

ЛИНЕЙКА ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ IndorCAD

Д.А. ПЕТРЕНКО, Р.О. КУЛЕНОВ, Н.С. МИРЗА, С.А. СУББОТИН, А.В. СКВОРЦОВ

В настоящее время в ООО «ИндорСофт. Инженерные сети и дороги» (г. Томск) разрабатывается линейка программных продуктов, автоматизирующих проектирование объектов промышленного, транспортного и гражданского строительства. Эта линейка продуктов построена на базе универсального ядра систем автоматизированного проектирования IndorCAD.

Система автоматизированного проектирования IndorCAD начала создаваться в 1991 году в ООО ИДЦ «Индор» (г. Томск). До 2003 года она называлась ReCAD (по аббревиатуре РеКонструкция Автомобильных Дорог) и использовалась исключительно для решения задач проектирования автомобильных дорог и выполнения проектов их реконструкции и ремонта. В марте 2003 года система ReCAD была передана для дальнейшего развития в специализированную фирму по разработке программного обеспечения ООО «ИндорСофт. Инженерные сети и дороги», которая разрабатывает также геоинформационные системы и прикладные информационные комплексы на их основе. С этого момента система ReCAD была переименована в IndorCAD/Road.

В процессе развития системы в неё добавлялись новые типы данных, инструменты для работы с ними, расширялись функциональные возможности, и как следствие – области применения САПР IndorCAD.

Состав линейки программных продуктов IndorCAD

Изначально САПР IndorCAD создавалась для проектирования автомобильных дорог всех технических категорий на стадии их строительства, реконструкции и

ремонта [1]. Список задач, решаемых с помощью системы IndorCAD, довольно солиден. Инструментальные средства системы IndorCAD предоставляют возможность:

- обрабатывать данные геодезических изысканий (тахеометрическая съёмка, нивелирование, GPS-съёмка);

- формировать на основе обработанных данных цифровую модель местности (ЦММ), отображать её различными способами (изолинии, изоконтур, «отмывка рельефа» и т.д.) для визуального анализа;

- работать с несколькими поверхностями (существующей, проектной или иной);

- ассоциировать с каждой поверхностью различные типы данных (здания, зелёные насаждения, инженерные коммуникации, съёмочные точки поверхности, структурные рёбра триангуляции, данные об «окраске» поверхности и др.);

- осуществлять «склейку» нескольких проектов в один, что позволяет разбить сложный проект на несколько простых, обработать их, а затем произвести сборку цельного проекта;

- отображать поверхности, а также объекты, им принадлежащие, в 3D-виде;

- формировать чертежи планов существующих и проектируемых поверхностей, а также различные специализированные чертежи в систему подготовки чертежей IndorDraw [2];

- формировать различные отчётные ведомости и таблицы в Microsoft Excel;

- решать задачи, специфические для проектирования отдельных видов объектов транспортного, промышленного и гражданского строительства.

Поскольку многие из решаемых системой IndorCAD задач могут быть использованы не только для проектирования автомобильных дорог, но и для проектирования других объектов транспортного, промышленного и гражданского строительства, в ООО «ИндорСофт» было принято решение разработать линейку САД-продуктов, построенных на ядре IndorCAD.

САПР IndorCAD является открытой для расширения системой, то есть её возможности не ограничиваются объектами и функциональностью, заложенными в базовую программу. В системе предусмотрена возможность расширения её функциональности сторонними разработчиками, используя технологию ActiveX. В ядро системы встроены лишь базовые типы данных для моделирования поверхностей на основе триангуляции Делоне с ограничениями [3] (точки, структурные линии, регионы) и базовые функции (построение поверхности по исходным данным, несколько способов отображения поверхностей, построение произвольных разрезов, формирование проектных чертежей), а также технология подключения внешних модулей.

Проведя анализ используемых в настоящее время программных систем в транспортном, промышленном и гражданском строительстве, а также классов задач, решаемых в проектных организациях, можно сделать следующие выводы:

1. В цепочке проектирования во всех рассмотренных отраслях первой (и очень ответственной) задачей является подготовка и обработка исходных данных для построения ЦММ. В современном мире для сбора исходных данных применяются высокоточные геодезические приборы (электронные тахеометры, GPS-приёмники, лазерные нивелиры и т.д.). Поэтому в любой системе проектирования объектов строительства необходимо наличие инструментов, позволяющих обрабатывать такие исходные данные и получать цифровую модель местности.

2. Помимо формы рельефа часто необходима информация о располагающихся над и под поверхностью инженерных коммуникациях (трубопроводах, линиях связи, линиях электропередач, ливневых сооружениях, водопропускных трубах и т.д.). Данные об инженерных коммуникациях не всегда нужны, но при проектировании объектов в городских условиях – необходимы. Следовательно, необходим дополнительный модуль, позволяющий заносить, обрабатывать и отображать информацию об инженерных коммуникациях.

3. Практически во всех отраслях результатом проектирования является новая (проектная) поверхность. Для преобразования существующей поверхности в про-

ектную необходимо перераспределение земляных масс на проектируемом участке. Поэтому одной из важных задач, которую должна решать система проектирования, является задача вычисления разности поверхностей и расчёт объёмов земляных работ, которые необходимо произвести для получения проектного решения.

4. В каждой из отраслей транспортного, промышленного и гражданского строительства есть своя специфика построения проектной поверхности. Также различаются списки и состав формируемых выходных ведомостей и чертежей. Следовательно, для каждой отрасли должен быть разработан специализированный модуль, решающий задачи конкретной предметной отрасли.

Исходя из этих выводов формируется представление о линейке программных средств для проектирования объектов транспортного, промышленного и гражданского строительства (рис. 1).

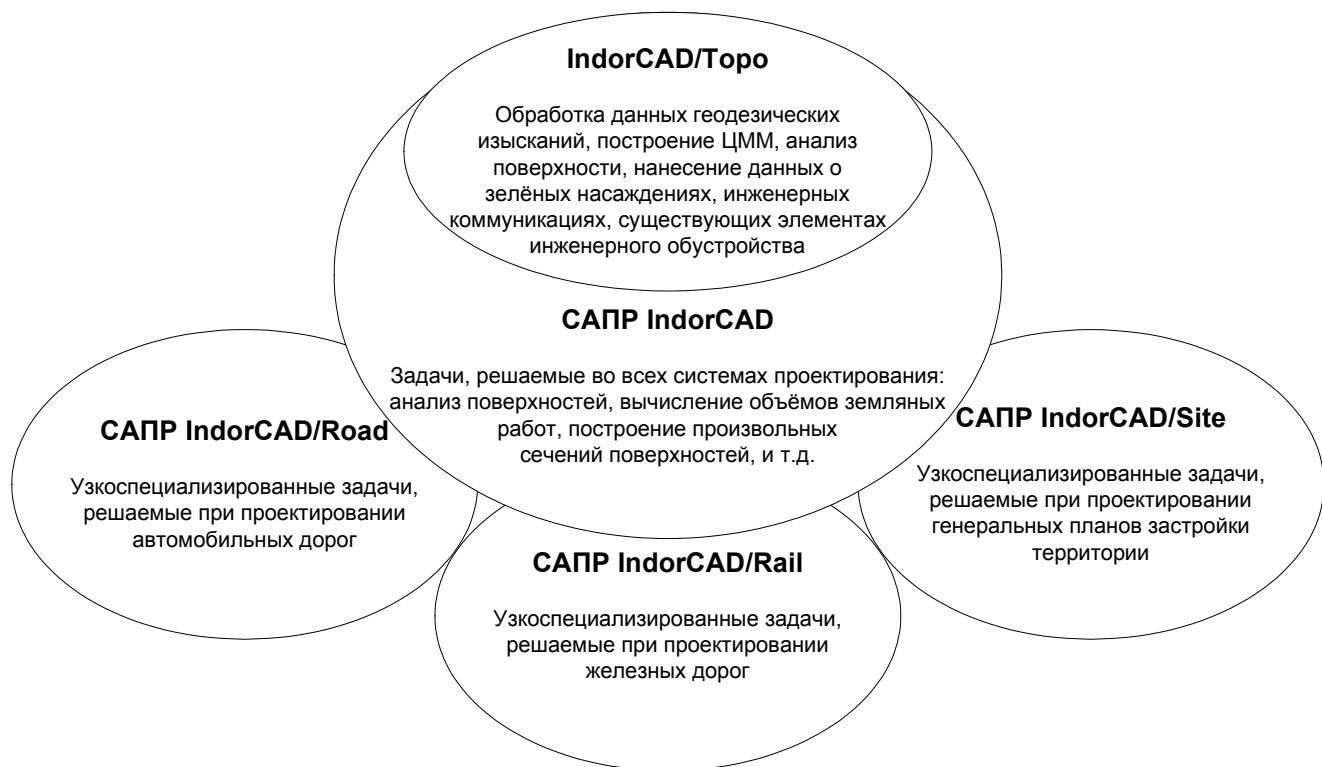


Рис. 1. Линейка программных продуктов IndorCAD

В основе каждой системы автоматизированного проектирования должно быть универсальное ядро, имеющее базовую функциональность и позволяющее подключать дополнительные средства и инструменты для решения задач конкретной

предметной области. Для решения задачи подготовки исходных данных для проектирования на базе такого универсального ядра можно создать «упрощённую» систему, исключив из неё функциональность, не являющуюся необходимой для обработки данных.

Система подготовки топографических планов IndorCAD/Топо

По большому счёту система подготовки топографических планов не является САД-системой, так как в ней не выполняется никакого проектирования, а только готовятся данные для других САПР. Она построена на основе системы автоматизированного проектирования IndorCAD исключением из неё некоторой функциональности. Такая «облегчённая» версия системы может быть использована отделами изысканий, присутствующими в любой организации, занимающейся инженерно-изыскательской деятельностью. При этом уменьшенная функциональность упрощает работу инженерам, производящим обработку изысканий (удалённая из базовой системы IndorCAD функциональность не является необходимой для подготовки цифровой модели местности). Поскольку система подготовки топографических планов IndorCAD/Топо основана на ядре САПР IndorCAD, файлы с цифровой моделью местности, подготовленные в IndorCAD/Топо, легко могут быть прочитаны более «тяжёлыми» системами автоматизированного проектирования: IndorCAD/Road, IndorCAD/Rail, IndorCAD/Site.

Внешний вид системы подготовки топографических планов показан на рис. 2. В левой части окна отображается дерево структуры проекта. Объекты, отображаемые в дереве, могут быть включены или отключены для отображения. Во избежание «замусоренности» дерева структуры проекта классы объектов, не нанесённые на план, в нём не отображаются.

В системе IndorCAD/Топо предусмотрена возможность обработки данных геодезических изысканий. Эта возможность реализована во встроенном в систему геодезическом редакторе IndorSurvey. Геодезический редактор предназначен для обработки данных, полученных в ходе геодезических изысканий. Редактор предоставляет следующие возможности:

- ВВОД ИСХОДНЫХ ДАННЫХ;
- ВИЗУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОРРЕКТНОСТИ ДАННЫХ;

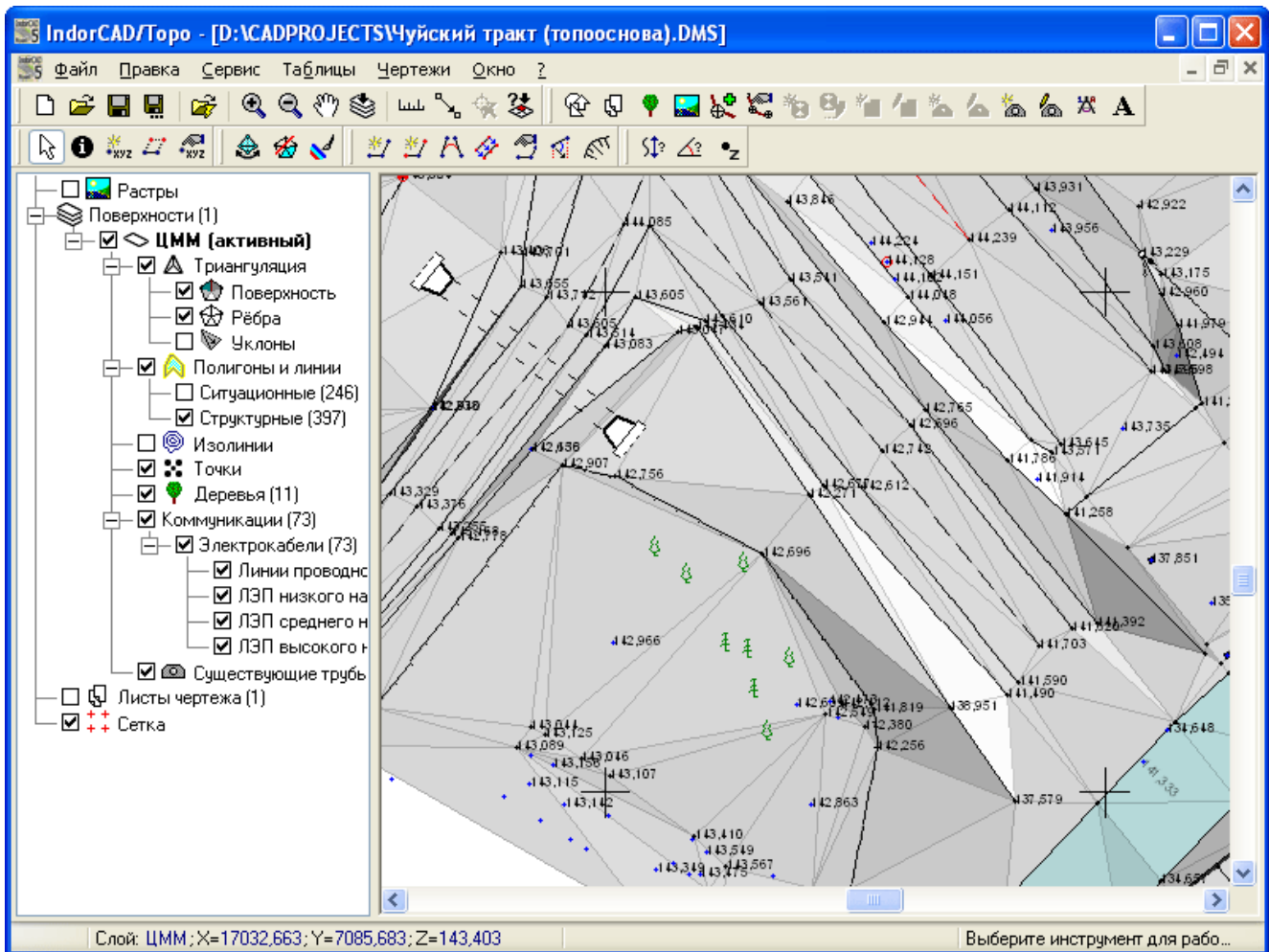


Рис. 2. Система подготовки топографических планов IndorCAD/Топо

- увязку теодолитных и тахеометрических ходов, в том числе замкнутых;
- выполнение геодезических расчетов, включая вычисление точек по засечкам (полярной, линейной, угловой, створной и др.);
- передачу обработанных данных в виде съёмочных точек для построения цифровой модели рельефа в систему IndorCAD;
- импорт данных геодезических приборов;
- формирование отчетных документов.

Внешний вид геодезического редактора представлен на рис. 3.

Помимо обработки геодезии, в системе подготовки топографических планов предусмотрена возможность нанесения дополнительных объектов на план:

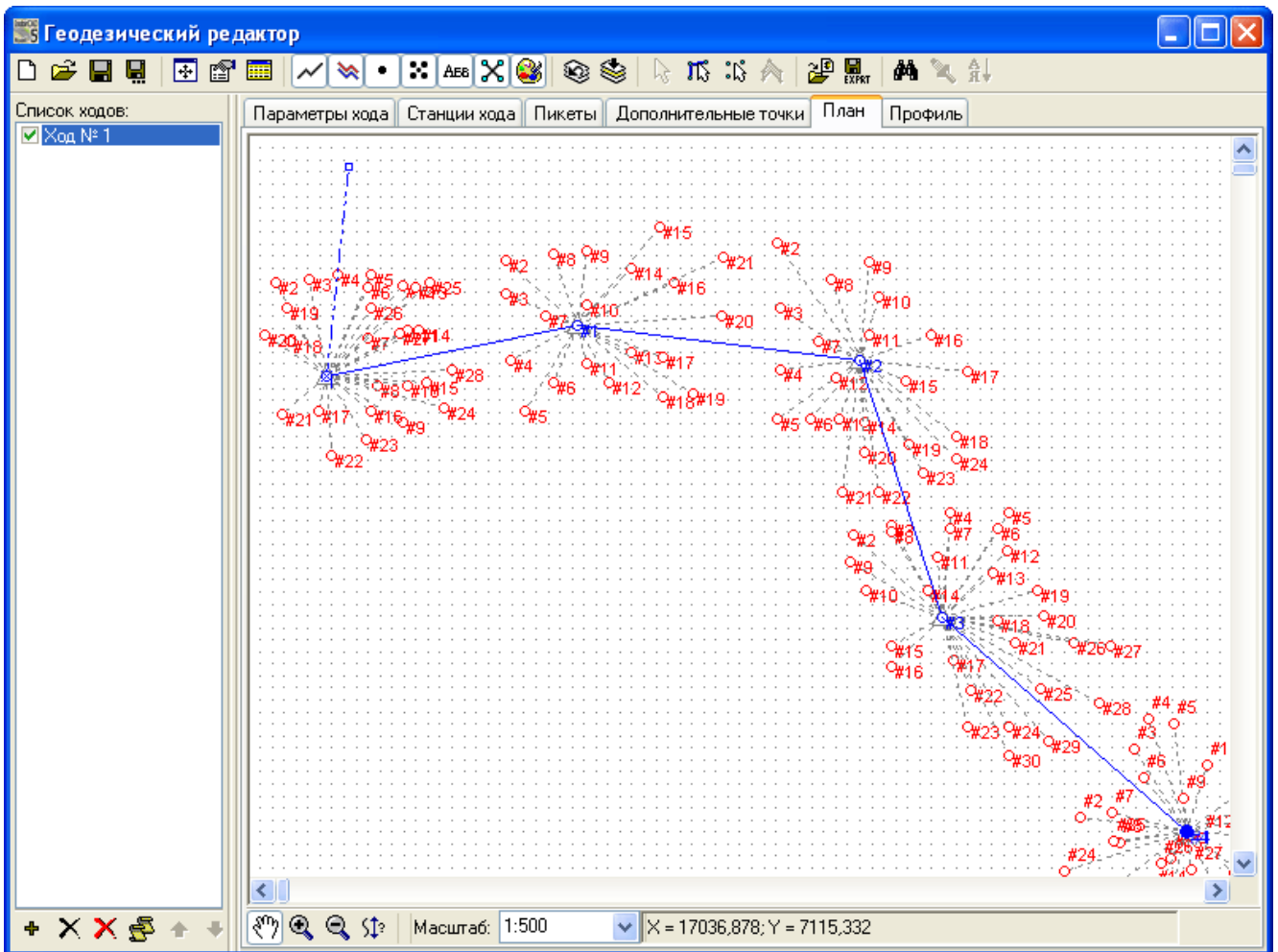


Рис. 3. Геодезический редактор

- геологических колонок (с занесением информации о мощностях слоёв грунта, их состояниях и стилях отрисовки);
- линий границы рельефа (структурных линий и полигонов);
- ситуационных линий и полигонов, служащих для отображения специальными условными знаками различных линейно-протяжённых и площадных объектов;
- откосов, укреплённых откосов, обрывов;
- водопропускных труб;
- зданий;
- реперов;
- зелёных насаждений;
- текстовых надписей;
- инженерных коммуникаций;

– существующих дорожных знаков.

Иногда источником исходных данных для построения цифровой модели местности может служить растровая подложка (сканированные карты, чертежи, аэрофотоснимки). В этом случае с помощью встроенных в систему средств можно «сколоть» исходные данные (точки, линии, здания, зелёные насаждения и др. объекты) с растра. Также система подготовки топографических планов содержит средства для анализа корректности обрабатываемых данных: отображение поверхности в виде изолиний, построенных с заданным пользователем шагом; отображение поверхности изоконтурными по указанным пользователем уровням либо с некоторым шагом; псевдотрёхмерный вид (метод «отмывки рельефа»).

Точечные, линейно-протяжённые и площадные объекты могут отображаться условными знаками, соответствующими ГОСТ, для этого в системе IndorCAD используется универсальная технология отображения условных знаков IndorExFonts [4], разработанная в ООО «ИндорСофт» (г. Томск).

Результатом работы в системе подготовки топографических планов является файл, содержащий информацию о модели рельефа и об объектах, расположенных на существующей поверхности. Далее файл исходных данных может быть передан в любую из систем автоматизированного проектирования IndorCAD для дальнейшего проектирования тех или иных объектов: автомобильных или железных дорог, генеральных планов застройки территории или иных объектов.

Системы автоматизированного проектирования IndorCAD/xxx

В основе любого проектного решения лежит цифровая модель местности, которая может быть получена в системе подготовки топографических планов IndorCAD/Торо или в любой из систем автоматизированного проектирования IndorCAD. В качестве ЦММ в программных продуктах линейки IndorCAD используется триангуляционная модель местности, построенная с помощью триангуляции Делоне с ограничениями [3]. Одной из особенностей системы является вычисление данных «по требованию»: данные, которые могут быть вычислены каким-либо образом (триангуляционная модель, изолинии, разности поверхностей и др.), не хра-

няются в файле проекта, а вычисляются при необходимости (например, при включении изолиний для отображения в плане). В файле проекта хранятся только исходные данные для построения модели рельефа и информация о других объектах.

В дополнение к функциям, которые реализованы в системе подготовки топографических планов, система автоматизированного проектирования IndorCAD позволяет:

- работать с произвольным количеством поверхностей;
- строить сечения поверхностей по произвольным линиям (при этом объекты, пересекаемые линией разреза, также будут отображены в сечении);
- строить разность любых двух поверхностей, вычислять линию нулевых работ, а также объёмы земляных работ;
- записывать перемещение камеры в окне 3D-вида в файл для последующего «пролёта» по заданной траектории, при этом «пролёт» может быть записан в видеофайл AVI для последующей демонстрации без системы IndorCAD;
- экспортировать данные в универсальном формате шейп-файлов для передачи их в геоинформационные системы, поддерживающие данный формат;
- формировать чертежи планов, геологических колонок в систему подготовки чертежей IndorDraw;
- строить линии, эквидистантные линейным или площадным объектам IndorCAD.

Следует отметить, что объект «разность поверхностей» является динамическим объектом, то есть если хотя бы одна из поверхностей, участвующих в построении разности, изменится, то система выполнит перерасчёт объекта. Такая возможность появилась в системе благодаря технологии сравнения триангуляций с помощью хэширования [5]. Если одна из исходных поверхностей была перестроена, но изменения в поверхности не касались формы рельефа, объект «разность поверхностей» перестроен не будет.

На базе САПР IndorCAD реализована система автоматизированного проектирования автомобильных дорог IndorCAD/Road, которая расширяет функциональ-

ность системы и позволяет проектировать автомобильные дороги всех технических категорий. В настоящее время готовятся к выпуску система автоматизированного проектирования железных дорог IndorCAD/Rail и система проектирования генеральных планов IndorCAD/Site.

Система автоматизированного проектирования автомобильных дорог IndorCAD/Road

В системе автоматизированного проектирования автомобильных дорог присутствуют классы данных, описывающих автомобильные дороги, а также объекты инженерного обустройства. Поскольку задача проектирования автомобильных дорог является достаточно специфической, классы, описывающие автомобильную дорогу, а также ряд дополнительных «сопутствующих» ей классов и инструменты для работы с ними вынесены в отдельный модуль, подключаемый к базовой системе IndorCAD по технологии ActiveX.

В дополнение к базовой функциональности, присущей системе автоматизированного проектирования IndorCAD, система IndorCAD/Road позволяет:

- трассировать автомобильные дороги в плане с применением как традиционных геометрических элементов (прямые, дуги окружности и клотоиды), так и современных инструментов вычислительной математики (кривые Безье 3-го и 5-го порядков, а также интерполяционные сплайны);
- осуществлять параллельный перенос трассы, изменять азимут её начального направления;
- проектировать продольный профиль трассы как классическим способом, так и сплайновым;
- осуществлять сглаживание проектной линии в заданном коридоре;
- оценивать профильную видимость в прямом и обратном направлениях;
- проектировать верх земляного полотна (в том числе виражи, уширения проезжей части, автобусные карманы, переходно-скоростные полосы);
- анализировать соответствие виража расчётной скорости автомобиля;
- проектировать автомобильные дороги переменной технической категории;

- конструировать дорожную одежду и поперечные профили, как типовые, так и индивидуальные;
- одновременно отображать на экране все проекции проектируемого объекта;
- назначать трассам слой существующей и проектной поверхности;
- формировать чертежи продольных и поперечных профилей, а также график аварийности в систему подготовки чертежей IndorDraw;
- редактировать профили водоотводных сооружений (кюветов) и формировать их чертежи;
- формировать отчётные таблицы и ведомости по проектируемым объектам в Microsoft Excel.

В системе реализован принцип единой модели дороги, то есть любые изменения в одной из проекций (план, продольный или поперечный профиль) приведут к немедленным изменениям в других проекциях. Такой подход исключает противоречивые проектные решения и даёт возможность корректировать продольный и поперечный профили одновременно.

Следует отметить, что объект «автомобильная дорога» может «на лету» формировать проектную поверхность в указанный пользователем слой, при этом любые изменения в проектной линии (плановое положение, продольный профиль, верх земляного полотна или поперечный профиль) приводят к изменению проектной поверхности, что значительно упрощает процесс проектирования земляного полотна.

К объекту «автомобильная дорога» могут быть «привязаны» дополнительные объекты инженерного обустройства: элементы дорожной разметки, дорожные знаки, ограждения и сигнальные столбики, а также мосты и путепроводы, по которым могут быть сформированы сводные ведомости, таблицы и отчёты. Стоит отметить, что привязка таких объектов осуществляется в относительных координатах трассы, то есть изменение планового положения трассы автоматически сдвинет привязанные к ней объекты инженерного обустройства.

На рис. 4 представлен вид окна плана системы проектирования автомобильных дорог IndorCAD/Road с открытым проектом автомобильной развязки в двух уровнях. При проектировании автомобильных дорог чрезвычайно важной функцией служит визуальная оценка проектных решений. Наилучшим решением для такой оценки является отображение проекта в трёхмерном виде (рис. 5). Такой способ отображения позволит визуально оценить качество проектного решения, дальность видимости объектов на автомобильной дороге и т.д. Дополнительно в САПР автомобильных дорог IndorCAD реализована возможность «проезда» по проектной трассе (вид с точки зрения водителя), что позволяет наиболее качественно оценить проектное решение. В 3D-виде отображаются также все элементы инженерного обустройства (разметка, дорожные знаки, путепроводы, ограждения и др.).

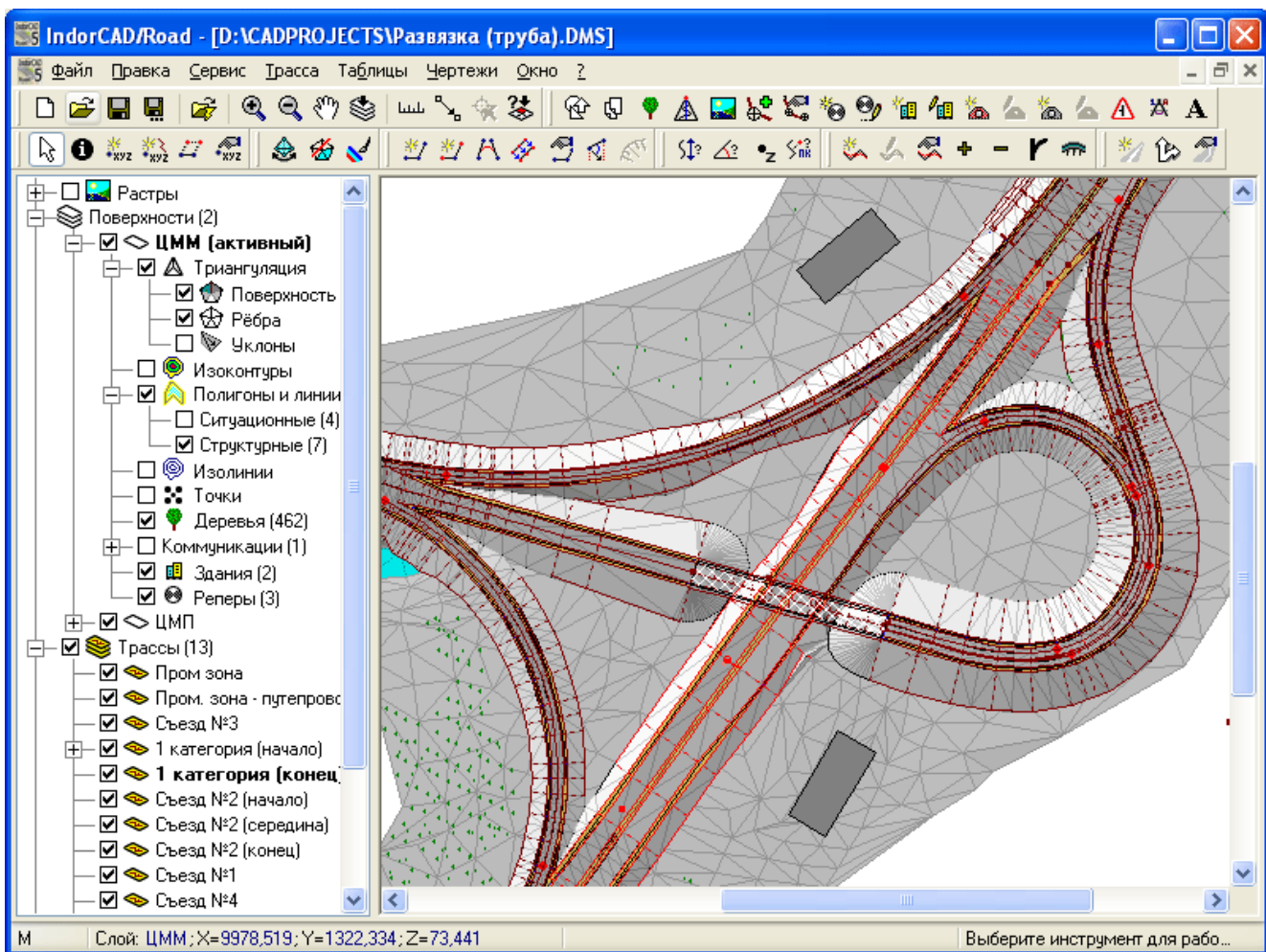


Рис. 4. Система проектирования автомобильных дорог IndorCAD/Road

В настоящее время система автоматизированного проектирования автомобильных дорог успешно эксплуатируется во многих проектных организациях России и ближнего зарубежья.

Система автоматизированного проектирования генеральных планов IndorCAD/Site

При проектировании генеральных планов обычно решаются задачи вертикальной планировки проектируемых участков для обеспечения водоотвода, а также расчёт объёмов земляных работ, выполненный «по сетке».

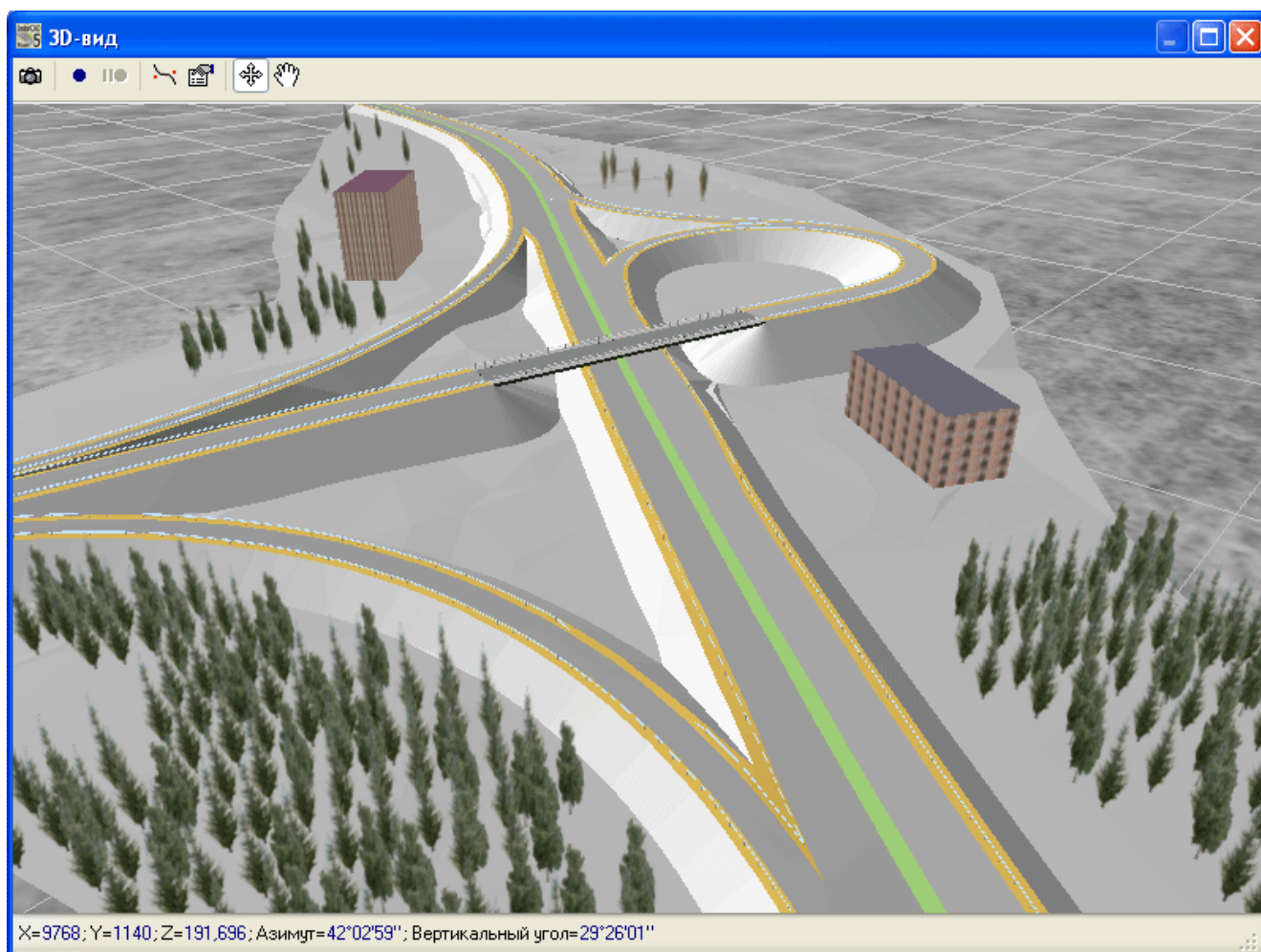


Рис. 5. Окно 3D-вида системы автоматизированного проектирования IndorCAD

Для решения задач вертикальной планировки проектируемой поверхности в систему IndorCAD/Site добавлены специальные инструменты, позволяющие удобным для инженера-проектировщика способом выполнить требуемые опера-

ции. Автоматический пересчёт изолиний при изменении проектной поверхности позволяет сразу видеть в привычной для инженера форме представления поверхности результат выполненной операции.

Инструментальные средства, добавленные к базовой системе проектирования IndorCAD, позволяют:

- строить поверхность с заданным уклоном;
- производить автоматическое измерение уклонов поверхности в интересующих участках;
- отображать в произвольных точках существующие, проектные и рабочие (разность между проектной и существующей) отметки поверхности;
- автоматически достраивать откосы от проектной поверхности до существующей;
- производить подсчёт объёмов земляных работ по сетке;
- формировать отчётные ведомости, таблицы и чертежи, принятые при проектировании генеральных планов.

В настоящее время система автоматизированного проектирования генеральных планов IndorCAD/Site проходит тестирование в ряде проектных организаций Сибири, выпуск её коммерческой версии предполагается в начале 2005 года.

Система автоматизированного проектирования железных дорог IndorCAD/Rail

В силу специфичности решаемых задач система автоматизированного проектирования железных дорог IndorCAD/Rail, по аналогии с САПР IndorCAD/Road, сделана в виде дополнительного модуля к базовой системе IndorCAD, подключаемого по технологии ActiveX, и реализует классы, описывающие железные дороги, и методы работы с ними.

Система автоматизированного проектирования железных дорог разрабатывается проектно-изыскательским институтом «Томгипротранс» (г. Томск), многие

годы занимающимся проектированием железных дорог совместно с группой разработчиков САПР IndorCAD (ООО «ИндорСофт», г. Томск).

Инструментальные средства, реализованные в этом модуле, позволяют:

- трассировать железные дороги в плане (строить в плане кривую, описывающую траекторию дороги) с применением традиционных геометрических элементов (прямых, дуг окружностей и клотоид);

- удобно и наглядно редактировать трассы (интерактивное и параметрическое редактирование, параллельный перенос трассы, изменение азимута ее начального направления и т.д.) с учётом нормативов и рекомендаций, приведённых в СНиП «Железные дороги колеи 1520 мм»;

- осуществлять вариантное трассирование, предоставляя инженеру возможность выбрать наилучшее проектное решение;

- проектировать продольный профиль трассы классическим методом;

- проектировать поперечные профили трассы, задавать конструкцию насыпи (как из библиотеки типовых, так и индивидуальную);

- получать чертёж продольного профиля трассы железной дороги в стандартной для железных дорог форме, предусмотренной ГОСТ;

- визуализировать существующие и проектные железные дороги в 3D-виде;

- формировать проектную поверхность с учётом насыпей и выемок, заложенных инженером-проектировщиком при редактировании поперечных профилей.

В настоящее время система проектирования железных дорог IndorCAD/Rail готовится к скорому выпуску – её первая версия проходит тестирование проектными группами института «Томгипротранс». Выпуск коммерческой версии САПР железных дорог намечен на первый квартал 2005 года.

Заключение

Можно утверждать, что в ООО «ИндорСофт» (г. Томск) разработана линейка программных продуктов, построенных на базе универсальной системы автоматизированного проектирования объектов транспортного, промышленного и гражданского строительства IndorCAD, позволяющая выполнять весь комплекс работ,

связанных с проектированием геообъектов – от обработки геодезических изысканий и подготовки цифровой модели местности до формирования выходных чертежей, таблиц и ведомостей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бойков В.Н., Петренко Д.А., Люст С.Р., Скворцов А.В. Система автоматизированного проектирования автомобильных дорог IndorCAD/Road // Вестник Том. ун-та. – 2003. – № 280. – С. 350–353.
2. Скворцов А.В., Иванов М.О., Петренко Д.А. Система подготовки чертежей IndorDraw // Вестник Том. ун-та. – 2003. – № 280. – С. 354–357.
3. Скворцов А.В. Триангуляция Делоне и её применение. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2002. – 127 с.
4. Скворцов А.В., Субботин С.А. Универсальная технология отображения условных знаков // ИНПРИМ-98 (Материалы междунар. конф.). Ч. 5. – Новосибирск, 1998. – С. 66.
5. Петренко Д.А., Скворцов А.В., Куленов Р.О. Сравнение триангуляций с помощью хэш-функций // Вестник Том. ун-та. – 2003. – № 280. – С. 305–308.