

САПР автодорог — перспективы развития

Бойков В.Н., д.т.н., профессор, академик РАТ (г. Москва)

В статье кратко приведена ретроспектива развития отечественных САПР автомобильных дорог и сделана попытка прогноза развития САПР АД на ближайшую перспективу. Речь идёт о математическом и организационном, техническом и технологическом обеспечении будущих САПР автомобильных дорог. Особое внимание уделено идее поддержки жизненного цикла дорог посредством информационных моделей.

Что день грядущий мне готовит?

А.С. Пушкин

Автоматизация проектирования автомобильных дорог ведёт свою историю развития с 60-х годов прошлого столетия. К этому периоду времени относятся первые работы Хавкина К.А. и Дашевского Л.Н. по автоматизированному проектированию продольного профиля [1]. Чуть позже идею проектирования продольного профиля посредством ЭВМ на основе теории оптимизации развили Фильштейн Е.Л. и Струченков В.И. В 70-е и начале 80-х первые идеи по автоматизированному проектированию плана трассы, транспортных развязок и расчётов мостовых переходов были реализованы Григорьевым А.М., Федотовым В.А. и Федотовым Г.А. [2].

С конца 70-х годов на кафедре «Изысканий и проектирования автомобильных дорог» МАДИ приступили к разработке САПР автомобильных дорог для учебных и исследовательских целей. Руководили этим процессом безусловные энтузиасты своего дела Голубин В.Ю. и Гольбиндер Г.Г. Компьютерный класс кафедры был оснащён современнейшими на тот момент ЭВМ: СМ-1420 (рис. 1) со встроенной оперативной памятью ёмкостью 248 КБ! Именно МАДИйские разработки того времени легли в основу созданных позднее профессиональных САПР АД, ныне известных, как CREDO Дороги и IndorCAD/Road.

Системная автоматизация проектных работ началась с Постановления ЦК КПСС и СМ СССР от 30.02.1981 года «О мерах по дальнейшему улучшению проектно-сметного дела», которое дало старт САПР во всех отраслях материального производства, в том числе и на основе передового зарубежного опыта. Первая САПР АД на базе

ЕС ЭВМ-1022 была запущена в проектно-институте «Союздорпроект» Минтрансстроя СССР в 1982 году. И спустя 30 лет ОАО «Союздорпроект» в возрождённом состоянии с историей проектной деятельности, заслуживающей как уважения, так и изучения «в назидание потомкам» (В. Мономах), остаётся одним из ведущих институтов отрасли. *Именно в эти дни, когда выходит этот номер журнала, Союздорпроект отмечает свой 75-летний юбилей — поздравляем!*

Сегодня доминирующими САПР автомобильных дорог в дорожных проектных организациях РФ являются 4 системы: CREDO Дороги (Кредо-Диалог, г. Минск), IndorCAD/Road (ИндорСофт, г. Томск), Топоматик Robur-Автомобильные дороги (Топоматик, г. Санкт-Петербург), AutoCAD Civil 3D (Autodesk, USA). Все вышеперечисленные



Рис. 1. Знаменитая ЭВМ отечественного производства СМ-1420 в МАДИ



Рис. 2. Гексалёт

САПР обладают необходимым функционалом для подготовки полного цикла проектной документации: от обработки материалов изысканий до подготовки чертежей. Не вдаваясь в разбор недостатков и достоинств каждой из этих систем и, тем более, не занимаясь их сравнительным анализом, попытаемся спрогнозировать их дальнейшее развитие на ближайшую перспективу.

Существует, по крайней мере, 4 вызова текущего времени, на которые САПР АД готовит ответы.

Вызов 1 — быстрое трассирование дорог

До сих пор проектная трасса дороги в плане и продольном профиле формируется на основе гладкой состыковки плоских геометрических элементов: отрезки прямых, круговых кривых, клотоид, парабол и др. Алгоритмы такой состыковки элементов при трассировании разнообразны, но в любом случае — это длительная и кропотливая работа. В то же время в прикладной математике разработано многообразие сплайновых функций (в первую очередь кривых Безье), которые позволяют организовывать этот процесс быстрее и эффективнее.

Необходимость быстрого трассирования вызвана спецификой се-

годняшней организации проектной деятельности, регламентируемой Градостроительным кодексом. Если ранее существовал предпроектный этап работ — ТЭО (позднее ОИ), где была возможность рассмотреть и оценить все возможные варианты будущих проектных решений, то сегодня это возможно отчасти на стадии проекта планировки, а отчасти непосредственно при разработке проектной документации. Но здесь уже не выделяется отдельное время на вариантное трассирование, а значит и делать это трассирование надо «на лету».

Инструменты для быстрого (эскизного) трассирования дорог уже предлагаются рядом разработчиков: KorFin (A+S Consult GmbH), InfraWorks (Autodesk), Quantm (Trimble). Все эти подсистемы основаны на аппарате трассирования посредством пространственных кривых Безье и позволяют в той или иной мере оценить объёмы будущих работ, спланировать предварительный бюджет и рабочий график реализации проекта. Аналогичные инструменты появляются и у отечественных САПР автомобильных дорог.

Вызов 2 — работа с ДЗЗ

Под данными Дистанционного Зондирования Земли будем понимать фото с космо- и аэро-летатель-

ных аппаратов. Значительный прорыв в применении космосъёмки для самых различных сфер человеческой деятельности произошёл в последнее время благодаря 2 фактам: снижению требований секретности по отношению к материалам космосъёмки и активной позиции одного из отечественных лидеров по распространению материалов космосъёмки — компании Сканэкс. На конференции «Земля из космоса — наиболее эффективные решения», прошедшей 1-3 октября 2013 г. и организатором которой являлся Сканэкс, были представлены 3 доклада (Autodesk, Кредо-Диалог и ИндорСофт) по созданным инструментам в рамках САПР АД, позволяющим широко работать именно с материалами космосъёмки.

Ещё большее многообразие возможностей для применения в САПР автомобильных дорог предоставляет фото с аэролетательных аппаратов, к которым относятся как традиционные самолёты и вертолёты, так и сверхлёгкие летательные аппараты (СЛА — дельталёты, автожиры) и беспилотные летательные аппараты (БЛА — самолёты, вертолёты, гексалёты рис. 2).

За последние годы серьёзно усовершенствовались и алгоритмы обработки аэрофотосъёмки. Наряду с традиционными методами фотограмметрии,



Рис. 3. ИМД и основные стадии и процессы ЖЦ автомобильных дорог

основанными на распознавании координат точек по стереопарным снимкам, применяются алгоритмы распознавания на основе последовательности снимков. Заслуживает особого внимания разработка PhotoScan питерской компании AgiSoft, которая позволяет создавать ортофотопланы и ЦММ на основе именно последовательности снимков. Данное программное обеспечение совместно с программно-техническим комплексом GeoScan уже апробировалось при проектировании дорожных объектов в Томской области.

Вызов 3 — работа с большими массивами ЦММ

Такая проблема возникла в связи с бурным развитием технологий воздушного и наземного лазерного сканирования. Для линейно-протяжённых объектов наиболее целесообразным методом является мобильное лазерное сканирование. Современные лаборатории мобильного лазерного сканирования способны формировать «облака точек» размерностью сотни миллионов на погонный километр дороги. Это и хорошо, и плохо. Хорошо то, что создаётся высочайшей точности 3D-модель дороги, по которой можно вычислять продольную и поперечную ровность покрытия, распознавать дефекты, рассчитывать линейные, площадные и объёмные параметры. Плохо то, что память компьютеров не бесконечна и при построении поверхностей для це-

лей проектирования необходимы специальные алгоритмы генерализации. Такие алгоритмы могут строиться и на основе теории вейвлетов, и на основе триангуляции Делоне (политриангуляции). Существуют и другие подходы к решению проблемы обработки больших массивов точек поверхности, полученных посредством лазерного сканирования. На сегодня уже созданы необходимые инструменты в составе САПР автомобильных дорог и осуществляется их апробация и совершенствование в режиме пилотных проектов.

Вызов 4 — оценка проектных решений на основе моделирования транспортных потоков

Существующие методы оценки проектных решений (методы коэффициентов аварийности, безопасности и др.) основаны на применении эмпирических формул, выведенных из наблюдения и установления закономерностей движения автомобилей по участкам дорог с различными геометрическими и транспортно-эксплуатационными параметрами. В то же время надо понимать, что наиболее адекватной оценкой проектных решений могли бы быть сами результаты имитационного моделирования транспортных потоков на проектируемых участках автомобильных дорог. Теоретические основы этих процессов давно разработаны, однако практическое вопло-

щение их в действующих САПР АД ещё на начальной стадии.

Когда мы говорим об имитационном моделировании, речь идёт, по крайней мере, о трёх задачах, связанных с оценкой проектных решений. Первая – какой «динамический коридор» занимает тот или иной расчётный автомобиль при совершении манёвров движения на различных участках дороги? Какие «конфликтные ситуации» возникают при движении конкретного транспортного потока на конкретном проектном участке дороги? Как воспринимается водителем движущегося автомобиля запроектированная дорога с позиции видимости, плавности и ясности.

Все три вышеперечисленные задачи требуют воплощения на 3D-модели проектируемой автомобильной дороги. Есть ещё одна задача, также требующая воплощения на основе 3D-моделирования. Это задача поддержки жизненного цикла (ЖЦ) на основе Информационного Моделирования Дорог (ИМД).

Учитывая то, что автомобильные дороги являются объектами строительства (ОС), для них, возможно, подходящей методологией поддержки ЖЦ может быть BIM (Building Information Modeling). Именно BIM в последнее время широко обсуждается и стремительно развивается во многих странах мира, становясь элементом государственной политики в области регулирования процессов в строительной сфере (США, Голландия, Германия, Китай и др.).

С другой стороны, брать полностью BIM в качестве основы поддержки ЖЦ дорог не совсем целесообразно, поскольку специфика автомобильных дорог, как линейно-протяжённых объектов, существенно отличается от других ОС, таких, как промышленные и гражданские здания. Здесь, очевидно, необходим синтез инженерных идей и адаптация их к нашим организационно-технологическим реалиям.

ИМД призвано функционировать (создаваться, актуализироваться, корректироваться) на всех стадиях ЖЦ дороги. Таких стадий нами выделено три: проектирование, строительство и эксплуатация. Каждая из стадий сопровождается определёнными процессами.

Сформулируем и рассмотрим лишь те процессы, которые носят инженерный (инжиниринговый) характер. То, что слова «инженерный» и «инжиниринговый» мы соотносим и как синонимы, и как обозначающие нечто разное, требует пояснения.

Ограничимся определением «инженерный» как деятельность в сфере материального производства, носящая творческий характер. В то же время, если аспекты этой деятельности выступают не в виде исполнения должностных обязанностей, а как договорная услуга, то это принято называть «инжинирингом». Поскольку формирование ИМД в ЖЦ дорог затрагивает в организационном и методическом аспекте практиче-

ски все инженерные процессы на дорогах, то на этой стадии (стадии становления) целесообразно говорить об инжиниринговом формате деятельности.

На рис. 3 представлено в графическом виде ИМД, как ядро информационной системы, стадии ЖЦ дороги и сопутствующие им процессы.

Каждый из процессов требует обоснования и объяснения в части взаимодействия с ИМД. В то же время ИМД должна рассматриваться нами не столько в контексте САПР, сколько в контексте взаимодействия САПР и ГИС. И я думаю, что это станет темой обсуждения в следующем номере нашего журнала.

В заключение попытаюсь ответить на вопрос, который задаётся в последнее время достаточно часто и в контексте некоторых пессимистических настроений: есть ли будущее у отечественных САПР автомобильных дорог? Ответ будет состоять из двух частей.

Первая

У отечественных САПР АД есть, по крайней мере, настоящее. Это связано и с традициями отечественной (советской) школы проектирования, и с действующими стандартами ЕСКД/СПДС, которые существенно отличаются от зарубежных стандартов. В силу этого зарубежные САПР автомобильных дорог трудом проходят локализацию для российского рынка дорожного проектирования, что создаёт некоторые временные предпочтения отечественным разработчикам. Но в силу требований ВТО и дальнейшей гармонизации нашей нормативной базы с международными стандартами это преимущество будет нивелироваться.

Вторая

Есть сдержанный оптимизм по поводу будущего отечественных САПР АД. Но для этого надо научиться конкурировать на зарубежных рынках и такое понимание у отечественных разработчиков есть. Важна также роль государства: должна ли развиваться отечественная школа исследований методов и алгоритмов проектирования, моделирования движения автомобилей и транспортных потоков? Не будет учёных-исследователей, не будет основы для высшего образования, не будет качественных и безопасных дорог. Выбор за нами. ■

Литература:

1. Хавкин К.А., Дашевский Л.Н. Проектирование продольного профиля автомобильных дорог (методы и автоматизация). М.: Транспорт, 1966. 239 с.
2. Федотов Г.А., Поспелов П.И. Изыскания и проектирование автомобильных дорог. В 2 кн. Кн. 1 / Учебник. М.: Высш. шк., 2009. 646 с.