

Программные продукты для инженеров-дорожников. Экскурс

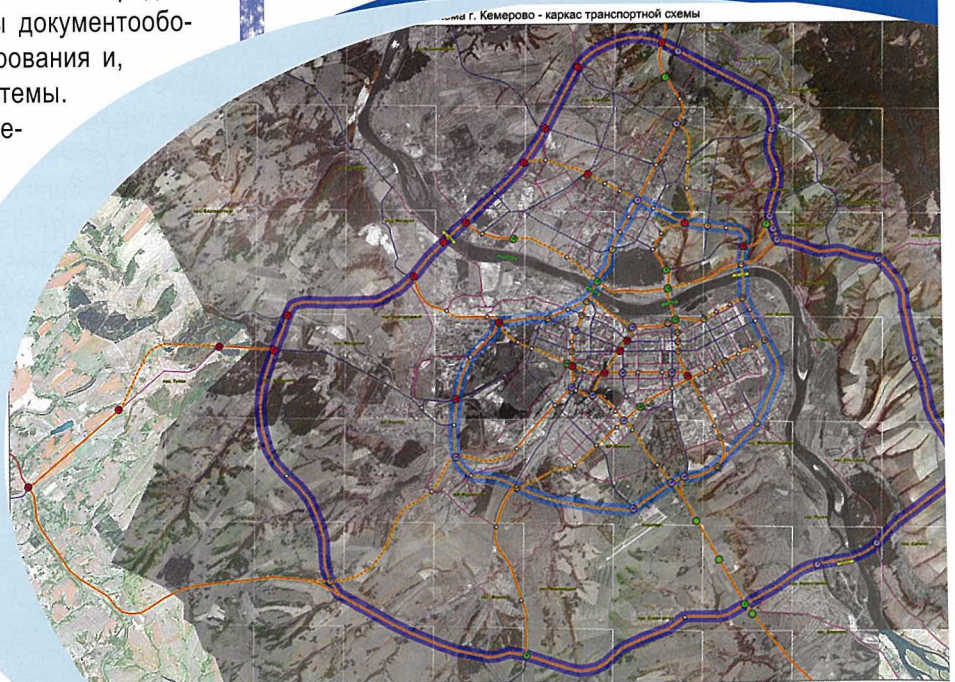
Автомобильная дорога рождается в умах инженеров, обретает свои первые очертания на бумаге, проходит этапы строительства, передается в руки эксплуатирующих организаций, которые временами проводят ремонты и реконструкцию. Этот путь называют *жизненным циклом автомобильной дороги*. На каждом отрезке пути, начиная от планирования и проектирования нового строительства, накапливается внушительный объем информации: чертежи, графики, схемы, карты, отчеты и т.д. Мы хотим предложить посмотреть на программные продукты, способные упростить жизнь инженера и помочь грамотно формировать документацию, а в дальнейшем обеспечить не только надежное хранение, но и удобный анализ самых разных показателей для уверенного принятия управленческих решений.

Кажется, совсем недавно первым инструментом инженера был кульман и рейсфедер. Буквально на глазах (за последние десятилетия) произошел невероятный прорыв. Появились компьютеры, текстовые редакторы, чертежные программы, системы документооборота, автоматизированного проектирования и, наконец, геоинформационные системы. Масштаб и сложность работы инженера растут в геометрической прогрессии, и сегодня невозможно представить профессионала-дорожника без знания соответствующих программных инструментов.

Планирование дорожно-транспортной сети начинается с карты. Что такое карта в современном ее представлении? Это многослойная и многомерная (в ряде случаев, помимо местоположения объектов, важно их состояние во времени или вариант их исполнения) *геоинформационная система*. Бумажный

вариант карты — это либо моментный срез для конкретной презентации, либо исторический документ. Карта на бумаге невероятно быстро устаревает. Современному же инженеру требуется объединение массы разнородных источников: *данных дистанционного зондирования* (космоснимки, аэрофотосъемка, лазерное сканирование поверхности земли), топографических планов разных лет, электронных карт общедоступных форматов, проектной документации смежных объектов и т.д.

Собрав картографическую основу, инженер решает лишь малую часть работы. Отдельным блоком слоев ГИС становится существующая дорожная сеть, взаимосвязи, условия, ограничения и пропускная способность каждого участка дороги, наличие альтернативных транспортных коммуникаций (метро, трамвай, электрички). Параллельно с информацией о существующей дорожной сети собирается



Комплексная транспортная схема г. Кемерово



Визуализация конструкции дорожной одежды

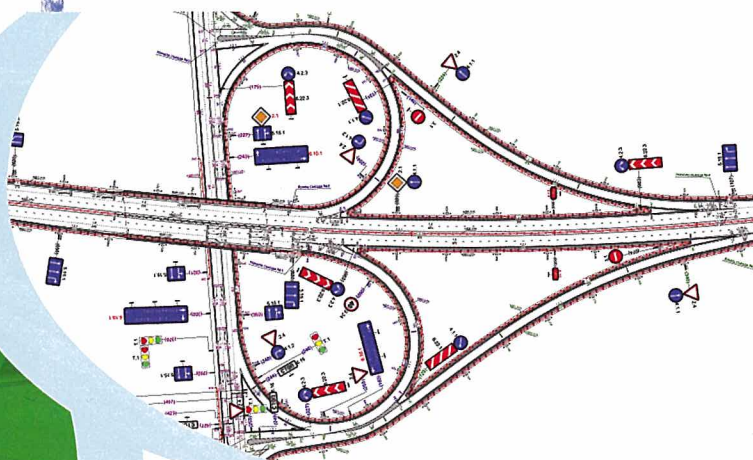
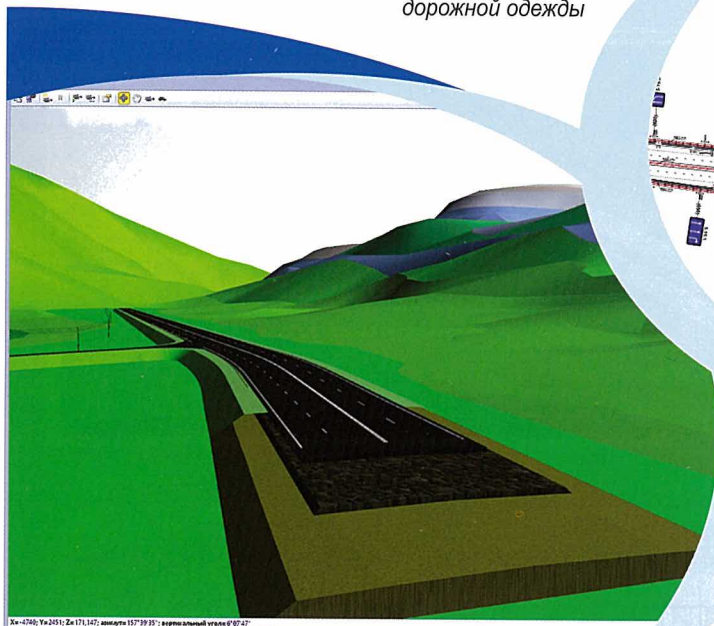


Схема расстановки дорожных знаков транспортной развязки

информация о районах, притягивающих к себе людей: спальные районы, места работы и отдыха.

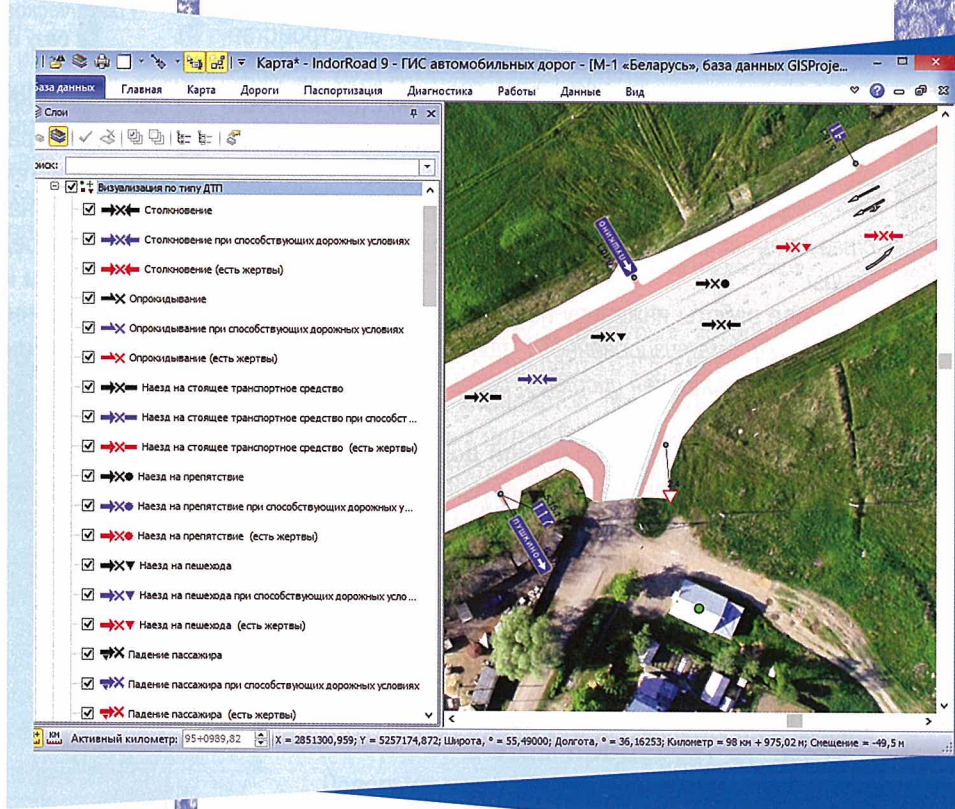
Собранная информация многократно проверяется как натурно (выборочными замерами), так и математическими методами. В конечном счете получается математическая модель, пригодная для прогнозных расчетов. И вот с ней-то как раз и начинается деловая игра, в ходе которой специалисты рассматривают самые разные варианты развития событий, предлагают реконструировать существующие участки для обеспечения большей пропускной способности, строить новые дороги, улицы, развязки, пересчитывая влияние каждого решения на загруженность автомобильных дорог.

Результатом работы являются *схемы территориального планирования и генеральные планы городов.*

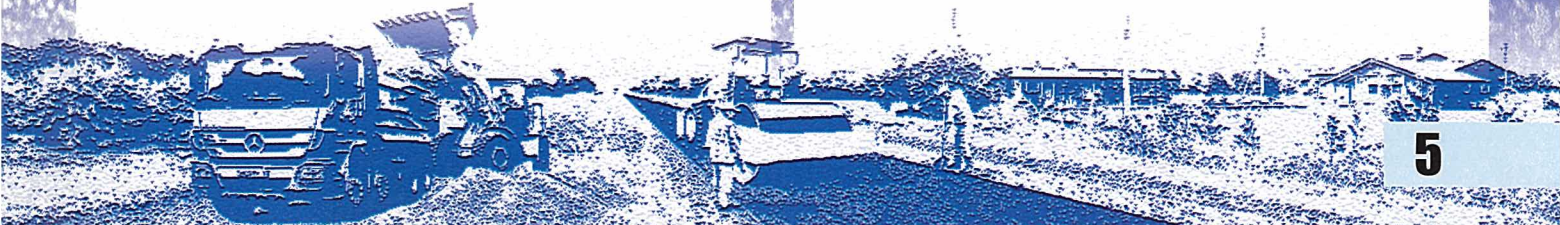
В ходе работы инженеру потребуются такие программы, как *геоинформационная система (ГИС), система моделирования транспортных потоков.*

Проектирование строительства автомобильной дороги, ее ремонтов и реконструкции в общем случае начинается с инженерных изысканий (геодезических и геологических). Чаще всего это связано с малой точностью имеющихся топографических планов

или их устареванием. В поле работают геодезисты с приборами, лазерные сканирующие лаборатории, иногда проводится аэрофотосъемка. Все собранные данные сводятся в единую систему координат и загружаются



Графическое отображение из базы данных о ДТП на участке автомобильной дороги



в систему автоматизированного проектирования (САПР), где по множеству точек и структурных линий строится поверхность существующей земли, наносятся существующие сооружения, зеленые насаждения, инженерные коммуникации.

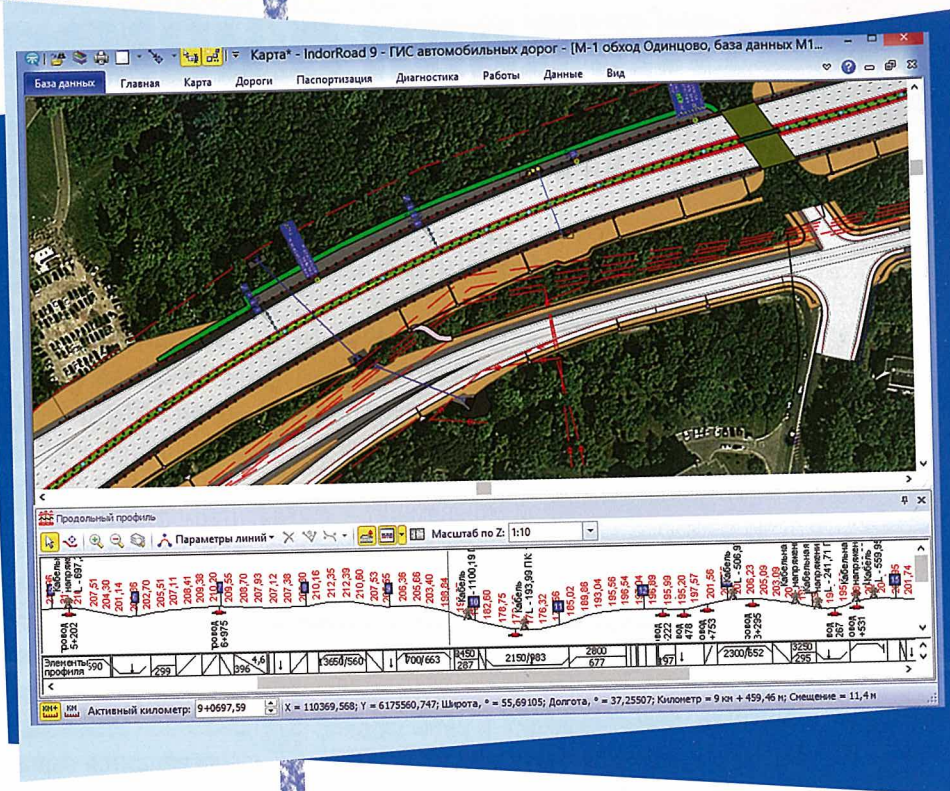
Современная САПР обязана оперировать уже не точками и отрезками, а более высокоуровневыми и «умными» объектами: трассами, поперечниками, пересечениями проезжих частей, слоями дорожной одежды и т.д. Использование таких объектов позволяет инженеру получать ведомости за короткое время, вносить коррективы в расположение проектируемого участка дороги с меньшими затратами, получать автоматизированный анализ ситуации (прохождение негабаритного транспорта, расчет виражей, расстановка инженерного обустройства, соблюдение минимальных радиусов и т.д.). Ну и, конечно, среди возможностей – уже фактически ставшая стандартом трехмерная визуализация результата и создание видеороликов.

Результатом работы является *проект строительства / ремонта / реконструкции автомобильной дороги / улицы*.

В ходе работы инженеру потребуются программы: *система автоматизированного проектирования (САПР), сметно-нормативная система, различные расчетные системы*.

Эксплуатация автомобильной дороги с точки зрения программных продуктов снова возвращает нас к использованию геоинформационной системы, интегрированной со специализированными базами данных, базами, вбирающими в себя не только геометрию сооружений, но и данные о событиях на дороге, состоянии инженерных объектов и дорожного покрытия, информацию о проведенных и планируемых мероприятиях, архивные данные и актуальную информацию систем мониторинга, бухгалтерский документооборот и т. д.

В реальности, поскольку эксплуатация автомобильной дороги сопряжена с ощутимыми финансовыми затратами, инженер просто обязан оперировать на этом этапе колос-



Графическое отображение инженерных сетей, занесенных в базу данных, на участке автомобильной дороги

сальными объемами информации. Диапазон решаемых вопросов, различие задач и многообразие информационных систем диктуют необходимость единого базового стандарта на структуры данных, методики их сбора, хранения и передачи.

Базовым инструментом для сбора и обработки инженерных данных является *геоинформационная система*, с которой интегрированы другие информационные системы.

Вопрос единого информационного пространства

На наших с вами глазах происходит очень важный процесс. В настоящее время мировая строительная отрасль проходит через этап фундаментальной трансформации. Имеет место переход от традиционных методов проектирования с подготовкой и последующим применением проектной документации к технологиям информационного моделирования зданий и сооружений. Это дает возможность формировать проектную, сметную и исполнительную документацию как единый информационный ресурс объекта на всем протяжении его жизненного цикла, включая стадии эксплуатации и вывода из эксплуатации.

действительности, зародившийся в стенах проектно-изыскательской компании «Инженерный дорожный центр „Индор“» один из первых программных продуктов был предназначен лишь для решения небольших и очень простых задач проектировщиков. Однако со временем коллектив программистов был значительно усилен путем объединения с командой разработки геоинформационной системы. В основу будущих программ лег многолетний опыт и специализированные алгоритмы для решения задач, возникающих при работе с цифровой моделью поверхности.

«ИндорСофт» — фабрика программного обеспечения

Начиная с 2003 года команда разработчиков инженерного дорожного центра «Индор» обретает юридическое лицо и распространяет программные продукты среди проектных организаций России, Казахстана и других стран. В числе предлагаемых программных продуктов следующие.



Визуализация проектного решения с элементами обустройства

IndorCAD/Topo – система подготовки топографических планов. Включает в себя все необходимое для обработки результатов изысканий, оцифровки и составления топопланов. В состав системы входит и графический редактор для финального оформления и печати чертежей IndorDraw.

Отчёт по расчёту.pdf - Adobe Reader

Вариант № 1

- 1) Конструктивный слой № 1: 15,0 см**
Асфальтобетон горячей укладки плотный I марки, из щебнистой (гравийной) смеси типа А, марка битума БНД/БН-60/90, E = 3200,0 МПа
- 2) Конструктивный слой № 2: 20,0 см**
Мелкозернистый бетон класса В th 4,0, E = 26500,0 МПа
- 3) Конструктивный слой № 3: 18,0 см**
"Тонкие" цементобетоны М-10,0, E = 1560,0 МПа
- 4) Конструктивный слой № 4: 10,0 см**
Песок средней крупности, с содержанием пылевого-глинистой фракции 5%, E = 600,0 МПа

Грунт земляной полотно
Материал, E = 600,0 МПа

Расчёт на изгиб

Среднезванный модуль упругости асфальтобетона

$$E_m = \frac{4500 \times 15}{15} = 4500 \text{ МПа}$$

Толщина слоя из асфальтобетона $h_a = 15 \text{ см}$
Эквивалентная толщина слоя [2, формула 3.30]

$$h_s = h + h_a \times \sqrt{\frac{E_m}{E}} = 20 + 15 \times \sqrt{\frac{4500}{26500}} = 28,31 \text{ см}$$

Коэффициент, учитывающий влияние места расположения нагрузки, $K_m = 1,5$
Коэффициент, учитывающий влияние штыревых соединений, $K_{шс} = 1$
Коэффициент, учитывающий условия работы, $K_{усл} = 0,66$
Коэффициент, учитывающий влияние тещеразруного корабельного штиля, $K_t = 1$ [2, формула 3.29]
Радиус отпечатка колеса [2, формула 3.10]

$$R = \sqrt{\frac{Q}{0,1 \times \pi \times p}} = \sqrt{\frac{71,5}{0,1 \times \pi \times 0,6}} = 19,48 \text{ см}$$

Последнее вычисление эквивалентного модуля упругости [2, формула 3.12, 3.13]
Диаметр отпечатка колеса $D = 50 \text{ см}$
 $E_c = 600 \text{ МПа}$

$$h_4 = 10 \text{ см}; h_s = 2 \times h_4 \times \sqrt{\frac{E_4}{6 \times E_{сум}}} = 2 \times 10 \times \sqrt{\frac{120}{6 \times 600}} = 6,44 \text{ см};$$

$$E_4^* = \frac{E_4}{0,71 \times \sqrt{\frac{E_{сум}}{E_4}} \times \arctg(\frac{1,23 \times h_4}{D})} + \frac{E_{сум}}{1,23 \times \arctg \frac{D}{h_4}} =$$

Сформированный подробный расчёт дорожной одежды

Создание нового проекта

Общие параметры проекта: Тип дорожной одежды: Катильный; Категория: I; Система координат: Система 1 (Географическая); Расчетная автомобильная группа: IV, 2000; Грунт: Песок средней крупности с содержанием пылевого-глинистой фракции 5%.

Стандартный вариант дорожной одежды:

- 1) На основе II класса прочности (Плотный строительный материал серии 3.500-1/0)
- 2) На основе III класса прочности (Плотный строительный материал серии 3.500-1/0)
- 3) На основе IV класса прочности (Плотный строительный материал серии 3.500-1/0)
- 4) На основе I класса прочности (Плотный строительный материал серии 3.500-1/0)

Итоговый слой покрытия:

- 1) 20 см: Мелкозернистый бетон класса В th 4,0
- 2) 15 см: Асфальтобетон горячей укладки плотный I марки
- 3) 18 см: Цементобетон М-10,0
- 4) 10 см: Песок средней крупности с содержанием пылевого-глинистой фракции 5%

Итоговые параметры:

- Эквивалентная толщина слоя: 28,31 см
- Радиус отпечатка колеса: 19,48 см
- Эквивалентный модуль упругости: 4500 МПа

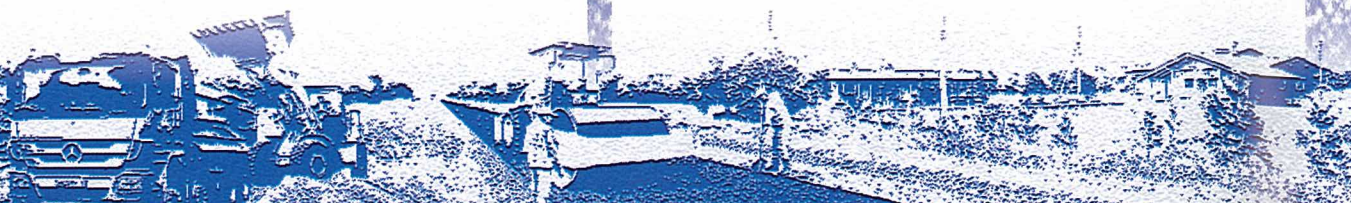
Материалы конструктивных слоев земляной дорожной одежды:

- 1) 15 см: Асфальтобетон горячей укладки плотный I марки
- 2) 20 см: Мелкозернистый бетон класса В th 4,0
- 3) 18 см: Цементобетон М-10,0
- 4) 10 см: Песок средней крупности с содержанием пылевого-глинистой фракции 5%

Таблица параметров дорожной одежды:

Имя слоя	Толщина, см	Модуль упругости, МПа	Коэффициент
1	15	3200	1,5
2	20	26500	1
3	18	1560	0,66
4	10	600	1

Пример расчета дорожной одежды



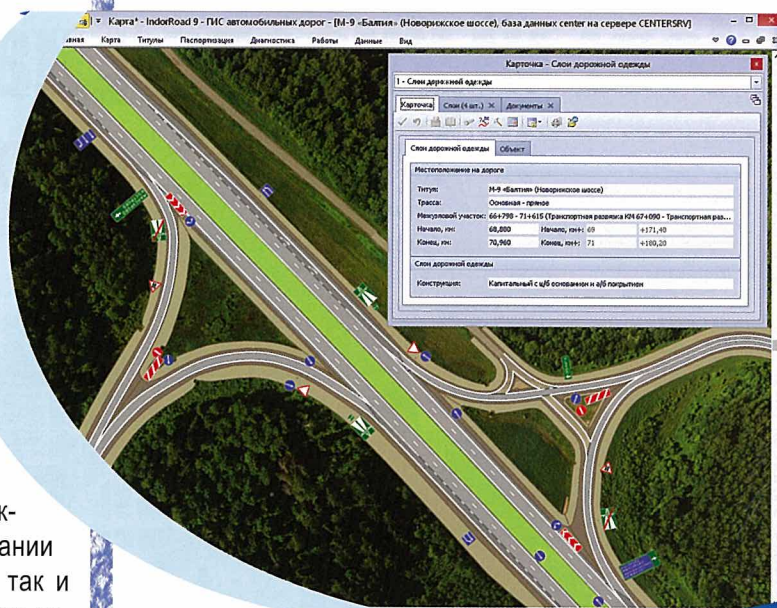
IndorCAD/Road — система проектирования автомобильных дорог. Выпускается в нескольких комплектациях, где также довольно широко охвачены вопросы изысканий и построения цифровой модели рельефа, решаются задачи трассирования, построения цифровой модели проекта, имеются все необходимые средства для автоматизации построений, расчета объемов работ и составления ведомостей. Программа учитывает российские нормативы и выдает необходимые предупреждения, если какой-либо критерий выходит за рамки допустимых значений. Инструментарий программы способен помочь инженеру не только при создании проекта нового строительства, но и при проектировании ремонтов, реконструкций как загородных дорог, так и городских улиц. И конечно, результат работы можно сохранять в общедоступных электронных форматах, например DWG.

IndorPavement — система расчета дорожных одежд. Одна из самых серьезных на данный момент систем, доступных для проектировщиков. Признание программа завоевала благодаря поддержке самого широкого спектра методик расчетов, внушительной библиотеке материалов и альбому типовых решений. А самым серьезным козырем в общении проектировщиков и экспертов стал расширенный отчет программы, где отражены все формулы и ссылки на нормативные документы и видна вся последовательность расчетов.

IndorRoad — геоинформационная система автомобильных дорог. Благодаря активному сотрудничеству с дорожными управлениями самого разного масштаба удалось создать геоинформационную систему, способную хранить и анализировать данные об автомобильной дороге, начиная с момента ее проектирования. Есть примеры внедрения ГИС IndorRoad на территории города, областей, региона и на ряде федеральных автомобильных дорог.

«ИндорСофт» — научная база

Всего вышеперечисленного было бы невозможно достичь, если бы не научный потенциал организации. Среди сотрудников компании — доктора наук, кандидаты технических наук, за плечами которых богатейшая научно-исследовательская деятельность. Сотни статей и монографий, книги. Уже несколько лет из стен вузов выходят инженеры-дорожники, подготовленные по учебникам, написанным сотрудниками «ИндорСофт», и про-



Вывод информации из базы данных по участку автомобильной дороги

ходят практику с использованием программ этой компании. В переписке с пользователями нередко слышны упреки в том, что «ИндорСофт» мало уделяет внимания формированию нормативной базы. Но это чуточку неверно. В стенах компании ведется разработка будущих стандартов. Вводить в эксплуатацию столь серьезные программные комплексы невозможно без совершенствования методик сбора информации, внесения поправок в действующие регламенты и т. д.

«ИндорСофт» — учебно-методическая поддержка

Помимо написания учебников и преподавания в вузах, сотрудники «ИндорСофт» регулярно проводят курсы повышения квалификации для инженеров-дорожников как по программе автоматизации проектирования автомобильных дорог, так и по внедрению и использованию ГИС автомобильных дорог. Учебные курсы проводятся не только в форме очных встреч с преподавателями, но и посредством дистанционного обучения через интернет. Все это позволяет активно вести диалог с профессионалами, формировать новые требования и действовать согласно веяниям времени. Другими словами, можно сказать, что создание современных программных продуктов для дорожного хозяйства немислимо силами простых программистов, тут требуются синергия и талант обеих сторон.

Виктор ДМИТРИЕНКО

