирования продольного профиля автомобильных дорог

Автоматизированное проектирование земляного полотна является составной частью задачи построения трассы в пространстве.

При проектировании земляного полотна учитывают множество факторов: категорий проектируемой дороги, рельеф местности, данные геологических и гидрогеологических изысканий.

При проектировании продольного профиля используется два подхода: проработка множества вариантов метода «опорных точек» или использование одного из методов оптимизации.

В методе «опорных точек» расчет проектируемой линии продольного профиля осуществляется по заданным опорным точкам и радиусам вертикальных кривых в классе функций вертикальных выпуклых и вогнутых параболических кривых. Данный метод является наиболее применимым при проектировании продольного профиля автомобильных дорог в равнинной местности и в стесненных условиях (при большом количестве опорных точек).

Одним из методов оптимизации является метод проекции градиента. Метод состоит из трех этапов. На первом этапе проектируемая линия представляется в виде «цепочечной линии» с узлами, совпадающими с переломными точками черного профиля земли и удовлетворяющей всем техническим условиям и ограничениям. Поиск оптимального решения осуществляется итерационным методом проекции градиента, на каждом шаге которого получается новая проектная линия с меньшим значением целевой функции, чем на предыдущем шаге.

На втором этапе цепочечная линия аппроксимируется последовательностью традиционных элементов: квадратных парабол и прямых. Параметры

парабол определяются таким образом, чтобы не нарушались ограничения по уклону и кривизне во всех точках предполагаемого элемента, а также выполнялись граничные условия в точках примыкания и отмыкания.

На третьем этапе оптимизируются коэффициенты кусочно-параболических кривых проектной линии по строительной стоимости.

Для решения поставленной задачи в методе граничных итераций определен класс функций, в котором отыскивается оптимальное решение, – это ломаная линия со строительным шагом, принимаемым обычно равным 20 м. Ломаная в этом случае представляет собой дискретный аналог кривой переменного радиуса. Проектирование линии продольного профиля в классе ломаных чаще всего применимо при ремонте и реконструкции автомобильных дорог, когда математическая модель проектной линии в виде последовательности прямых и квадратных парабол оказывается недостаточно гибкой для получения приемлемого проектного решения.

Для возможности автоматизированного проектирования в классе ломаных функций описание проектной линии необходимо математически формализовать. Наиболее просто и эффективно эта задача формализуется в терминах математического аппарата сплайн-функций.

Методы проектирования продольного профиля, основанные на применении сплайнов высоких степеней (например, кубических), используют для описания проектной линии как интерполяционные, так и сглаживающие сплайны.

Сглаживающие сплайны необходимы для поиска оптимального положения проектной линии в заданной полосе варьирования. А интерполяционные сплайны позволяют обеспечить процесс корректировки проектной линии в интерактивном режиме работы инженера-проектировщика при эвристическом проектировании [1].

Автоматизированное проектирование оптимальных нежестких дорожных одежд

Расчет нежестких дорожных одежд при кратковременном действии нагрузки выполняется по критериям прочности: упругому прогибу, сопротивлению сдвигу в грунте и в слабосвязных слоях одежды, растяжению при изгибе слоев одежды из грунтов и каменных материалов.

Расчет дорожных одежд нежесткого типа предусматривает, как правило, расчетную схему, включающую в себя несколько конструктивных слоев с учетом подстилающего грунта. Слои конструкции располагаются по убыванию (сверху вниз) модулей упругости материалов. Толщина отдельных слоев может быть задана по конструктивным соображениям, и эти слои в процессе поиска оптимального решения остаются неизменными.

Оптимальное решение ищется в диапазоне между минимальным и максимальным значением толщины каждого конструктивного слоя при определенном шаге перебора толщин. Минимальная толщина задается не менее значений регламентированных ОДН 218.046-01, а шаг перебора задается из условия производства и технологии выполнения работ по устройству каждого конструктивного слоя, точности устройства каждого слоя, имеющегося в наличии оборудования, возможности обеспечения требуемого уплотнения каждого слоя и требуемой точности при приемке работ [1].

Системы автоматизированного проектирования автомобильных дорог

Существующие в настоящее время САПР автомобильных дорог имеют идентичные структуры. Они состоят из различных модулей (подсистем, технологических линий проектирования, пакетов прикладных программ), отвечающих за выполнение определенных проектных операций: переработку исходной информации и формирование цифровой модели местности, трассирование автомобильных дорог, проектирование продольного профиля, проектирование земляного полотна и дорожных одежд, проектирование искусственных сооружений, оценку проектных решений, подготовку проектно-сметной документации.

На сегодня наибольшее распространение получили следующие системы автоматизированного проектирования автомобильных дорог ведущих отечественных и зарубежных разработчиков: IndorCAD/Road (разработчик – Indorsoft, Россия), ROBUR (разработчик – Topomatic, Россия), GIP (разработчик – ГИПРОДОРНИИ, Россия), AutoCAD Civil 3D (разработчик – Autodesk, США), CARD/1 (разработчик – IB&T Group, Германия), MXROAD (разработчик – Bentley Systems, США), Plateia (разработчик – CGS plus d.o.o., Словения), CREDO ДОРОГИ (разработчик – Кредо-Диалог, Беларусь).

Перечисленные программные комплексы предназначены для проектирования строительства, реконструкции и ремонта автомобильных дорог. Исходными данными для этих систем являются данные геодезических изысканий и карты местности. Выходными данными являются трехмерная модель дороги и проектная документация.

Данные программные продукты позволяют реализовать комплексный подход к разработке проектов на всех этапах создания и эксплуатации автомобильных дорог, предложить несколько вариантов проектных решений и выбрать наиболее приемлемый вариант в рамках одного проекта, наглядно оценить преимущества и недостатки различных вариантов проектных решений.

Работа в системе IndorCAD/Road [2] начинается с подготовки цифровой модели местности. Программа предоставляет полный набор инструментов для ее создания. Возможна как обработка данных инженерно-геодезических изысканий с помощью специального модуля, так и импорт уже обработанных данных через обменные форматы файлов. Программа поддерживает форматы различных геодезических приборов, файлы GPS-съемки, обменный формат CREDO, множество растровых форматов, DXF-файлы, шейп-файлы ESRI, текстовые файлы с координатами точек и пр. К проекту возможно подключение растровых картографических изображений с точной координатной привязкой. На основе геодезических данных формируется ЦММ. В системе IndorCAD/Road имеется возможность ее ручного редактирования.

Трассирование автомобильных дорог в плане может выполняться различными геометрическими элементами прямыми, дугами, клотоидами, кривыми Безье и сплайнами.

Проектирование продольного профиля можно выполнять на основе тангенциального хода или сплайновым методом.

При проектировании верха земляного полотна возможно автоматическое создание геометрии проезжей части, обочин, разделительных полос, бордюров.

Для формирования конструкции поперечного профиля и дорожной одежды в IndorCAD/Road используются типовые поперечные профили и конструкции дорожной одежды, возможно создание собственных решений произвольной сложности. После проектирования рассчитываются объемы земляных работ, дорожной одежды, площади откосов.

После выполнения основных шагов проектирования в IndorCAD/Road формируется комплект чертежей и ведомостей в формате системы подготовки чертежей в соответствии с требованиями ГОСТ Р 21.1701–97 «Правила выполнения рабочей документации автомобильных дорог».

Программный комплекс Топоматик Robug [3] состоит из нескольких модулей.

Топоматик Robug «Геодезия» предназначен для подготовки исходных данных для программ Топоматик Robug «Автомобильные дороги» и Топоматик Robug «Железные дороги», выноса проекта в натуру и контрольно-исполнительных съемок.

Топоматик Robug «Геодезия» обладает следующими функциональными возможностями: чтение данных с приборов, уравнивание теодолитных ходов, расчет тахеометрии, расчет нивелирования, построение цифровой модели рельефа (ЦМР), проложение оси трассы, создание продольного и поперечных профилей по ЦМР, подсчет объемов между поверхностями, оформление планшетов.

Топоматик Robug «Автомобильные дороги» предназначен для проектирования загородных дорог и городских улиц. Помимо традиционных компонентов для работы с планом, профилем и поперечниками, модуль содержит блок задач по выравниванию покрытия, расчет дорожной одежды, оценки проектных решений и визуализации проекта. Программный комплекс Топоматик Robug «Автомобильные дороги» является многофункциональным программным продуктом, обеспечивающим сквозной технологический процесс от обработки данных изысканий до выноса проекта в натуру и его инженерного сопровождения.

Топоматик Robug «Дорожная одежда» предназначен для расчета нежестких и жестких дорожных одежд автомобильных дорог общей сети и городских дорог и улиц. В алгоритм расчета заложены рекомендации следующих нормативных документов:

ОДН 218.046–01 «Проектирование нежестких дорожных одежд».

ОДН 218.1.052–2002 «Оценка прочности нежестких дорожных одежд»; «Методические рекомендации по проектированию жестких дорожных одежд (взамен ВСН 197–91)», утв. расп. Минтранса России № ОС-1066-р от 03.12.2003).

ГОСТ Р 52748–2007 «Дороги автомобильные общего пользования. Нормативные нагрузки, расчетные схемы нагружения и габариты приближения».

ОДМ 218.5.003–2010 «Рекомендации по применению геосинтетических материалов при строительстве и ремонте автомобильных дорог».

ВСН 21–83 «Указания по определению экономической эффективности капитальных вложений в строительство и реконструкцию автомобильных дорог»;

ОДМ 218.5.001–2009 «Методические рекомендации по применению геосеток и плоских георешеток для армирования асфальтобетонных слоев

усовершенствованных видов покрытий при капитальном ремонте и ремонте автомобильных дорог».

В программе реализованы следующие расчеты:

- на прочность по упругому прогибу, по условию сдвигоустойчивости подстилающего грунта и малосвязных конструктивных слоев;
- на сопротивление монолитных слоев усталостному разрушению на растяжение при изгибе;
- на статическую нагрузку;
- на морозоустойчивость;
- дренающего слоя.

В качестве исходных данных для расчета задаются интенсивность движения по видам транспорта на любой год эксплуатации дороги и коэффициент ежегодного прироста интенсивности движения. Требуемый модуль упругости и допускаемое напряжение на изгиб определяются с учетом суммарного количества проходов транспорта по одному следу за срок службы дорожной одежды либо суточной интенсивности в обоих направлениях.

Расчетные характеристики конструктивных слоев дорожной одежды выбираются из стандартной базы данных. Имеется возможность вводить в базу данных новые материалы и задавать их характеристики. Программа позволяет автоматически выполнять перебор толщин конструктивных слоев дорожной одежды в заданных пределах и с заданным шагом. Варианты конструкций, отвечающих условиям прочности, упорядочиваются по критерию стоимости.

САПР GIP [4] обеспечивает процесс создания цифровой модели местности, проектирование планов, продольных и поперечных профилей, дорожной одежды, транспортных развязок в одном уровне. Все проектные решения оцениваются с точки зрения пропускной способности, скорости и безопасности движения, воздействия на окружающую воздушную, водную, акустическую среду, почвы в придорожной полосе. Решаются задачи землеотвода, распределения земляных масс, выравнивания покрытия, назначения ограждений. Отличительной особенностью данного комплекса является возможность экологической оценки проектных решений.

AutoCAD Civil 3D [5, 6] – программа, базирующаяся на платформе AutoCAD.

AutoCAD Civil 3D соответствует требованиям следующих нормативных документов: СНиП 2.05.02–85, ГОСТ 21.101–97, ГОСТ 21.204–93, ГОСТ 21.508–93, ГОСТ 21.604–82, ГОСТ 21.610–85, ГОСТ Р 21.1207–97, ГОСТ Р 21.1701–97.

Возможности обработки геодезических данных полностью встроены в AutoCAD Civil 3D. Поддерживается широкий круг задач – импорт полевых журналов, обработка методом наименьших квадратов, задание и преобразование системы координат, редактирование результатов съемки, автоматическое создание фигур съемки и поверхностей.

Участки можно создавать путем преобразования полилиний AutoCAD или с помощью гибких топологических инструментов, автоматизирующих работу. При управлении участками AutoCAD Civil 3D опирается на топологию, поэтому с изменением какого-либо участка автоматически перестраиваются соседние.

Трассы содержат прямые участки, повороты и спиральные переходные кривые. В окончательных чертежах к трассам добавляются метки. При редактировании трассы с помощью графического интерфейса или табличного редактора метки обновляются автоматически. Поддерживается совместное использование трасс и профилей в нескольких чертежах.

Продольные профили извлекаются из множества поверхностей на основе геометрии трассы.

В AutoCAD Civil 3D реализована функция формирования поперечных профилей поверхностей и коридоров. Их можно создавать на отдельных станциях с интервалом вдоль трассы или в отдельных точках. Программа позволяет компоновать целые чертежные листы из групп профилей.

Программный комплекс Plateia [7] включает инструменты и средства для проектирования новых и реконструкции существующих дорог всех технических категорий. Кроме того, существует возможность анализировать рельеф местности, рассчитывать объемы работ, моделировать процессы движения транспортных средств. Программа работает на платформе AutoCAD Civil 3D, AutoCAD Map 3D и AutoCAD.

Программный комплекс Plateia состоит из пяти модулей: «Местность», «Оси», «Продольные профили», «Поперечные сечения» и «Транспорт».

Модуль «Местность» предназначен для работы с координатной геометрией и цифровой моделью местности, в том числе с картами. Модуль позволяет импортировать данные из электронных геодезических приборов, а также из файлов различных форматов, автоматически или интерактивно устанавливать связи между точками (топологию), сохранять атрибутивную информацию точек/связей, осуществлять отбор точек/связей по заданным критериям. Модуль включает набор функций для «классической» геодезии, а также инструменты для специалистов-дорожников.

Модуль «Оси» предназначен для трассировки осевых линий на основе комбинации различных элементов (прямых, круговых кривых, спиральных участков, составных спиралей), а также для оформления планов дорог в соответствии с местными стандартами. Запроектированные в плане продольные и поперечные оси проецируются на трехмерную модель рельефа. Данные записываются в текстовых файлах, которые в дальнейшем используются при проектировании земляного полотна.

Модуль «Продольный профиль» предназначен для построения продольных профилей и вписывания вертикальных кривых. Вписывание кривых осуществляется как в ручном, так и в автоматическом режимах. Модуль позволяет формировать собственные типы таблиц-сеток («шапки») с любым содержанием граф, которые автоматически заполняются при отрисовке соответствующих элементов профиля. На стадии создания продольного профиля производится быстрый расчет приблизительных объемов земляных масс, который позволяет определить более экономичный вариант трассы. При проектировании трассы осуществляется контроль соответствия принятым нормам. Предусмотрены функции для проектирования реконструируемых участков дорог.

Модуль «Поперечные сечения» предлагает инструменты для расстановки поперечных уклонов, длин и отметок, определения точки пересечения выемки и насыпи, подготовки данных для отображения измерений на местности, а также для быстрого изменения масштаба изображения.

Модуль «Транспорт» предназначен для проектирования пересечений и примыканий дорог, разметки и расстановки дорожных знаков, щитов. Специально разработанный инструмент позволяет осуществлять проверку любых транспортных средств (легковые автомобили, автобусы, грузовые автомобили, в том числе с прицепами, и т.д.) на вписывание в проектируемое пересечение или примыкание дорог. При этом рассчитываются заносы как по передней, так и по задней части автотранспорта, производится отрисовка опасных зон.

Plateia работает со стандартами следующих стран: Россия, Германия, Австрия, Словения, Хорватия, Босния и Герцеговина, Сербия, Македония, Польша, Чехия, Венгрия, Болгария.

В программном комплексе MXROAD [8] выполняются проектные работы от создания трехмерной модели местности и проектируемого объекта до формирования проектной документации – чертежей и ведомостей.

Проектирование оси трассы в плане возможно тремя методами:

- метод проектирования с помощью вершин углов поворота;
- метод проектирования с помощью элементов (прямая, круговая кривая, переходная кривая);
- метод проектирования с помощью сплайнов.

Программа позволяет производить редактирования оси, строить сложные геометрические элементы.

Проектирование продольного профиля возможно тремя методами:

- метод проектирования с помощью точек перелома уклонов с вписанием вогнутых и выпуклых кривых или создание пилообразного профиля без вписывания кривых;
- метод проектирования с помощью элементов (прямая, круговая кривая);
- метод проектирования с помощью сплайнов.

Программа позволяет редактировать профиль, производить автоматическую привязку начальной и конечной точек красной линии относительно начала и конца трассы, подгружать сечения дополнительных поверхностей, которые дают возможность точно проектировать пересечения, примыкания и транспортные развязки.

При проектировании проезжей части используется редактируемая библиотека шаблонов проезжей части с различными вариантами: без разделительной полосы, с разделительной полосой и т.д. При необходимости можно создавать индивидуальные шаблоны.

Конструкция дорожной одежды задается как по проезжей части, так и по тротуарам и обочинам. Варианты конструкции дорожной одежды можно сохранять в библиотеке и использовать в дальнейшем для проектирования других объектов.

Верх земляного полотна задается по различным параметрам, в том числе по уклонам, в зависимости от геометрии проезжей части и т.д.

Программный комплекс CARD/1 «Проектирование автомобильных дорог» [9] позволяет решать задачи проектирования новых, реконструкции и ремонта существующих дорог. Реализовано не только проектирование городских и загородных дорог, но и детальное, многовариантное проектирование примыканий и пересечений в одном и в нескольких уровнях. На основе дан-

ных проекта производится оценка видимости, расчет объемов, создание отчетной документации, а также трехмерная визуализация проекта.

Базовый пакет включает в себя:

- подготовку топографических планов;
- создание и трехмерное представление цифровых моделей рельефа, геологических слоев;
- задание собственных атрибутов различным объектам;
- трассирование в плане с использованием классических элементов проектирования (прямая, переходная кривая, круговая кривая);
- конструирование примыканий, пересечений и кольцевого движения в автоматизированном режиме с возможностью автоматического обновления при изменении взаимного расположения осей дорог;
- мощный инструментарий для проектирования транспортных развязок, дающий неограниченную свободу для создания проектов, готовых к строительству;
- проектирование проектной линии в продольном профиле классическими элементами. Проектирование продольного профиля с учетом плана, поперечных уклонов, ширин. Увязка продольных профилей различных осей на транспортных развязках;
- автоматический перерасчет данных пикетов (например: ширины, поперечные уклоны, продольный профиль) при изменении пикетажа трассы;
- ввод неправильных (резанных) пикетов;
- проектирование типовых и индивидуальных поперечных профилей с учетом всех данных проекта;
- расчет объемов земляных работ, слоев дорожной одежды и т.д.;
- создание чертежей плана, продольного и поперечных профилей; вывод всевозможных ведомостей;
- обмен данными в формате DXF и других текстовых форматах.

В состав системы *Stedo* [10] входят четыре основные подсистемы: «Топоплан», «Линейные изыскания», «Генеральный план», «Дороги» и ряд других пакетов прикладных программ. Подсистема «Дороги» предназначена для проектирования загородных автомобильных дорог всех категорий, городских улиц и магистралей и транспортных развязок.

Проектирование ведется по цифровой модели местности площадки или полосы участка проектирования. В качестве ЦММ используются данные изысканий, обработанных в системе «Топоплан» или «Линейные изыскания». Система имеет инструментарий самостоятельного формирования ЦММ с использованием существующих картографических материалов, представленных в виде растровых или векторных данных.

Система позволяет создавать и редактировать трассы дороги с использованием различных стилей трассирования: от «жестких» (прямыми и круговыми кривыми) до очень плавных и эстетичных трасс (прямыми, круговыми кривыми, клоотоидами и сплайнами), с удовлетворением архитектурно-ландшафтных требований.

Проектирование продольного профиля включает в себя:

- простое и оптимизационное проектирование профиля дороги;
- использование при интерактивном проектировании профилей всего многообразия геометрических элементов (прямых, квадратных парабол, сплайнов) в любых необходимых комбинациях;

– применение при проектировании профиля методов, аналогичных созданию и редактированию трасс в плане: аппроксимация фрагментов реконструируемого профиля, создание и последующее сопряжение элементов.

– проектирование продольного профиля наиболее подходящими методами, в том числе:

- полное автоматизированное проектирование;
- по секущим с вписыванием кривых;
- методом «опорных точек» и «элементов» с учетом ограничений, накладываемых технологией производства работ или особенностями реконструкции дороги.

Подсистема «Дороги» позволяет проектировать земляное полотно и проезжую часть с необходимым количеством и параметрами их элементов: полос движения, обочин, разделительной полосы, тротуаров, переходно-скоростных полос, карманов автобусных остановок и пр. Имеется возможность конструирования поперечного профиля как в интерактивном режиме по поперечным уклонам, так и с использованием шаблонов поперечников.

Общим недостатком существующих в настоящее время систем автоматизированного проектирования автомобильных дорог является использование при расчете дорожных одежд в качестве параметра механических свойств грунтов модуля упругости только в статике, что не позволяет адекватно на этапе проектирования оценить прочность и ресурс многослойных структур.

Заключение

Из приведенного обзора методов проектирования автомобильных дорог, в том числе заложенных в современные системы автоматизированного проектирования и геоинформационные технологии, следует основной вывод: реальный ресурс дорог может быть существенно увеличен за счет разработки и введения в нормативную документацию расчетных методик динамики многослойных гетерогенных структур дорог при различных формах внешнего воздействия, при различных ситуациях анализа и проектирования дорог. В расчет жестких дорожных одежд заложены закономерности накопления деформаций при реальном (т.е. с учетом выходных данных динамических воздействий) многократном нагружении вследствие упруго-пластических деформаций и усталости (деструкции материала).

Список литературы

1. Справочная энциклопедия дорожника. V том Проектирование автомобильных дорог / под ред. Г. А. Федотова, П.И. Поспелова. – М., 2007.
2. ИндорСофт. Разработка программного обеспечения для проектирования, строительства, эксплуатации автомобильных дорог и электрических сетей. – URL: <http://www.indorsoft.ru/>
3. Научно-производственная фирма «Топоматик». – URL: <http://topomatic.ru>.
4. ГИПРОДОРОНИИ. – URL: <http://dortver.ru/programs/?go=www.giprodor.ru>.
5. AutoCAD Civil 3D-проектирование объектов инфраструктуры – Autodesk. – URL: <http://www.autodesk.ru/adsk/servlet/pc/index?siteID=871736&id=14634283>.
6. AutoCAD Civil 3D 2010. – URL: <http://www.csoft.ru/catalog/soft/autocad-civil-3d/autocad-civil-3d-2010.html>.
7. PLATEIA. – URL: <http://oneroads.ru/po/plateia/plateia.htm>.
8. EMT/ Программные Продукты MX Series / MXROAD. – URL: <http://www.emt.ru/products.php?product=104>.

9. Официальный российский сайт CARD/1 – Computer Aided Road/Rail Design. – URL: <http://www.card-1.ru/xslt.php>.
10. Credo-Dialogue – Программные продукты комплекса CREDO. – URL: http://www.credo-dialogue.com/software/list_programs/credo_dorogi.aspx.
-

Смогунов Владимир Васильевич

доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой теоретической
и прикладной механики, Пензенский
государственный университет

E-mail: penzgu.tmt@inbox.ru

Smogunov Vladimir Vasilyevich

Doctor of engineering sciences, professor,
head of sub-department of theoretical
and applied mechanics, Penza
State University

Митрохина Наталья Юрьевна

кандидат технических наук, доцент,
кафедра теоретической и прикладной
механики, Пензенский государственный
университет

E-mail: penzgu.tmt@inbox.ru

Mitrokhina Natalya Yuryevna

Candidate of engineering sciences, associate
professor, sub-department of theoretical
and applied mechanics, Penza
State University

УДК 534.1 + 625.717

Смогунов, В. В.

Системный анализ методов проектирования автомобильных дорог /
В. В. Смогунов, Н. Ю. Митрохина // Известия высших учебных заведений.
Поволжский регион. Технические науки. – 2011. – № 4 (20). – С. 116–127.