

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Инженерная геодезия»

В. Н. Кашура

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Пособие по выполнению курсовой работы
для студентов специальности 1-56 02 01 «Геодезия»

*Рекомендовано учебно-методическим объединением по образованию
в области горнодобывающей промышленности*

Минск
БНТУ
2016

УДК 528:658.512.22-027.44 (075.8)

ББК 30.2-5-05я 7

К31

Рецензенты:

кафедра геодезии и картографии географического факультета
Белорусского государственного университета (зав. кафедрой,
канд. геогр. наук, доцент *А. П. Романкевич*);
канд. техн. наук *И. Е. Рак*

Кашура, В. Н.

К31 Инженерно-геодезическое обеспечение автоматизированных систем проектирования : пособие по выполнению курсовой работы для студентов специальности 1-56 02 01 «Геодезия» / В. Н. Кашура. – Минск : БНТУ, 2016. – 80 с.

ISBN 978-985-550-795-7.

Рассмотрено программное обеспечение для автоматизированного проектирования в геодезии и смежных областях, его функциональные возможности, а также современные методы сбора пространственной инженерно-геодезической информации для создания цифровой модели местности. Описаны принципы создания цифровой и математической модели местности; проведено построение продольного профиля линейно-тематического объекта по данным цифровой модели местности.

УДК 528:658.512.22-027.44 (075.8)

ББК 30.2-5-05я 7

ISBN 978-985-550-795-7

© Кашура В. Н., 2016

© Белорусский национальный
технический университет, 2016

ВВЕДЕНИЕ

Пособие по выполнению курсовой работы по учебной дисциплине «Инженерно-геодезическое обеспечение автоматизированных систем проектирования» разработано для студентов пятого курса специальности 1-56 02 01 «Геодезия» в соответствии с учебной программой.

Темы для выполнения курсовой работы назначаются согласно действующей учебной программе. Кроме того, они также могут разрабатываться профессорско-преподавательским составом (далее ППС) кафедры в соответствии с научно-исследовательской проблемой кафедры и научным интересом каждого преподавателя.

Основной целью курсовой работы является получение практических навыков по созданию цифровой модели местности (далее ЦММ) инженерного назначения и дальнейшее ее применение в современных автоматизированных системах проектирования (далее САПР). Также получение практических навыков построения продольных профилей линейно-тематических объектов, по данным ЦММ.

Курсовая работа выполняется на основе изучения теоретических и практических подходов к вопросам сбора и обработки геодезической информации для создания ЦММ и должна показать умение студента самостоятельно исследовать поставленную задачу по теме, выявлять наиболее приоритетные пути решения, применять собственные теоретические и практические знания.

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ И ПОРЯДОК ОФОРМЛЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Структура курсовой работы должна соответствовать перечню вопросов, указанному для разработки в задании на курсовую работу. Главы должны быть логически связаны, подчинены целям и задачам курсовой работы.

В работе необходимо использовать научную терминологию. Не допускается дословное копирование изученной и используемой литературы. Изложение должно вестись своими словами и свидетельствовать том, что автор разобрался в сути рассматриваемых вопросов и имеет свою точку зрения. Это не исключает возможности цитирования; каждую цитату оформляют соответствующим образом.

Изложение должно вестись грамотно, без стилистических и логических ошибок.

Сноски, ссылки на различные источники, примечания оформляют в соответствии с существующими правилами.

Общий объем курсовой работы составляет примерно 50 страниц.

Правильно оформленная работа включает в себя:

- 1) титульный лист;
- 2) задание на курсовую работу (с графическим приложением);
- 3) содержание;
- 4) введение;
- 5) основную часть;
- 6) заключение;
- 7) список использованной литературы;
- 8) приложение(я).

Титульный лист оформляется по определенной форме. Пример приведен в приложении.

Во введении должны быть отражены:

- общая формулировка темы;
- теоретическое и практическое значение выбранной темы, ее актуальность;
- конкретные поставленные задачи и пути их решения;
- использованные в работе источники информации.

Введение должно быть кратким (1–3 страницы) и четким, не перегруженным общими фразами.

Основная часть состоит из перечня вопросов подлежащих разработке, которые указаны в задании к выполнению курсовой работы. Она также может быть дополнена или сокращена в процессе выполнения, что должно быть аргументировано.

Все вопросы для разработки должны состоять из общей (описание применяемого программного продукта, его возможности) и частной (применительно к объекту проектирования) теоретических частей и практической части с иллюстрациями. Все вопросы, которые раскрываются в основной части, должны иметь логическую связанность и выводы.

В заключении следует четко сформулировать основные выводы, к которым пришел автор. Они должны быть краткими и органически вытекать из содержания работы. Разрешается повторять основные выводы соответствующих глав, но при этом предпочтительно сделать некоторые обобщения по результатам проведенного исследования в целом.

Список использованной литературы оформляется по установленному порядку. Он включает всю литературу, на которую есть ссылки в тексте, а также важные источники, которые были так или иначе использованы, хотя и не приведены в ссылках и примечаниях.

Приложения – это элемент работы, который не является обязательным. Их целесообразно вводить, когда автор использует относительно большое количество громоздких таблиц или чертежей.

Календарный график выполнения курсовой работы с указанием сроков выполнения и трудоемкости отдельных этапов указан в задании. Все материалы сдаются для проверки в указанные сроки в цифровом виде. Полностью выполненная курсовая работа сдается на цифровом (компакт-диск) и бумажном носителях (папка в жестком переплете). Диск должен находиться в конверте с подписью ФИО студента, выполнившего курсовую работу.

Цифровой носитель (диск CD-RW) должен содержать папку с ФИО студента в которой должны находиться:

- файл обменного формата OВХ с названием «Курсовая работа *Фамилия*»;
- электронный вариант курсовой работы.

1.1. Основные требования к оформлению текста работы

Распечатка делается на белом листе бумаги формата А4 (210 × 297 мм). Ниже приведены основные требования к оформлению печатного текста:

1. Установка полей: верхнее – 2 см; нижнее – 2,5 см; левое – 2 см; правое – 2 см.
2. Интервал между строк – 1,5.
3. Шрифт Times New Roman; размер – 14 пт.
4. Страницы нумеруют в правом верхнем углу. Титульный лист, задание на курсовую работу и содержание не нумеруются, но считаются.
5. Каждый абзац набирается с красной строки.
6. В случае использования таблиц и иллюстраций следует учитывать:
 - нумерация иллюстраций и таблиц сквозная;
 - единственная иллюстрация и таблица не нумеруется.
7. Для написания математических формул рекомендуется использовать соответствующие приложения компьютерных программ. Нумерация формул сквозная. В тексте должно быть указано, что обозначает каждый используемый символ формулы.

1.2. Оформление списка использованной литературы

Нумерация всей использованной литературы сплошная – от первого до последнего источника.

Оформление списка использованной литературы рекомендуется выполнять по принципу алфавитного именованного указателя (в общем алфавите авторов и заглавий) в следующей последовательности:

- литература на русском языке;
- литература на языках народов, пользующихся кириллицей;
- литература на языках народов, пользующихся латиницей.

Описание источников, включенных в список, выполняется в соответствии с существующими библиографическими правилами.

Пример оформления списка литературы

Основная

1. Малюх, В. Н. Введение в современные САПР : курс лекций / В. Н. Малюх. – М. : ДМК Пресс, 2010. – 192 с.
2. Скворцов, А. В. Триангуляция Делоне и ее применение / А. В. Скворцов. – Томск : Том. ун-т, 2002. – 128 с.
3. Норенков, И. П. Основы автоматизированного проектирования : учеб. для вузов / И. П. Норенков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. – 336 с.
4. Назаров, А. С. Автоматизированная обработка материалов топографо-геодезических и земельно-кадастровых работ (на примере комплекса Credo) : учебное пособие с лаб. практикумом / А. С. Назаров, Ю. К. Неумывакин, М. И. Перский. – М. : [б. и.], 2009. – 267 с.
5. Антонович, К. М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии : в 2 т. / К. М. Антонович. – М. : ФГУП «Картгеоцентр», 2006. – Т. 2. – 360 с.
6. CREDO ЛИНЕЙНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ : руководство пользователя для начинающих / Компания «Кредо-Диалог». – Минск : Кредо-Диалог, 2015. – 149 с.
7. ТРАНСФОРМ 4.0 Трансформация и координатная привязка растровых картматериалов / Компания «Кредо-Диалог». – Минск : Кредо-Диалог, 2014. – 70 с.

Дополнительная

8. Рак, И. Е. Создание цифровой модели местности (с использованием программы CREDO ЛИНЕЙНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ) : методическое пособие для студентов специальности 1-56 02 01 «Геодезия» / И. Е. Рак. – Электрон. дан. – Минск : БНТУ, 2014. – 32 с.

Перечень нормативных правовых актов

9. Инженерные изыскания для строительства : СНБ 1.02.01–96. – Введ. 01.06.1996. – Минск : Мин-во строительства и архитектуры Республики Беларусь. – 1996. – 110 с.
10. Цифровая картография. Цифровое представление топографических карт и планов : СТБ 1025–96. – Введ. 01.09.1996. – Минск : [б. и.], 1996. – 63 с.

11. ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА. Условные обозначения для инженерно-топографических планов масштабов 1 : 1000, 1 : 500, 1 : 200. ТКП 45-1.02-293–2014 (02250). – Введ. 01.07.2014. – Минск : Мин-во строительства и архитектуры Республики Беларусь, 2014. – 137 с.

12. Основные положения по созданию топографических планов масштабов 1 : 5000, 1 : 2000, 1 : 1000, 1 : 500 : ГКНП 02-004–2010. – Введ. 01.06.2010. – Минск : УП «БелНИЦзем», 2010. – 33 с.

13. Цифровые карты местности. Порядок создания и обновления цифровых топографических карт и планов : ТКП 014–2005. – Введ. 01.12.2005. – Минск : [б. и.], 2005. – 30 с.

2. ОБЗОР ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САПР

Существует большое количество пакетов САПР разного уровня, которые используются для обработки инженерно-геодезической информации. Наиболее популярными программными продуктами являются:

- MicroSurvey CAD;
- AutoCAD Civil 3D;
- программный комплекс CREDO.

2.1. Программный продукт MicroSurvey CAD

MicroSurvey CAD – полнофункциональная программа для обработки данных геодезических изысканий и проектирования.

Входные данные:

- импорт полевых журналов;
- ввод данных координатной геометрии (далее КГ) прямо в САПР с возможностью их изменения и повторной обработки;
- поддерживает запись и чтение файлов в формате DXF для обмена данными с другими программами.

Комплексное уравнивание ходов и сетей:

- уравнивание горизонтальных углов;
- классические методы уравнивания – Крэндалла, компаса и перехода;

- уравнивание вертикальных углов;
- полноценное 3D-уравнивание методом наименьших квадратов с обнаружением грубых ошибок, базой данных (далее БД) параметров приборов, графическим отображением эллипсов, оценкой точности сети и повторной обработкой.

Обработка и преобразование данных:

- пакетная обработка расчетов КГ с поддержкой сценариев;
- преобразование подобия (Гельмерта);
- преобразование данных из одной системы координат в другую.

Построение цифровых моделей местности и вычисление объемов:

- создание ЦМР. Моделирование поверхности выполняется добавлением и редактированием точек, структурных линий и границ;
- построение цифровой модели ситуации;
- вычисление объемов между двумя поверхностями или поверхностью и указываемой отметкой. При этом с помощью задания границ в программе можно одновременно вычислять объем для нескольких участков.

Технология активного черчения – способ работы с геодезическими данными. Обеспечивает проверку, редактирование, печать и управление данными в чертежах, базах данных координат и ходов, а также при расчетах координатной геометрии.

Редактор координат позволяет динамически просматривать и изменять точки в проекте с автоматическим их обновлением как в окне «Редактора», так и в чертеже.

Редактор измерений позволяет проверять и корректировать сырые данные измерений. Данные съемки в MicroSurvey CAD можно просматривать и редактировать в табличном редакторе, который способен обрабатывать сразу несколько наборов сырых данных.

Пакетная обработка расчетов КГ. Пакетное выполнение расчетов КГ позволяет записывать команды расчетов КГ и составлять различные сценарии их применения. В сценариях можно быстро находить и исправлять ошибки и вносить изменения при помощи редактора сценариев.

Интеллектуальные данные:

- выбор и автоматическое редактирование объектов без запуска команды;

– просмотр всей базы данных координат путем простого выбора любой из точек в чертеже.

Интеллектуальными объектами являются: линии, точки, кривые и текст.

Поддержка файлов форм, шрифтов, типов линий и штриховок MicroSurvey CAD происходит в формате AutoCAD.

Настраиваемый интерфейс пользователя характерен для MicroSurvey CAD.

Совместимость. Принципы работы и основные команды в САПР аналогичны всем знакомым инструментам AutoCAD. Совместим с файлами DWG AutoCAD R2.5–2010. Основной формат файлов чертежей MicroSurvey CAD – формат DWG.

Преимущества MicroSurvey CAD:

- комплексная обработка данных геодезических съемок и проектирование;
- привычный интерфейс – аналог платформы AutoCAD;
- пакетная обработка расчетов КГ с поддержкой сценариев;
- широкий набор функций для уравнивания ходов и сетей;
- технология активного черчения;
- поддерживает файлы форм, шрифтов, типов линий и штриховок в формате AutoCAD.

2.2. Программный продукт AutoCAD Civil 3D

AutoCAD Civil 3D – программа, базирующаяся на платформе AutoCAD и предназначенная для проектирования генплана и обработки данных инженерно-геодезических изысканий.

Обработка геодезических данных:

- импорт полевых журналов;
- ввод данных КГ;
- уравнивание по методу наименьших квадратов;
- редактирование результатов съемки;
- создание и визуализация поверхностей;
- анализ созданных поверхностей по уклонам, отметкам, разрезам;
- моделирование коридоров;
- построение продольных и поперечных профилей;
- расчет объемов земляных работ;

- построение цифровых моделей местности;
- изменения исходных данных с автоматическим обновлением поверхностей и связанных с ними элементов проекта;
- интерактивное средство проверки чертежей.

Управление проектами и данными. В AutoCAD Civil 3D поддерживается многопользовательский доступ к проектам. Поддержка проектов в Civil 3D является развитием возможностей централизованного управления данными из Autodesk Vault.

Стили. В Civil 3D присутствует возможность создания стилей для установления стандартов проектирования. Стандарты на цвета и типы линий, высоту сечения рельефа, систему присвоения меток сечениям и профилям могут быть сохранены в виде стиля, который затем будет использоваться на протяжении всего процесса проектирования.

Точки создаются с использованием разнообразных координатно-геометрических и графических методов. В AutoCAD Civil 3D точки являются частью модели, что позволяет пользоваться ими в процессе выполнения и анализа проекта.

Поверхности формируют из различных 3D-данных методом триангуляции. Для них можно выполнять анализ горизонталей, уклонов, отметок и водосборов, обновление горизонталей и объемов. Результаты анализа поверхностей обновляются сразу же после их редактирования. В AutoCAD Civil 3D поверхности обновляются при добавлении.

Участки. Динамические связи обеспечивают своевременное обновление наборов участков. В AutoCAD Civil 3D участки объединяются в одну топологию, поэтому изменения в одном участке ведут к изменениям в соседних.

Трассы содержат прямые участки, повороты и спиральные переходные кривые. В окончательных чертежах к трассам добавляются метки. При их редактировании 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. Внешний вид профилей и надписи на

них определяются установленным стилем. Метки профилей обновляются в проекте динамически.

Моделирование коридоров. Генерация динамической модели любого проекта автодороги, железнодорожных путей или коридора основывается на таких элементах дизайна, как трассы, профили, выражи, а также на критериях, включенных в составные части проекта. Изменение любого элемента, участвующего в модели, приводит к пересчету объемов, поверхностей, участков и других элементов коридора.

Поперечные профили. Существует функция для формирования поперечных профилей поверхностей и коридоров. Их можно создавать на отдельных станциях, с интервалом вдоль трассы или в отдельных точках с компоновкой чертежных листов из групп профилей.

Вертикальная планировка. Несколько элементов рельефа могут объединяться в группы с целью решения вопросов комплексной вертикальной планировки. Планировка затрагивает поверхности, уклоны, расстояния и взаимодействует со смежными объектами планировки. Объемы выемки/насыпи грунта динамически усредняются для всего участка или для отдельного объекта планировки. По группам планировки можно строить статические и динамические поверхности.

Визуализация. Объединенные средства тонирования и визуализации позволяют готовить высококачественные презентации, отслеживать отдельные изменения проектов на 3D-виде и формировать полные трехмерные представления выполненных проектов.

Координатная геометрия. В продукте представлены средства создания точек и управления ими, программы автоматизированного построения линий и кривых и прозрачные команды, которые в совокупности обеспечивают быстроту и точность формирования координатной геометрии.

Использование функциональных возможностей AutoCAD Map 3D. AutoCAD Civil 3D включает в себя все основные функции работы с картографическими данными, присущими AutoCAD Map 3D. Имеется возможность создания, редактирования, управления и передачи геопространственных данных на основе интегрированной платформы.

Преимущества AutoCAD Civil 3D:

- динамическая взаимосвязь элементов проекта;
- динамическое обновление по изменениям в проекте оформленных выходных чертежей, ведомостей и спецификаций;

- широкий спектр специализированных инструментов и функциональных возможностей, достаточных для реализации всего комплекса проектных задач;
- средства автоматизации и организации коллективной работы над проектом;
- платформа AutoCAD и формат DWG.

2.3. Программные продукты и технологии CREDO

Обработка материалов инженерно-геодезических изысканий – одно из основных направлений применения программного комплекса CREDO. Для этого используются программные продукты: CREDO DAT, CREDO GNSS, НИВЕЛИР, CREDO РАСЧЕТ ДЕФОРМАЦИЙ, ТРАНСКОР, ТРАНСФОРМ, CREDO ТОПОПЛАН, CREDO ЛИНЕЙНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ, CREDO ОБЪЕМЫ, CREDO КОНВЕРТЕР.

Решаемые задачи. Программы, входящие в состав технологической линейки геодезического направления комплекса CREDO, позволяют полностью автоматизировать процесс обработки полевых материалов и получить в результате цифровую модель местности инженерного назначения, которая является основой для выполнения проектных работ в области строительства.

Обработка полевых измерений. **CREDO_DAT** – многофункциональный набор решений для автоматизированной обработки полевых геодезических измерений. Программа позволяет выполнить обработку спутниковых и наземных измерений различных классов точности, обработать результаты тахеометрической съемки в выбранной системе координат с учетом модели геоида и комплекса редуccionных поправок, обработать разнообразные геодезические построения.

Одновременно с полнофункциональной версией программного продукта CREDO_DAT PROFESSIONAL существует и ее облегченный вариант – CREDO_DAT LiTE с минимальным количеством настроек и упрощенной схемой расчетов. Этот программный продукт обеспечивает обработку измерений, выполняемых при решении массовых инженерно-геодезических задач с использованием плоской локальной системы координат в одноранговых сетях.

CREDO_DAT Mobile – еще один вариант системы CREDO_DAT. Эта программа, работающая на мобильных устройствах (смарт-

фоны, КПК, планшеты), и в качестве программного обеспечения электронных тахеометров, предназначена для оперативной камеральной обработки в полевых условиях наземных геодезических измерений. Использование CREDO_DAT Mobile позволит изыскателю выполнить оценку качества измерений непосредственно на объекте и, при необходимости, без потери времени исправить допущенные неувязки и ошибки, а затем отправить созданный проект в офис прямо с объекта.

CREDO GNSS – профессиональная программа, предназначенная для обработки спутниковых геодезических измерений. Позволяет обрабатывать базовые линии с использованием данных наблюдений по системам спутникового позиционирования ГЛОНАСС и GPS, в режимах «Статика», «Кинематика» и «Stop&Go». Программа поддерживает возможность создания пользовательских систем координат с учетом модели геоида; допускает расчет параметров неизвестной системы координат по данным спутниковых геодезических измерений на пунктах с известными координатами.

В программе реализована возможность пространственного уравнивания векторов в пространственной геоцентрической системе координат XYZ с возможностью задания исходных данных в плане и по высоте пунктов.

В системе обеспечивается импорт данных в формате RINEX, а также в форматах спутникового геодезического оборудования. Кроме того в программе можно работать со спутниковыми снимками, просматривая их через сервисы Google Maps, Bing и Экспресс Космоснимки.

НИВЕЛИР – программа, решающая задачи автоматизации камеральной обработки геометрического (I, II, III, IV и технического классов точности) нивелирования. Исходными данными для работы в программе могут быть как файлы цифровых нивелиров, так и данные рукописных журналов, полученные при работе с оптическими нивелирами.

Программой выполняется предварительная обработка измерений, анализ соответствия требованиям нормативных документов, расчет превышений для уравнивания, расчет предварительных отметок, формирование топологии сети, расчет поправок на переход к нормальным высотам для нивелирования I–II классов, анализ полигонов с предварительной оценкой точности измерений.

CREDO РАСЧЕТ ДЕФОРМАЦИЙ – система интерпретации и анализа результатов повторяющихся геодезических измерений при наблюдениях за деформационно-осадочными процессами.

Полученные в программе чертежи деформационной поверхности, протоколы анализа устойчивости контрольных пунктов, сводные каталоги различных деформационных характеристик послужат ценной информацией специалисту при мониторинге зданий и сооружений, выявлении просадок грунта, оползнеопасных участков на различных горных предприятиях, а также для целого ряда аналогичных задач.

ТРАНСКОР – программа, позволяющая привести координаты пунктов в единую систему координат, преобразовать координаты, установить параметры связи, определить ключи местной системы координат.

Программа преобразует геоцентрические, геодезические и прямоугольные плоские координаты по известным параметрам связи, устанавливает (уточняет) параметры связи различных систем координат и ключей местных систем координат.

Создание цифровой модели местности. Цифровые модели местности инженерного назначения создаются с помощью систем **CREDO ТОПОПЛАН** и **CREDO ЛИНЕЙНЫЕ ИЗОСКОПИЯ**. Построение цифровой модели ситуации в этих системах выполняется формированием точечных, площадных и линейных топографических объектов на основе классификатора, с отображением условными знаками в соответствии с текущим масштабом съемки и возможностью семантического наполнения.

Технологии создания цифровой модели рельефа позволяют выполнять моделирование характерных участков существующего рельефа, проектных поверхностей и вертикальных плоскостей. Созданная таким образом модель рельефа дает возможность просматривать профиль рельефа по любому сечению, а при наличии в проекте геологических данных – просматривать и геологическое строение полосы.

Также система **CREDO ЛИНЕЙНЫЕ ИЗОСКОПИЯ** позволяет решать комплекс инженерных и геодезических задач по проектированию трассы линейного объекта, созданию продольных и поперечных профилей изыскиваемых линейных сооружений.

Формируемые в системах CREDO ТОПОПЛАН и CREDO ЛИНЕЙНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ материалы и данные могут использоваться в качестве пространственной основы для геоинформационных, кадастровых и иных систем различного назначения, ведения крупномасштабных дежурных планов.

Расчет объемов земляных масс. Система **CREDO ОБЪЕМЫ** позволяет не только моделировать поверхности, но и выполнять расчет объемов между поверхностями.

Система обеспечивает максимальную точность расчетов и высокую скорость выполнения поставленных задач. По результатам расчетов выдаются текстовые и графические материалы.

Обмен данными с различными САПР и ГИС. Для упрощения передачи данных систем и их обмена на платформе CREDO III с данными программных продуктов других производителей САПР и ГИС предназначена программа **CREDO КОНВЕРТЕР**.

Функциональные особенности CREDO КОНВЕРТЕР дают возможность импортировать данные в реальных координатах через файлы различных форматов, которые создаются на платформе CREDO, а также форматов TXT, DXF, MIF/MID (MapInfo), TXF/SXF (Панорама), LAS.

Экспорт цифровых моделей рельефа, ситуации и проектных решений, выполненных в системах CREDO III, реализован в файлы форматов DXF, MIF/MID, TXF/SXF. При этом будет передана информация об отметках точек, точечных, линейных и площадных тематических объектах. Также в программе можно создавать и растровые изображения отдельных фрагментов плана.

Преимущества. Каждая из программ CREDO позволяет не только автоматизировать обработку информации в различных областях (инженерно-геодезические, инженерно-геологические изыскания, проектирование и другие), но и сформировать единое информационное пространство, описывающее исходное состояние территории (модели рельефа, ситуации, геологического строения) и проектные решения создаваемого объекта.

3. ИСТОЧНИКИ ПОЛУЧЕНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ САПР

Источниками получения данных для создания инженерно-геодезической наполняемости САПР могут быть сведения инженерно-геодезических изысканий, материалы дистанционного зондирования земли и векторизация существующего картографического материала.

3.1. Данные инженерно-геодезических изысканий

К данным инженерно-геодезических изысканий относятся материалы топографических съемок.

Современные методы выполнения топографических съемок:

- тахеометрическая, с применением электронных тахеометров;
- топографическая, с применением GPS;
- топографическая, с применением наземного лазерного сканирования.

Тахеометрическая съемка с применением электронных тахеометров

Электронные тахеометры обеспечивают высокую степень автоматизации процессов измерения углов и расстояний и обработки данных измерений при производстве тахеометрической съемки. Их различают по своим конструктивным особенностям и техническим характеристикам. Измерения, выполняемые электронными тахеометрами, могут достигать следующей точности: угловые – до 0,5", линейные, с применением светоотражающих призм, – до 0,6 мм + + 1 мм на км, линейные измерения в безотражательном режиме – до 2 мм + 2 мм на км.

В зависимости от модели, следующие особенности и элементы характеризуют электронные тахеометры:

- двухосевой компенсатор;
- безотражательный режим измерения расстояний;
- полноценная клавиатура для ввода информации;
- цветной сенсорный экран;

- настраиваемый формат записи данных;
- наличие программного обеспечения для съемки, кодирования и отрисовки линий;
- встроенная цифровая фотокамера;
- цифровой абрис;
- наличие сервомотора;
- оснащение системой GPS;
- наличие USB-накопителя и Bluetooth;
- механизм защиты mySecurity для блокировки прибора в случае кражи.

Обработка результатов измерений, выполненных электронным тахеометром, производится в три этапа:

- 1) первичная обработка результатов непосредственных измерений на основе встроенного программного обеспечения тахеометра;
- 2) передача информации с тахеометра на компьютер;
- 3) постобработка результатов измерений с использованием специализированных программных пакетов и выдачей требуемой информации, в том числе и в графическом виде, для создания цифровой модели местности.

Примерами таких специализированных программ могут служить продукты CREDO_DAT, Autocad Survey, Autocad Civil 3D.

Топографическая съемка с применением GPS

Основным режимом сбора данных для всех GPS-съемок является наблюдение базовых линий (векторов). Различают несколько технологий, используемых для наблюдения векторов в геодезической GPS-сети, – это методы непосредственного и относительного позиционирования.

Непосредственное позиционирование – это определение геоцентрических координат антенны автономного наземного приемника относительно спутников, координаты которых определены относительно центра масс Земли. Точность характеризуется величинами от 5 до 60 м и определяется рядом факторов:

- влияние на радиосигналы ионосферы Земли, погрешность определения координат $m_1 \approx 1,5$ м;
- ход бортовых часов вызывает погрешность координат $m_2 \approx 0,7$ м;

- погрешности позиции спутника по альманаху снижают точность координирования до значений $m_3 \approx 20\text{--}50$ м;
- погрешности от воздействия ионосферы и атмосферы на траекторию радиолуча составляют $m_4 \approx 0,7$ м;
- погрешности за счет многолучевости, при фазовых измерениях – 5–6 см и больше, при кодовых измерениях – несколько метров.

Относительное позиционирование состоит в том, что один из наземных приемников (базовый приемник) устанавливают на пункте геодезической сети с известными координатами (базовом пункте). Мобильные приемники устанавливают над пунктами, разности (приращения) координат которых относительно базовых пунктов требуется определить. Все приемники одновременно принимают сигналы с видимых спутников. На базовой станции в процессе непрерывного приема сигналов для прилегающей территории определяются также дифференциальные поправки к измеренным фазовым дальностям или к координатам пунктов для перехода от геоцентрических координат системы WGS-84 или ПЗ-90 к координатам в требуемой проекции, например Гаусса–Крюгера.

В результате такой схемы приема сигналов искомые координаты определяются относительно базового пункта с высокой точностью (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Достижимая точность определения координат точек спутниковыми методами относительно базовой станции

Название режима позиционирования	Характеристики режима позиционирования мобильным приемником (ровером) относительно базовой станции	Достижимая точность определения плановых координат ровера, мм
1	2	3
Статика	Наблюдение 5–6 спутников от 40 мин до нескольких часов, базисные линии до 30 км	$\pm(3 : 5 + 1 \cdot 10^{-6})$
Быстрая статика	Малое время наблюдения 5–6 спутников (от 5 до 30 мин), короткие базисные линии (менее 10 км)	$\pm(10 : 30 + 2 \cdot 10^{-6})$

1	2	3
Стой–иди	Остановки на 1–2 минуты на определяемых пунктах	$\pm(10 : 30 + 2 \cdot 10^{-6})$
RTK	Постоянная связь с базовой станцией по радиомодему и определение координат в реальном масштабе времени	$\pm(10 : 20 + 2 \cdot 10^{-6})$

В табл. 3.1 приведены показатели фактической точности координирования по методу базовой станции при различных режимах перемещений и установок мобильного приемника (ровера):

– режим «Статика» является наиболее точным, но длительным и используется при выполнении высокоточных геодезических работ;

– режим «Быстрая статика» – это разновидность статического режима, при которой продолжительность измерений ограничивают до нескольких минут при благоприятном геометрическом факторе (далее ГФ) созвездия спутников;

– режим «Стой–иди» (Stop and Go) осуществляется с кратковременными остановками ровера над съёмочными точками, координаты которых определяют при постобработке;

– режим «RTK» (Real Time Kinematics – кинематика в реальном времени) предполагает оснащение приемников радиомодемами и определение координат точек установки ровера в течение нескольких секунд с учетом поправок, полученных по радиомодему с базовой станции.

Одновременный прием сигналов со спутников двух систем ГЛОНАСС и GPS позволяет при сокращении времени позиционирования обеспечить высокую точность определения искомым координат.

У приемников данные GPS-наблюдений хранятся во внутренней памяти самого приемника или контроллера либо на карте памяти (flash-карте).

Обработка данных GPS-наблюдений ведется в два этапа:

1) перевод данных из приемника на жесткий диск компьютера. Файлы наблюдений содержат измерения псевдодальностей и фаз, бортовые эфемериды, данные о пункте, включающие идентифика-

тор станции, высоту антенны и, возможно, положение из навигационного определения. Главное при переводе файлов – убедиться, что файлы и пункты правильно названы, и что высота антенны соответствует значению, приведенному в полевом журнале;

2) постобработка наблюдений базовых линий.

Постобработка может выполняться с использованием программ, поставляемых производителями спутниковой аппаратуры, либо специализированными программами от других производителей. Примерами таких программ можно назвать CREDO GNSS, GIODIS, JUSTIN GNSS.

Топографическая съемка с применением наземного лазерного сканирования

Наземное лазерное сканирование позволяет получать цифровую модель местности высокого уровня детализации, а также создавать трехмерные модели объектов.

Суть технологии лазерного сканирования заключается в определении пространственных координат точек поверхности объекта. Это реализуется посредством измерения расстояния до всех определяемых точек с помощью лазерного безотражательного дальномера.

Результатом сканирования является облако точек, по которому в дальнейшем можно решать различные задачи:

- получение трехмерной модели объекта;
- получение чертежей, в том числе, чертежей сечений;
- выявление дефектов и различных конструкций посредством сравнения с проектной моделью;
- определение и оценка значений деформации посредством сравнения с ранее произведенными измерениями;
- получение ЦММ.

Для постобработки результатов наземного сканирования применяются различные специализированные программы. Можно выделить несколько программных продуктов, которые на данный момент являются ведущими в данной области: Cyclone, Trimble 3Dipsos 3.0, Kubit Point Cloud, Inus RapidForm2006, Z+F LaserControl, Metris Focus Inspection, Trimble RealWorks Survey.

3.2. Материалы дистанционного зондирования

Дистанционное зондирование Земли (далее ДЗЗ) – это наблюдение поверхности Земли авиационными и космическими средствами, оснащенными различными видами съемочной аппаратуры.

Методы ДЗЗ могут быть *пассивные*, использующие естественное отраженное или вторичное тепловое излучение объектов на поверхности Земли, обусловленное солнечной активностью, и *активные*, использующие вынужденное излучение объектов, инициированное искусственным источником направленного действия.

Данные ДЗЗ – это космические снимки, используемые для создания цифровых карт и планов различных масштабов.

Существует пространственное, радиометрическое, спектральное, временное (панхроматическое) разрешение, на основе которых происходит классификация данных ДДЗ.

Пространственное разрешение – величина, характеризующая размер наименьших объектов, различимых на изображении.

Классификация снимков по пространственному разрешению:

а) снимки очень низкого разрешения 10 000–100 000 м;

б) снимки низкого разрешения 300–1000 м;

в) снимки среднего разрешения 50–200 м;

г) снимки высокого разрешения:

– относительно высокого 20–40 м;

– высокого 10–20 м;

– очень высокого 1–10 м;

– снимки сверхвысокого разрешения меньше 0,3–0,9 м.

Радиометрическая разрешающая способность определяется количеством градаций значений цвета, соответствующих переходу яркости от абсолютно черного к абсолютно белому, и выражается в количестве бит на пиксел изображения.

Панхроматические изображения занимают практически весь видимый диапазон электромагнитного спектра (450–900 нм) и поэтому являются черно-белыми.

Мультиспектральные (или спектрзональные) изображения – представлены в виде отдельных спектральных каналов (RGB и инфракрасные каналы) или в виде синтеза отдельных каналов для получения цветного изображения. Поочередный синтез отдельных

каналов позволяет решать многочисленные тематические задачи, а также помогает при дешифрировании снимков.

Данные ДДЗ – геопривязанные (для высокого разрешения к масштабу 1 : 100 000) в формате GeoTIFF. По умолчанию снимки поставляются в системе координат WGS-84 и проекции UTM.

Точность построения цифровой модели рельефа (ЦМР) по высоте в зависимости от обработки стереосъемки для спутников:

- WorldView-1, WorldView-2, GeoEye-1 – 1 м;
- Ikonos – 2 м;
- ALOS (Prism) – 5 м;
- Spot-5 – 6 м.

В табл. 3.2 представлен список программных продуктов, в которых можно осуществить обработку снимков.

Таблица 3.2

Ведущие поставщики программного обеспечения
для обработки данных дистанционного зондирования

Фотограмметрическая обработка данных ДЗЗ	
Trimble INPHO	Trimble Germany GmbH
Geographic Transformer	Blue Marble Geographics
GeoMedia Image Professional	Intergraph
Leica Photogrammetry Suite (LPS)	ERDAS
PHOTOMOD	Ракурс
SOCET SET	BAE Systems
Талка-Космос	Талка
Тематическая обработка данных ДЗЗ	
ENVI, ENVI EX	ITT Visual Information Solutions
ERDAS IMAGINE, ERDAS ER Mapper	ERDAS
Geomatica	PCI geomatics
IDRISI Taiga	Clark Labs
RemoteView, ELT	Overwatch Systems
TNTmips	MicroImages

Геоинформационные системы (ГИС)	
ArcGIS	ESRI
AutoCAD Civil 3D, AutoCAD Map 3D, AutoCAD Raster Design	Autodesk
Bentley Cadastre, Bentley Descartes, Bentley Map и др.	Bentley Systems
GeoMedia	Intergraph
Manifold System	Manifold Net
MapInfo Professional	Pitney Bowes Business Insight
SpacEyes 3D	SpacEyes
ГИС «Карта 2011»	КБ «Панорама»
ЦФС-Талка	Талка
Системы автоматизированного проектирования (САПР, CAD)	
AutoCAD	Autodesk
MicroStation	Bentley Systems

3.3. Оцифровка имеющейся бумажной топографической основы

Технология перевода бумажной топографической основы в векторный вид состоит из четырех этапов:

1. Сканирование – это процесс получения растрового изображения топографической основы.

Растровым изображением называется изображение, представленное двумерным массивом точек (пикселей), каждая из которых имеет свой цвет. Растровые изображения могут быть получены сканированием существующего бумажного топографического материала. К форматам файлов растровой графики относятся: BMP, TIFF, GIF, JPEG и другие.

2. Редактирование отсканированных изображений – это процесс улучшения качества отсканированного материала.

3. Трансформация растровых файлов – это приведение к нужному масштабу и привязка к выбранной системе координат отсканированного материала.

Обычно применяют два вида трансформирования: аффинное трансформирование и масштабирование по формулам Гельмерта.

Аффинное и проективное трансформирование реализуется с помощью полиномиальной аппроксимации данных методом наименьших квадратов. Суть данного метода заключается в нахождении такого преобразования данных в новые координаты, при котором достигается наименьшая погрешность (невязка) между координатами заданных точек трансформации и значениями этих точек в новых координатах. В процессе ввода точек трансформации можно определить ожидаемую точность преобразования данных по значениям невязки – чем меньше значение невязки, тем точнее будет выполнено преобразование. В данном методе задача преобразования старых координат точки (X, Y) в новые координаты (X', Y') сводится к нахождению таких коэффициентов $a_1, \dots, a_n, b_1, \dots, b_n$ аппроксимирующего полинома, при которых минимизируется сумма квадратов отклонений заданных значений от построенной аппроксимирующей кривой.

Для аффинной трансформации преобразование координат происходит по формуле

$$\begin{aligned}X' &= a_1X + a_2Y + a_3; \\Y' &= b_1X + b_2Y + b_3,\end{aligned}$$

где (X, Y) – старые координаты точки;

(X', Y') – новые координаты точки;

$a_1, \dots, a_n, b_1, \dots, b_n$ – коэффициенты аппроксимирующего полинома.

Метод требует задания трех точек трансформации.

Масштабирование по формулам Гельмерта относится к линейному типу трансформирования. Данный метод позволяет выполнять следующие преобразования координат: изменять масштаб, смещать по оси X и оси Y , поворачивать данные на заданный угол вокруг заданного центра поворота

В общем случае преобразование координат точки (X, Y) в новые координаты точки (X', Y') производится по формуле

$$\begin{aligned}X' &= d_x + X_c + k_x (X - X_c) \cos F_i - k_y (Y - Y_c) \sin F_i; \\Y' &= d_y + Y_c + k_x (X - X_c) \sin F_i - k_y (Y - Y_c) \cos F_i,\end{aligned}$$

где d_x, d_y – смещение по оси X и оси Y ;

k_x, k_y – коэффициенты искажения масштаба по оси X и оси Y ;

(X_c, Y_c) – координаты точки поворота;

F_i – угол поворота.

Метод требует задания двух точек трансформации.

4. Использование метрически корректного растрового изображения в виде электронной подложки и последующая оцифровка элементов ситуации и рельефа или векторизация.

Для *оцифровки* наиболее используемыми и популярными программными продуктами можно назвать: CREDO ТОПОПЛАН, CREDO ЛИНЕЙНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ, различные программные приложения на базе AutoCAD.

Векторизация. Программы-векторизаторы, как правило, включают функции обработки растровых изображений, ручного ввода и полуавтоматической трассировки контуров и линий объектов. Некоторые программы позволяют распознать классы объектов, имеющие ярко выраженные свойства, например точечные. Сейчас не существует универсального метода и программного комплекса, позволяющего распознать все картографические объекты. Поэтому процесс векторизации является трудоемким. Наиболее распространенные программы-векторизаторы – Spotlight, Spotlight Pro и Vectority.

4. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САПР

Современные требования к качеству основы для проектирования и оперативности принятия проектных решений требуют применения высокоэффективных технологий на всех стадиях создания проекта, включая все этапы инженерных изысканий. Три ключевых момента определяют эти требования:

– организация сквозной технологии изысканий на основе единого набора данных для всех элементов технологической подготовки разделов проекта;

– необходимость вариантного проектирования с быстрой детальной проработкой, экономической и экологической оценкой вариантов проектных решений;

– оперативная оценка построенного объекта на основе исполнительной съемки и ввода его в эксплуатацию.

Все эти моменты реализуются на основе цифрового моделирования местности как в системах обработки изысканий, так и в системах автоматизированного проектирования.

Цифровой моделью местности (ЦММ) называют совокупность точек местности с известными трехмерными координатами и различными кодовыми обозначениями, предназначенными для аппроксимации местности с ее природными характеристиками, условиями и объектами.

Общая ЦММ – это многослойная модель, которая в зависимости от назначения может быть представлена сочетанием частных цифровых моделей (слоев): рельефа, ситуационных особенностей, почвенно-грунтовых, гидрогеологических, инженерно-геологических, гидрометеорологических условий, технико-экономических показателей и других характеристик местности.

При создании цифровых моделей местности по результатам инженерно-геодезических изысканий можно выделить две составляющие: цифровую модель ситуации (далее ЦМС) и цифровую модель рельефа (далее ЦМР).

4.1. Цифровая модель ситуации. Основные элементы

Реальная земная поверхность никогда не бывает пустой – на ее территории всегда присутствуют объекты ситуации естественного и искусственного происхождения. Их можно обнаружить на самой поверхности (строения различного назначения, дорожная сеть, инженерные сооружения, растительность и т. д.), под поверхностью (подземные коммуникации различного назначения) и над поверхностью (линии электропередач (ЛЭП), мосты).

Совокупность таких пространственно определенных объектов, наполненных семантической информацией и представленных на экране монитора, образует ЦМС.

Для моделирования и отображения многообразия топографических объектов местности на плане используются специальные знаковые системы – классификаторы (условные обозначения или условные знаки). От них зависит качественное и целостное представление местности, степень читаемости ЦМС и многое другое, связанное с передачей и отображением этой категории пространственной информации.

Различают точечные, линейные и площадные объекты, с помощью которых отображается ЦМС.

Площадной объект – это участок поверхности, ограниченный контуром и заполненный условным знаком. Линия контура отображается соответствующим условным знаком, а площадь контура выделяется цветом и условными знаками заполнения. Площадными объектами моделируются леса, луга, заросли кустарника, здания, сооружения и т. п.

Линейный объект – это прямая или ломаная линия с внемасштабную шириной, отображаемая соответствующим условным знаком. Линейными объектами являются ЛЭП, различные подземные коммуникации, ограждения, тропы, просеки и т. п.

Точечный объект – это объект, моделирующийся одиночным условным знаком. К данной группе относятся одиночные деревья, смотровые колодцы на подземных коммуникациях, столбы, родники и т. п.

Кроме того, каждый топографический объект, будь то дерево, трубопровод или котельная, должен нести определенный набор сведений о себе, т. е. *семантическую информацию*.

Собственно процесс моделирования ситуации делится на две связанные части:

- 1) определение геометрии топографического объекта, т. е. его пространственного положения;
- 2) определение его сущности как объекта местности со своими характеристиками.

Геометрические данные определяют пространственное положение элементов цифровой модели местности и представляются в виде точек и стандартных графических примитивов.

Точки делятся на два вида: основные и дополнительные – это точки ЦМС, видимость которых управляется пользователем.

Стандартные графические примитивы носят виртуальный характер, проявляются в процессе построений и используются для привязки.

Международный стандарт GKS (Graphical Kernel System) принят в 1985 г. и предназначен для обеспечения переносимости и совместимости программных средств машинной графики. Согласно этому стандарту, любое изображение должно строиться из типовых базовых элементов – примитивов вывода (рис. 4.1).

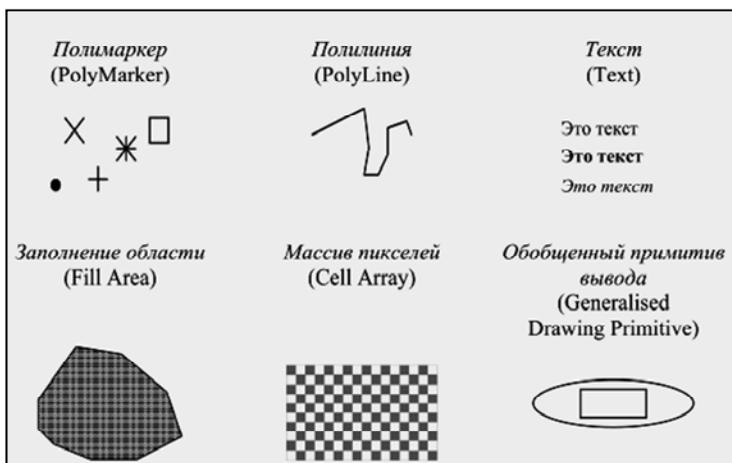


Рис. 4.1. Основные графические примитивы

В GKS определено шесть основных примитивов вывода: полимаркер, полилиния, текст, заполнение области, массив пикселей, обобщенный примитив вывода (см. рис. 4.1).

Полимаркер используется для указания характерных точек на экране, которые отображаются в виде ярких точек, крестов, квадратов и т. д.

Полилиния представляет собой набор отрезков прямых (ломаную), соединяющих заданную последовательность точек.

Текст – это строка символов, располагающаяся в указанной позиции.

Заполнение области представляет собой многоугольник, заполненный штриховкой, узором или фоновой окраской.

Массив пикселей позволяет задать цвет индивидуально для каждой точки некоторой области (пикселя).

Обобщенный примитив вывода представляет собой стандартное средство определения более сложных элементов (прямоугольник, эллипс и т. д.).

С каждым из примитивов в GKS связан набор параметров – атрибутов, определяющих его геометрические и качественные свойства. Для основных примитивов вывода используются следующие атрибуты:

- полимаркер – тип маркера, его цвет и масштаб;
- полилиния – тип, цвет и толщина линии;
- текст – тип шрифта, размеры, цвет и ориентация символов;
- заполнение области – вид штриховки, цвет;
- массив пикселей – цвет пикселей.

GKS позволяет разделить изображение на отдельные сегменты, которые могут обрабатываться и отображаться независимо друг от друга. Предусмотрены также средства для включения одного сегмента в другой.

4.2. Цифровая модель рельефа

При построении ЦМР предполагается, что любая точка двумерного пространства обладает только одной высотной координатой. По этой причине в ней не могут быть представлены отрицательные уклоны поверхностей – нависающие утесы, гроты, полости и др. Также возникает сложность при моделировании подпорных стенок, бордюров и т. д.

Для цифрового представления рельефа могут быть использованы различные модели данных. И в зависимости от использования тех или иных моделей данных ЦМР можно разбить на три большие группы:

- регулярные;
- нерегулярные;
- статистические.

Регулярные ЦМР создают путем размещения точек в узлах геометрических сеток различной формы (треугольных, прямоугольных, шестиугольных), накладываемых на аппроксимируемую поверхность с заданным шагом (рис. 4.2, а–в).

Одномерный массив исходных данных для регулярных ЦМР (рис. 4.2, а–в) может быть представлен в виде:

$$F, m, n, x_0, y_0, H_{11}, \dots, H_{im}, \dots, H_{mn},$$

где F – шаг сетки;

m – число точек по горизонтали;

n – число строк по вертикали;

$H_{11}, \dots, H_{im}, \dots, H_{mn}$ – высоты точек в узлах сетки.

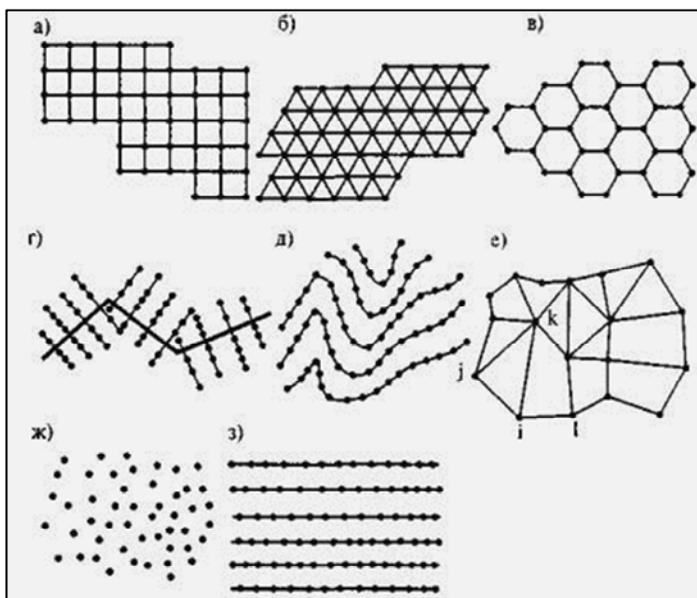


Рис. 4.2. Виды цифровых моделей рельефа:

- a* – в узлах правильных прямоугольных сеток;
- б* – в узлах треугольных сеток;
- в* – в узлах шестиугольных сеток;
- г* – на поперечниках к магистральному ходу;
- д* – на горизонталях;
- е* – на структурных линиях;
- ж* – статистическая;
- з* – на линиях, параллельных оси фотограмметрических координат

Регулярные ЦМ весьма эффективно использовать при проектировании вертикальной планировки городских улиц, площадей, аэродромов и других инженерных объектов на участках местности с равнинным рельефом.

Точность аппроксимации топографической поверхности в регулярных моделях тем выше, чем меньше шаг регулярной сетки.

Нерегулярные ЦМР, представленные большим числом типов, нашли широкое применение в практике автоматизированного проектирования объектов строительства.

К нерегулярным часто используемым ЦМР относятся ЦМР, построенные по поперечникам к магистральному ходу (см. рис. 4.2, *г*). Массивы исходных данных для ЦМР этого типа – двумерные и представляются в следующем виде:

$$\begin{aligned}
& y_1, x_{11}, H_{11}, x_{12}, H_{12}, \dots, x_{1j}, H_{1j}; \\
& y_2, x_{21}, H_{21}, x_{22}, H_{22}, \dots, x_{2k}, H_{2k}; \\
& \dots \\
& y_i, x_{i1}, H_{i1}, x_{i2}, H_{i2}, \dots, x_{in}, H_{in},
\end{aligned}$$

где y_1, y_2, \dots, y_i – расстояния между началом трассы и точками пересечения ее оси и соответствующими поперечниками;

$x_{11}, x_{21}, \dots, x_{in}$ – расстояния между исходными точками ЦМ на поперечниках и осью трассы, принимаемые положительными влево от трассы и отрицательными – вправо;

$H_{11}, H_{12}, \dots, H_{in}$ – высоты исходных точек.

Существуют нерегулярные ЦМР с массивом исходных точек, размещаемых на горизонталях с регистрацией их плановых координат дигитайзером через определенные интервалы длины или в ходе рисовки горизонталей на стереофотограмметрических приборах (см. рис. 4.2, д). Двумерный массив исходных данных модели записывают в следующем виде:

$$\begin{aligned}
& H_1, x_{11}, y_{11}, x_{12}, y_{12}, \dots, x_{1j}, y_{1j}; \\
& H_2, x_{21}, y_{21}, x_{22}, y_{22}, \dots, x_{2j}, y_{2j}; \\
& \dots \\
& H_i, x_{i1}, y_{i1}, x_{i2}, y_{i2}, \dots, x_{ij}, y_{ij},
\end{aligned}$$

где H_1, H_2, \dots, H_i – высоты соответствующих горизонталей;

$x_{11}, y_{11}, \dots, x_{21}, y_{21}, \dots, x_{ij}, y_{ij}$ – плановые координаты точек на горизонталях.

Также различают нерегулярные ЦМР на структурных линиях (*структурные ЦМР*), размещаемых по характерным изломам местности и с учетом ее ситуационных особенностей и нерегулярные ЦМР, на основе массива точек построенных на линиях, параллельных координатным осям стереофотограмметрического прибора (см. рис. 4.2, з).

В нерегулярных ЦМР точки также могут располагаться без какой-либо системы, но с заданной плотностью. Эти модели являются самыми универсальными и получили в настоящее время наиболее широкое распространение в САПР.

Статистические ЦМР предполагают в своей основе нелинейную интерполяцию высот поверхностями второго, третьего и т. д. порядков. При создании массива исходных данных статистической ЦМР точки для ее формирования выбирают в зависимости от случайного распределения, близкого к равномерному (см. рис. 4.2, ж).

Массив исходных точек статистической ЦМР является одномерным и представляется в виде:

$$x_1, y_1, H_1, \dots, x_n, y_n, H_n,$$

где $x_1, y_1, H_1, \dots, x_n, y_n, H_n$ – координаты точек статистической модели.

Чаще всего для цифрового представления рельефа в САПР используется триангуляция Делоне. Она строится однозначно и соединяет точки ЦМР в наиболее правильные треугольники, т. е. наиболее приближенные к равностороннему треугольнику.

При этом должно выполняться *условие Делоне* – внутрь окружности, описанной вокруг любого построенного треугольника, не должна попадать ни одна из заданных точек триангуляции (рис. 4.3).

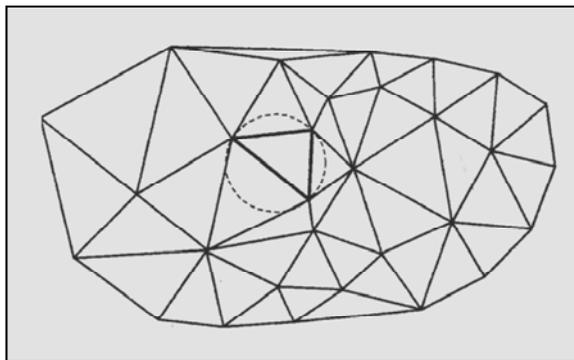


Рис. 4.3. Триангуляция Делоне

Основными элементами триангуляции Делоне являются: узлы (вершины треугольников), ребра (стороны) и грани (собственно треугольники) (рис. 4.4).

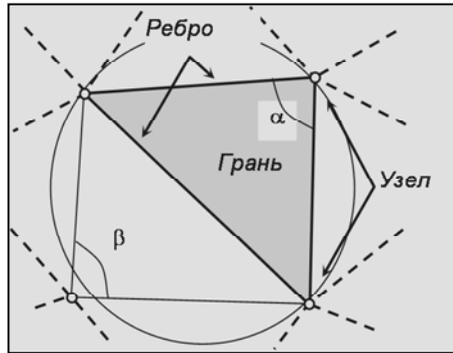


Рис. 4.4. Элементы триангуляции Делоне

Построенная триангуляция может быть *выпуклой* (если таковым будет минимальный многоугольник, охватывающий область моделирования), *невыпуклой* (если триангуляция не является выпуклой) и *оптимальной* (если сумма длин всех ребер минимальна).

Триангуляцией Делоне называется такая сеть треугольников, которая удовлетворяет следующим условиям:

- внутри окружности, описанной вокруг любого треугольника, не попадает ни одна из исходных точек (см. рис. 4.3);
- триангуляция является выпуклой и удовлетворяет сформулированному выше условию Делоне;
- сумма минимальных углов всех треугольников максимальна из всех возможных триангуляций;
- сумма радиусов окружностей, описанных около треугольников, минимальна среди всех возможных триангуляций.

Многие алгоритмы построения триангуляции Делоне используют следующую теорему:

Триангуляцию Делоне можно получить из любой другой триангуляции, последовательно перестраивая пары соседних треугольников ABC и $B CD$, не удовлетворяющих условию Делоне, в пары треугольников ABD и ACD (рис. 4.5).

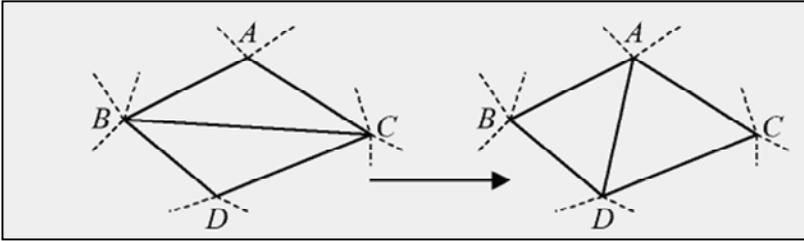


Рис. 4.5. Перестроение треугольников, не удовлетворяющих условию Делоне

Операция перестроения заключается в смене диагонали четырехугольника, состоящего из двух рассматриваемых смежных треугольников, с последующей проверкой условия Делоне для пары треугольников.

Наиболее часто в системах САПР рельеф моделируется триангуляцией Делоне с ограничениями.

Задача построения триангуляции с ограничениями

Пусть даны множества точек $\{P_1, \dots, P_k\}$, полилиний $\{Q_1, \dots, Q_l\}$ и регионов $\{R_1, \dots, R_m\}$. Необходимо на множестве точек $\{P_1, \dots, P_k\}$, вершин полилиний и вершин регионов построить триангуляцию таким образом, чтобы все отрезки полилиний и регионов проходили по ребрам триангуляции. Кроме того, если множество регионов не пусто, то для всех построенных треугольников необходимо установление факта попадания в заданные регионы (при этом каждый треугольник может попасть одновременно в несколько регионов).

В задаче построения триангуляции с ограничениями составляющие ломаные исходных полилиний и границы исходных регионов называются *структурными линиями*. Ребра триангуляции с ограничениями, по которым проходят исходные структурные линии, называются *структурными рёбрами* (фиксированными, неперестраиваемыми).

Задаваемые точки при этом определяют точки плоскости, в которых измерены высоты на поверхности, полилинии – проекции на плоскость структурных линий рельефа, а регионы – области интересов (рис. 4.6).

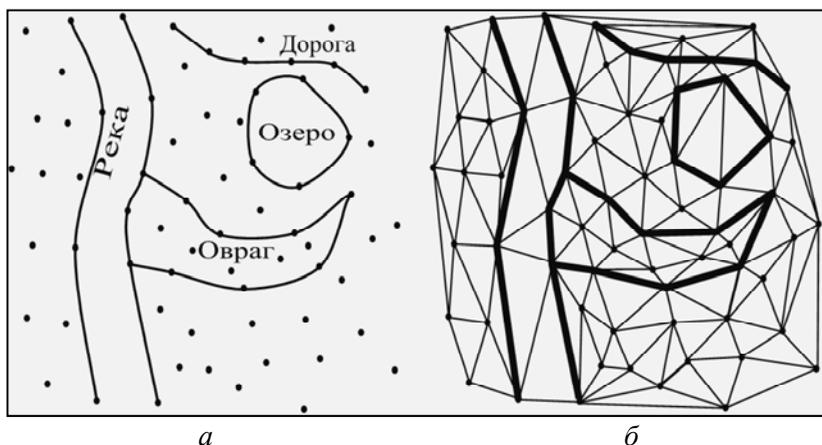


Рис. 4.6. Пример триангуляции с ограничениями:
а – исходные данные; *б* – триангуляция

5. НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ И ТРЕБОВАНИЯ К ПРЕДСТАВЛЕНИЮ ДАННЫХ ЦММ

При создании ЦММ необходимо руководствоваться следующими нормативными документами:

1. СНБ 1.02.01–96 «Инженерные изыскания для строительства».
2. СТБ 1025–96 «Цифровая картография. Цифровое представление топографических карт и планов».
3. ТКП 45-1.02-293–2014 (02250) «Инженерные изыскания для строительства. Условные обозначения для инженерно-топографических планов масштабов 1 : 1000, 1 : 500, 1 : 200».
4. ГКНП 02-004–2010 «Основные положения по созданию топографических планов масштабов 1 : 5000, 1 : 2000, 1 : 1000, 1 : 500».
5. ТКП 014–2005 «Цифровые карты местности. Порядок создания и обновления цифровых топографических карт и планов».
6. ТКП 029–2006 «Цифровые карты местности. Правила заполнения формуляра цифровой карты (плана)».
7. ТКП 089–2007 «Цифровые карты местности. Порядок контроля и приемки работ при создании цифровых карт местности (Включая изменение 1)».

Требования к представлению данных ЦММ заключаются в следующих основных положениях:

1. Цифровая модель местности, записанная на машинный носитель, должна быть создана в установленной структуре и кодах, в принятой для карты или плана проекции, разграфке, системе координат и высот; по точности и содержанию соответствовать карте определенного масштаба (согласно СНБ 1.02.01.–96 п. 3.6.8).

2. При создании ЦММ методом оцифровывания следует учитывать, что в общем случае точность модели будет ниже точности исходного материала. Поэтому наиболее перспективное применение метода оцифровывания сопряжено с созданием ЦММ масштабов более мелких, чем масштаб исходных данных.

3. Представление топографической информации должно быть выполнено с использованием единого классификатора – ТКП 45-1.02-293–2014 (02250) «Инженерные изыскания для строительства. Условные обозначения для инженерно-топографических планов масштабов 1 : 1000, 1 : 500, 1 : 200».

4. ЦММ должна обеспечивать необходимую (согласно СНБ 1.02.01.–96 п. 3.6.11) адекватность цифровой модели рельефа ее топографической реальности.

5. Пространственное представление подземных и надземных коммуникаций.

6. Многослойность модели рельефа и ситуации, модели проекта с распределением информации в иерархической структуре слоев.

7. Информационная насыщенность объектов модели семантической информацией, включающей специфические требования систем САПР.

8. Технологическая завершенность программного комплекса – работа с единым набором данных в общей оболочке, обеспечивающая непрерывность процесса обработки результатов изысканий и их использования.

9. Возможность управления большими объемами данных в ЦММ, фрагментация и их слияние.

10. Возможность генерализации топографической информации.

6. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА CREDO

Тема курсовой работы: «Создание цифровой модели местности и построение продольного профиля линейно-тематического объекта в системах автоматизированного проектирования (САПР)». В данном разделе рассматривается пример создания ЦММ на основе имеющегося растрового топографического материала, и построение продольного профиля линейно-тематического объекта на примере газопровода, по данным ЦММ.

6.1. Трансформация растра в ТРАНСФОРМ

Программа ТРАНСФОРМ предназначена для обработки растровых файлов, полученных в результате сканирования картографических и геодезических материалов, схем и чертежей.

В результате обработки исходного материала в программе ТРАНСФОРМ создается, так называемая электронная растровая подложка (далее растровая подложка), которая может быть использована для создания ЦММ.

Стандартная схема обработки картографического материала включает следующие этапы:

1. Создание нового или открытие существующего проекта.
2. Установка и настройка программы, свойств проекта.
3. Загрузка исходных данных:
 - сканирование исходного материала;
 - импорт файлов с растровым изображением.
4. Операции над фрагментами и редактирование растровых изображений.
5. Задание и редактирование опорных точек.
6. Трансформация и склейка.
7. Создание и редактирование контуров видимости.
8. Сохранение данных:
 - сохранение проекта;
 - экспорт фрагментов;
 - экспорт проекта.
9. Подготовка фрагментов чертежа.

10. Компоновка чертежа:

- задание параметров чертежа (формат листа, штампы);
- операции над фрагментами;
- работа с дополнительными элементами (рисунки, ведомости, знак стрелки компаса); работа с фигурами, текстами, штампами;
- настройка принтера и печать.

Упражнение 1. Трансформация растрового фрагмента

Исходные данные

- План *Иванов.bmp*;
- масштаб плана 1 : 500;
- система координат: условная.

Порядок выполнения

1. Создайте новый проект в программе ТРАНСФОРМ.
2. Введите информацию о проекте в диалоге **Свойства проекта** (меню **Файл–Свойства проекта**) (рис. 6.1).

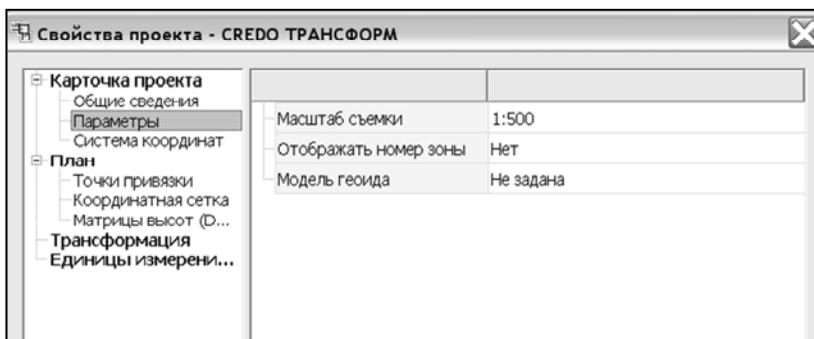


Рис. 6.1. Диалог «Свойства проекта»

3. Импортируйте в проект растровую подложку **План Иванов.bmp**. Для этого выберите меню **Файл–Импорт–Растры без привязки**.
4. Задайте абсолютные опорные точки.

Различают абсолютные и относительные опорные точки.

Абсолютные точки – это точки с известными координатами. Их необходимо задавать для трансформации растровых изображений.

Относительные точки – это дополнительные точки без указания координат. Их необходимо задавать для трансформации или склейки растровых изображений.

Контрольные точки привязки – точки, не участвующие в расчетах параметров трансформирования, по ним оценивается величина отклонения после трансформации растра. Контрольные точки нужны для оценки качества трансформации растра.

Качество привязки каждого из фрагментов можно контролировать, просматривая и редактируя таблицу **Точки привязки**.

Активизируйте команду **Трансформация–Создать точку привязки**, где задаются координаты ($X = 1000$, $Y = 1000$) северо-западного креста координатной сетки (рис. 6.2).

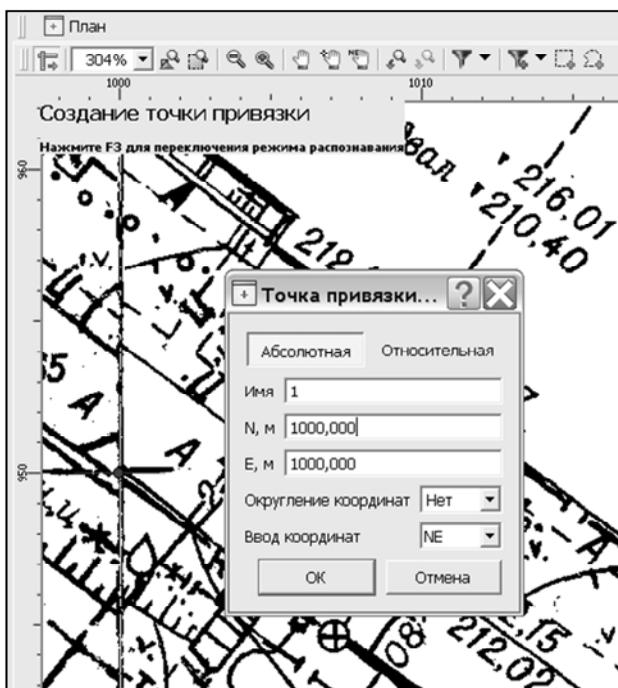


Рис. 6.2. Координаты северо-западного креста координатной сетки

Задайте координаты остальным узлам координатной сетки с учетом масштаба плана $M = 1 : 500$.

5. Для выполнения трансформации активизируйте команду **Трансформация–Кусочно-линейная трансформация**.

6. Проанализируйте оценку точности трансформированного раstra в окне **Точки привязки** (рис. 6.3).

Имя	N, м	E, м	B, гр	L, гр	Тип	dE, м	dN, м	dS, м
23.bmp								
6	900,000	1000,000			Опорная	0,084	-0,043	0,095
5	950,000	1000,000			Опорная	-0,046	0,007	0,046
4	900,000	1050,000			Опорная	-0,047	0,020	0,051
3	950,000	1050,000			Опорная	-0,028	0,039	0,048
2	1000,000	1050,000			Опорная	0,075	-0,059	0,096
1	1000,000	1000,000			Опорная	-0,038	0,036	0,052

Рис. 6.3. Окно «Точки привязки»

В случае если отклонение на точке значительное (не должно превышать значения 0,3 мм в единицах плана), то отредактируйте положение точки или удалите ее.

7. Сохраните проект с именем «КР *Иванов* растр».

6.2. Создание цифровой модели местности в CREDO ЛИНЕЙНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ

Система CREDO ЛИНЕЙНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ предназначена для создания цифровой модели местности инженерного назначения по данным инженерных изысканий, трассирования линейных объектов, подготовки и создания чертежей топографических планов и профилей линейного объекта.

Пользователю системы предоставлены в распоряжение общие ресурсы (библиотеки типов линий и штриховок, символов, шаблонов чертежей, штампов, планшетов, ведомостей; данные классификатора, содержащие тематические объекты и условия их отображения, и многое другое) и специальные редакторы для их создания и редактирования.

Организация данных

При работе в системе все данные размещаются в проектах, иерархическую структуру слоев которых пользователь настраивает самостоятельно. Все проекты хранятся в базе данных и объединяются в наборы проектов, после чего работают как единое целое. Состав и содержание проектов определяются пользователем по различным критериям.

Исходные данные

В качестве исходных данных в системе могут использоваться:

- проекты, созданные в системах на платформе CREDO III и представленные файлами формата PRX;
- проекты, созданные в программе CREDO КОНВЕРТЕР из файлов DXF или файлов системы MapInfo (формата MIF/MID);
- данные топографических съемок, обработанные в системе CREDO_DAT 3.1, в форматах GDS;
- данные из систем второго поколения CREDO_TER (MIX);
- текстовые файлы с информацией по точкам типа CXYZ;
- файлы формата DXF;
- черно-белые и цветные растровые материалы: карты, планы, аэрофотоснимки, обработанные в программе TRANSFORM и загружаемые в формате TMD.

Геометрические построения системах CREDO III

Основу геометрических построений в системах CREDO III составляют команды меню «Построения»:

- примитивы – это прямая, окружность, сплайн и клотоида. Примитивы служат для последующего построения на их основе более сложных геометрических элементов (различных видов масок, полилиний и т. д., с использованием команды «По существующим элементам») или для временных построений (например, с помощью команды «Создать примитив по эквидистанте» можно отложить заданное расстояние). При создании примитивов на экране обычно отображается только часть элемента, например, дуга вместо окружности, отрезок вместо прямой. Как только на примитиве строится какой-либо элемент, видимость примитива пропадает. Свободные

примитивы не принадлежат слою, не передаются на печать и не экспортируются;

– полилиния – это некая линия, состоящая из произвольного набора примитивов. Служит для последующего построения масок. Свободные полилинии не принадлежат слою, не передаются на печать и не экспортируются;

– маски – линейные геометрические элементы, имеющие различные свойства (в отличие от полилиний и примитивов). Маски могут быть нескольких видов: графические, линейные топографические объекты, структурные линии и т. д. Все маски принадлежат определенному слою. Маски всегда имеют в своей основе примитивы и полилинии, однако это не означает, что для создания маски необходимо построить примитивы, объединить их в полилинию и только затем строить маску. Просто при создании маски «под ней» формируется вся геометрическая структура (рис. 6.4).



Рис. 6.4. Иерархическое распределение геометрических построений

В качестве дополнительных элементов геометрических построений можно рассматривать различные точки и тексты.

Геометрические построения могут быть выполнены с применением создаваемых, существующих и характерных (виртуальных) точек или же с помощью созданных ранее элементов (линий, сегментов, окружностей, полилиний, полигонов и др.).

Режимы курсора и работа с ним

Основные режимы курсора, используемые в системах CREDO III:

 – курсор «Указание точки» применяется для создания точек (активна панель параметров точки), для которой задаются:

- имя (при необходимости);
- координаты X , Y ;
- отметка H ;
- тип точки (рельефная, ситуационная, ситуационная с отметкой);
- принадлежность к геометрическому слою и т. д.;

 – курсор «Захват точки» применяется, если необходимо захватить уже существующую точку (основную или виртуальную) в этом случае параметры точки не изменяются;

 – курсор «Захват линии» применяется для захвата линии;

 – курсор «Выбор полигона»;

 – курсор «Захват текста».

Создание и редактирование цифровой модели рельефа

Моделирование рельефа предполагает его построение с помощью различных методов, которые предлагает система CREDO ЛИНЕЙНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ. Для графического отображения некоторых форм рельефа применяются специальные способы, так или иначе интерпретирующие характер связи отдельных точек и линий. Это и создание характерных точек рельефа, и создание структурных линий, а также редактирование построенной поверхности.

Исходными данными для построения модели рельефа являются точки с известными высотами. Для его моделирования используют

структурные линии. При построении модели рельефа все используемые данные (точки и структурные линии) должны принадлежать одному слою. Принцип построения модели рельефа – «один слой – одна поверхность». При построении поверхности необходимо учесть, что она должна быть непрерывной.

Создание и редактирование цифровой модели ситуации

Моделирование ситуации возможно производить комплексно, выполняя построения соответствующими командами меню «Ситуация», то есть одновременно создавать геометрию объектов и присваивать им необходимые характеристики.

Формирование элементов цифровой модели ситуации выполняется из тематических объектов, входящих в состав *классификатора*. С учетом этого моделирование ситуации с помощью системы CREDO ЛИНЕЙНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ в общем случае включает:

- создание точечных тематических объектов;
- создание линейных тематических объектов;
- создание площадных тематических объектов.

Редактор Классификатора

Информационное обеспечение CREDO включает классификатор, согласно ТКП 45-1.02-293–2014 (02250) «Инженерные изыскания для строительства. Условные обозначения для инженерно-топографических планов масштабов 1 : 1000, 1 : 500, 1 : 200» для тематических (топографических, проектных и др.) объектов. Классификатор представляет собой иерархическую базу данных, содержащую информацию о типах топографических объектов, встречающихся при выполнении топографо-геодезических работ и инженерных изысканий.

Данные тематического классификатора:

- тематические объекты и семантические свойства;
- подписи тематических объектов;
- наборы семантических свойств;
- коды тематических объектов в стандартном формате кодирования.

Данные классификатора можно пополнить и отредактировать в приложении «Редактор Классификатора» (рис. 6.5).

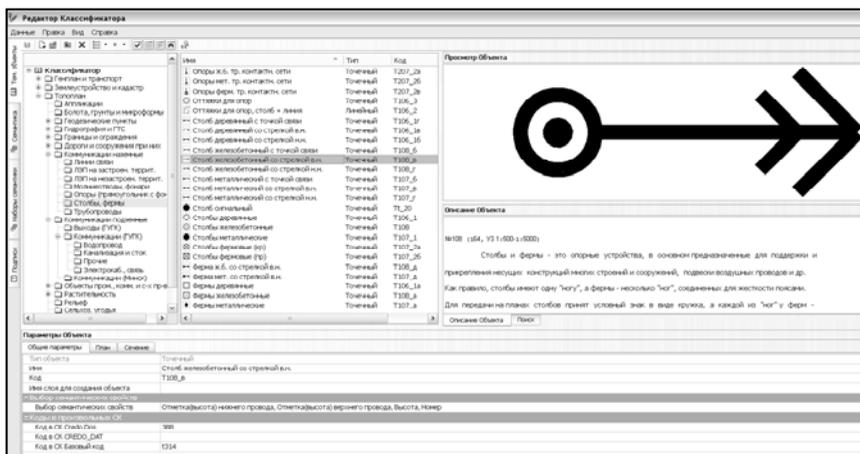


Рис. 6.5. Редактор Классификатора

3D-вид модели

Для оценки построенной цифровой модели местности можно использовать просмотр 3D-вида модели в различных режимах: в режиме свободного движения или по поверхности, в режиме движения по заданной траектории, либо в статическом режиме на пикетах траектории. Адекватное отображение рельефа достигается за счет подбора текстур, 3D-моделей и 3D-объектов из поставляемых библиотек (рис. 6.6).

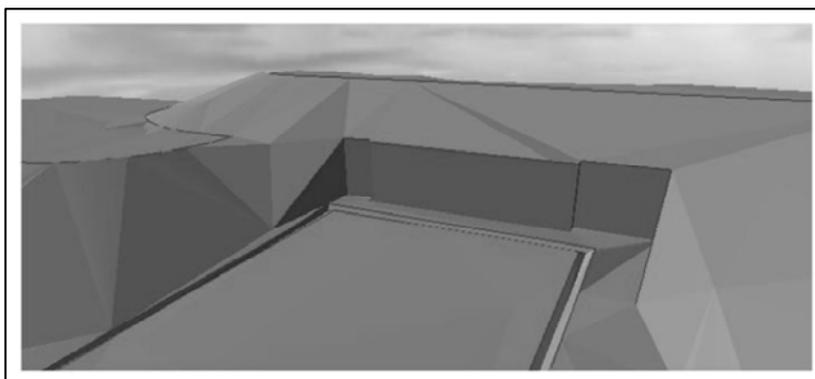


Рис. 6.6. Вид 3D-модели – подпорная стенка

Упражнение 2. Начало работы в программе

Исходные данные

Файл разделяемых ресурсов **ShareData.dbx** (находится на диске, в установочных папках программы, в папке Credo-III 2015/DBData).

Порядок выполнения

1. Импорт разделяемых ресурсов (PP). При первоначальном запуске программы появляется диалог с информацией о необходимости наполнения библиотеки разделяемыми ресурсами и о путях выполнения этой задачи (рис. 6.7).

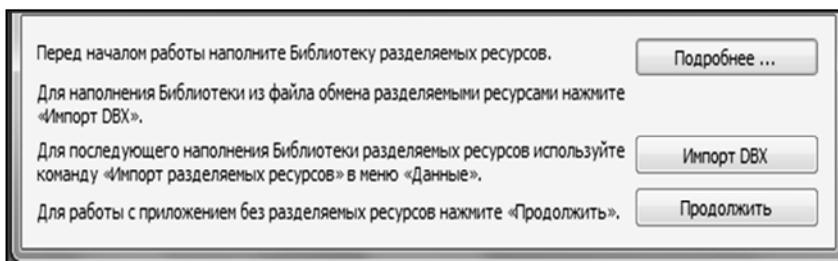


Рис. 6.7. Окно «Импорт PP»

При помощи кнопки **Подробнее** выполняется переход в справочную систему программы. При нажатии на кнопку **Продолжить** импорт разделяемых ресурсов в данном диалоге не выполняется.

В окне импорта PP нажмите кнопку **Импорт DBX** (см. рис. 6.7) и выполните импорт разделяемых ресурсов в программу, выбрав способ импорта **Удалить все и добавить новые** и нажмите кнопку **Импортировать**.

2. Создание набора проектов и нового проекта:

- в меню **Данные** выберите команду **Создать набор проектов**;
- выполните установку свойств набора проектов. Для этого в меню **Установки** выберите команду **Свойства набора проектов**. В соответствующих группах заполните свойства набора проектов укажите: **Масштаб** – 1 : 500, **Систему координат** – условная и **Сис-**

тему **высот** – балтийская. В группе **Рабочая среда/Экран** установите из раскрывающегося списка **Цвет окна плана** – белый;

– переименуйте «Новый набор проектов» в «Курсовая работа *Иванов*», проект – в «ЦММ»;

– для проекта «ЦММ» создайте структуру слоев, согласно рис. 6.8.

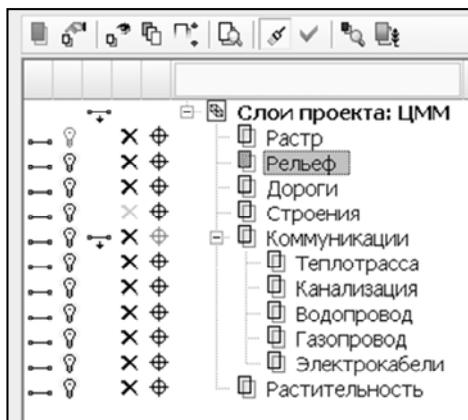


Рис. 6.8. Геометрические слои

3. Выполните сохранение набора проекта (меню **Данные–Сохранить набор проектов и все проекты**).

Упражнение 3. Импорт растровой подложки

Растровые подложки могут быть импортированы двумя способами – в любой слой активного проекта (пункт меню **Данные–Растровые подложки**) и с созданием нового проектов в узлы текущего набора проектов.

Импортируйте растровую подложку в слой «Растр» текущего проекта «ЦММ». Для этого:

1. Выберите команду меню **Данные–Растровые подложки**. В диалоговом окне **Управление растровыми подложками** выполните меню **Данные–Импорт подложки–Из файла** и в окне **Импорт подложки** укажите путь к файлу «КР *Иванов* растр» и слою «Растр», в который данная подложка будет подгружена (рис. 6.9).

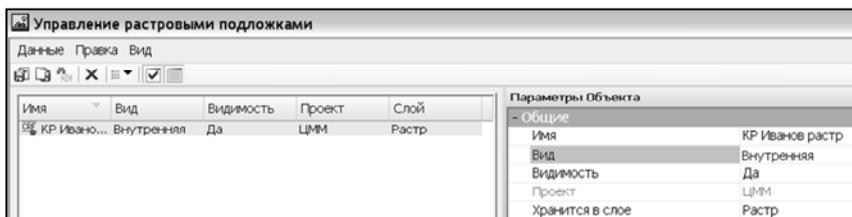


Рис. 6.9. Окно «Управление растровыми подложками»

В окне **Параметры объекта** установите вид подложки – внутренняя.

Упражнение 4. Создание рельефных точек по растровой подложке

1. Сделайте активным слой «Рельеф» проекта «ЦММ».
2. Измените положение отметки относительно точки. Для этого активизируйте команду **Установки–Активный проект–Настройка подписей точек**. Установите положение «снизу/справа».
3. Оцифруйте рельефные точки растра. Для этого активизируйте команду меню **Построения–Точка–По курсору**. На **Панели управления** откроется окно **Параметры** (рис. 6.10).

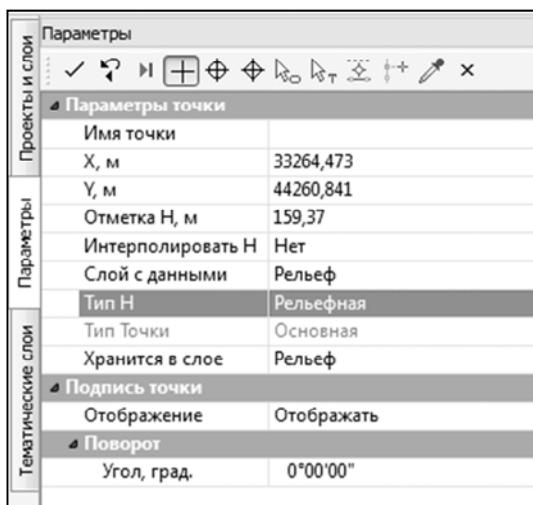


Рис. 6.10. Окно «Параметры»

4. Установите курсор в режим «Указание точки»  и, нажав левой клавишей мыши, укажите одну из рельефных точек на растровом фрагменте. При этом будет создана точка с отметкой «0,00» и в окне **Параметры** раскроется список параметров, необходимых для создания точки (см. рис. 6.10):

- в поле **Отметка *H***, введите значение отметки точки;
- в поле **Тип *H*** из списка выберите «Рельефная»;
- в поле **Подпись точки** установите «Отображать».

5. Аналогично выполните оцифровку всех точек на фрагменте раstra.

При создании точек вдоль проезда с бордюрным камнем укажите отметку верха бордюрного камня.

Упражнение 5. Создание структурных линий

При создании моделей естественного рельефа структурные линии (далее СЛ) используются для его корректировки. СЛ создаются по верхней и нижней бровкам откоса, по краям и центру канавы, по контуру строительных площадок и т. п., т. е. если нужно применить разнообразные стили отображения поверхности рельефа. По контуру бордюра, подпорных стенок создается СЛ с двойным профилем.

Команда для создания СЛ находится в меню **Поверхность–Структурная линия**.

1. Сделайте слой «Рельеф» проекта «ЦММ» активным.
2. В фильтрах видимости (окно **Слои**) включите видимость СЛ (рис. 6.11).

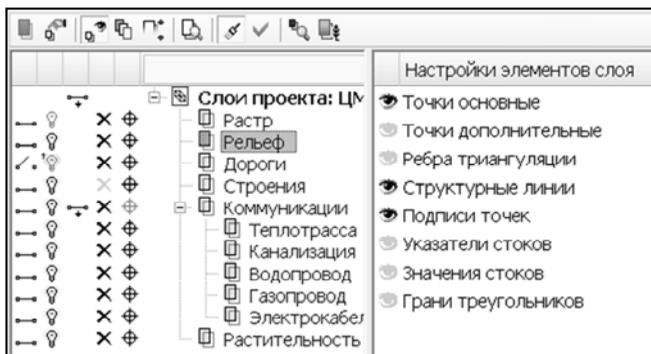


Рис. 6.11. Окно «Слои»

3. Для моделирования откоса сложной формы:

3.1. Создайте СЛ по низу и верху откоса, выбрав метод создания в плане **Слайдами по точкам** (захватите точки, созданные сверху и снизу откоса).

3.2. При создании СЛ в окне **Параметры** задайте параметры для первого профиля:

- **метод определения** – линейная интерполяция;
- **корректные СЛ** – учитывать;
- **некорректные СЛ** – не учитывать;
- **основные точки и поверхность** – учитывать.

4. Для моделирования поверхности по проезду с бордюрным камнем:

4.1. Создайте СЛ, выбрав метод создания в плане **С созданием элементов** (захватите точки, созданные сверху бортового камня);

4.2. Задайте параметры создания СЛ:

– в параметрах **Первого профиля**, в строке **Метод определения** – линейная интерполяция и т. д. согласно рис. 6.12;

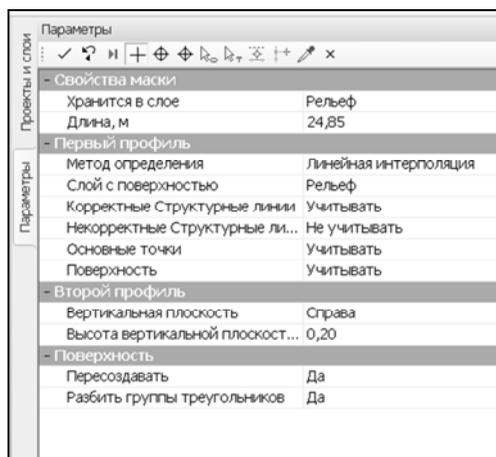


Рис. 6.12. Окно параметров структурной линии

– в параметрах **Второго профиля** в строке **Вертикальная плоскость** – «Справа» или «Слева» (пунктирная линия должна быть внутри проезда) и в строке **Высота вертикальной плоскости** высоту бортового камня, например, 0,20 м (см. рис. 6.12).

5. Примените построение.

Упражнение 6. Построение цифровой модели рельефа

При построении поверхности рельефа выполняются следующие настройки:

Максимальная длина ребра, м, накладывает ограничение на расчет ребер треугольной сетки. Некорректное задание этого параметра может приводить к дополнительной работе по коррекции рассчитанной сетки. Например, при слишком большом задании значения ребра на краях участка дополнительно могут образовываться узкие треугольники, которые приводят к искажениям линий горизонталей, и которые приходится впоследствии удалять. При слишком малом значении, наоборот, в созданной сетке будут образовываться пустые области, незаполненные треугольной сеткой.

Вдоль структурных линий.

Для учета СЛ в построении поверхности установка опции «Упорядочить ребра» обязательна. В этом случае ребра треугольников будут упорядочены вдоль СЛ. При выборе «Не упорядочивать ребра» расчет горизонталей может оказаться некорректным, особенно в тех местах, где СЛ имеют закругления.

Стиль поверхности.

Стиль поверхности назначают из открывающегося списка. При выборе «Без отображения» следующие настройки не открываются. Другие параметры определяются выбором стиля отображения и особых пояснений не требуют.

Стили, основанные на представлении поверхности горизонталями, наиболее часто используются в моделях рельефа. Построение самих горизонталей – это математическая задача, которая решается на основе алгоритмов расчета аппроксимационных и интерполяционных (чаще всего кубических) сплайнов. Основное различие между этими двумя типами сплайнов заключается в том, что интерполяционный сплайн проходит строго через точки или узлы интерполяции. Аппроксимационный сплайн, напротив, проходит «мимо» узлов интерполяции с соблюдением некоторого критерия отстояния от них.

Порядок выполнения

1. Установите слой «Рельеф» активным. Активизируйте команду **Поверхность–Создать поверхность–Создать в слое** и выполните

настройки параметров создаваемой поверхности согласно рис. 6.13 и примените построения.

Параметры	
▶ Параметры	
Мак длина ребра, м	60,00
Вдоль структурных линий	Упорядочить ребра
Поверхность в слое	Рельеф
Создавать протокол	Нет
Стиль поверхности	Горизонтали рельефные
▶ Горизонтали рельефные	
Вид	Аппроксимационные
Шаг основных горизонталей, м	0,500
Кратность утолщения	4
Шаг утолщенных горизонталей, м	2,000
Дополнительные горизонтали	Не отображать
Вспомогательные горизонтали	Не отображать

Рис. 6.13. Окно «Параметры» команды «Поверхность»

2. Отредактируйте поверхность с учетом построенных структурных линий:

– создайте группы треугольников на откосе сложной формы. Для этого выберите команду **Поверхность–Редактировать поверхность–Создать группу треугольников в контуре**;

– создайте контур за внешней границей откоса таким образом, чтобы пересечь ребра треугольников, опирающихся на структурные линии, построенные по верху и низу откоса (рис. 6.14);



Рис. 6.14. Группа треугольников, созданная по контуру откоса

– в окне **Параметры** в строке **Пересекаемые треугольники** укажите «Не включать в группу». **Стиль отображения поверхности** укажите «Без отображения» и примените построения;

– для отображение откоса используйте команду **Ситуация–Откосы–Создать**;

– укажите верхнюю бровку откоса следующим образом: СЛ, по верху откоса, точку ее начала и точку ее конца. Аналогичным образом укажите низ откоса;

– в открывшемся окне **Параметры** сделайте настройки согласно рис. 6.15;

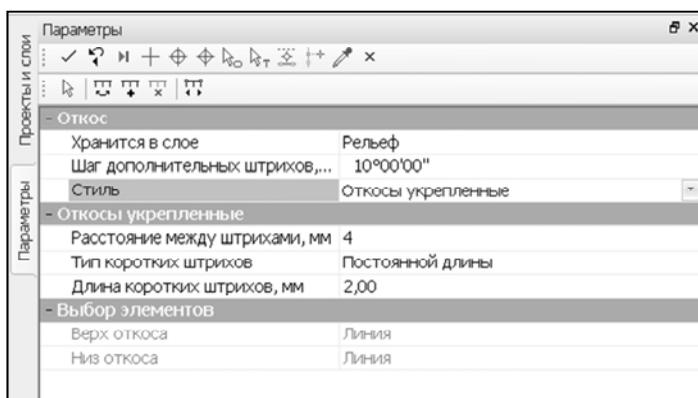


Рис. 6.15. Окно «Параметры» команды «Откосы»

– используя команды на локальной панели инструментов окна **Параметры** , отредактируйте положение штрихов откоса и примените построение.

3. Выполните графическое оформление модели поверхности с помощью бергштрихов и надписей горизонталей:

– выполните команду **Поверхность–Бергштрихи и надписи горизонталей–С созданием элементов**;

– определите линию подписи горизонталей. В окне **Параметров** установите **Надписи горизонталей** – да. **Бергштрихи** – нет. Примените построение;

– аналогично создайте линию отрисовки бергштрихов.

4. Выполните анализ созданной поверхности с помощью разрезов (команда **Поверхность–Разрез**).

Упражнение 7. Создание цифровой модели ситуации на основе растровой подложки

1. Создание точечного объекта (на примере смотрового колодца на канализации). Для этого:

- установите слой «Канализация» активным;
- выберите команду **Ситуация–Точечный объект–По курсору**.

Укажите курсором точку в центре колодца на растре и в открывшемся окне классификатора **Открыть тематический объект** выберите объект классификатора: **ТОПОПЛАН/Коммуникации подземные/Выходы (ГУГК)/Колодцы на канализации** (рис. 6.16);

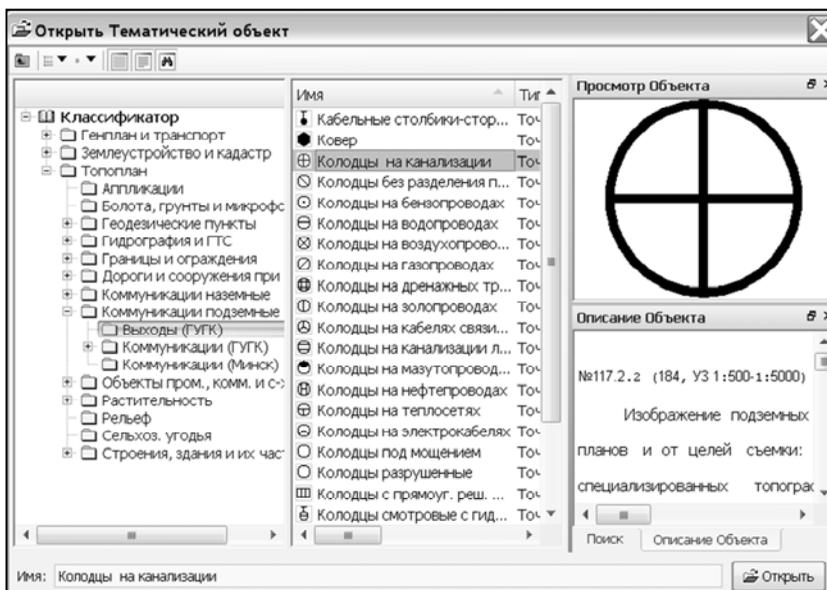


Рис. 6.16. Задание условного знака точечному объекту в окне классификатора

– согласно данным растровой подложки задайте семантические характеристики в диалоге **Семантические свойства** (рис. 6.17).



Рис. 6.17. Задание семантических характеристик

Завершите построение кнопкой «Применить построение» .

2. Создание линейного тематического объекта (на примере создания линии канализации). Для этого:

- активизируйте команду **Ситуация–Линейный объект–С созданием элементов** на главной панели инструментов и создайте линию коммуникации согласно ее положению на растровой подложке, захватывая все созданные канализационные колодцы;
- в открывшемся окне **Открыть тематический объект** выберите объект классификатора: **ТОПОПЛАН/Коммуникации подземные/Коммуникации (Минск)/Канализация фекальная** (рис. 6.18);

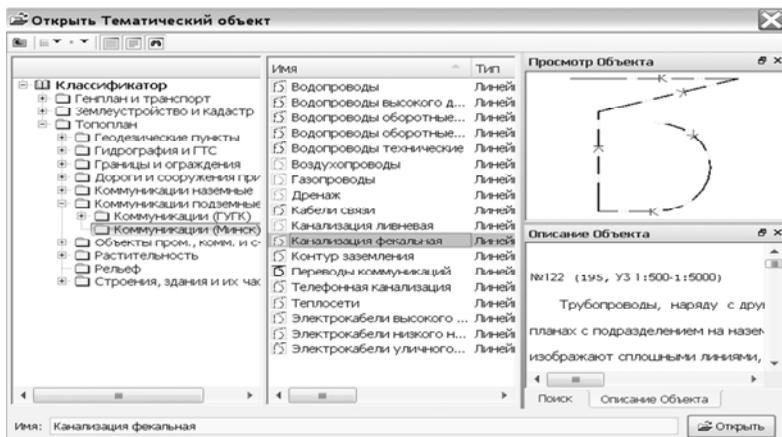


Рис. 6.18. Задание условного знака линейному объекту в окне классификатора

– в окне **Параметры** задайте линейному объекту необходимые установки и семантические свойства (рис. 6.19);



Рис. 6.19. Задание семантических свойств линейному объекту

– завершите построение кнопкой «Применить построение» .

3. Создание площадного тематического объекта (на примере отрисовки нежилого сооружения). Для этого:

– активизируйте слой «Строения» в окне **Слои** и выберите команду **Ситуация–Площадной объект–По прямоугольнику**;

– на растровой подложке выберите нежилое сооружение и обрисуйте его контур. При замыкании контура в открывшемся окне **Открыть тематический объект** выберите объект классификатора: **ТОПОПЛАН/Строения, здания и их части/Здания и их части/Нежилые огнестойкие** (рис. 6.20);

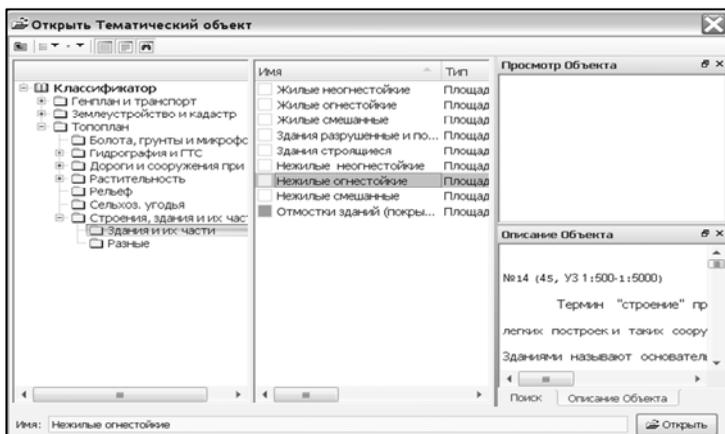


Рис. 6.20. Задание условного знака площадному объекту в окне классификатора

– в открывшемся окне **Параметры** задайте необходимые семантические свойства согласно растровой подложке (рис. 6.21);

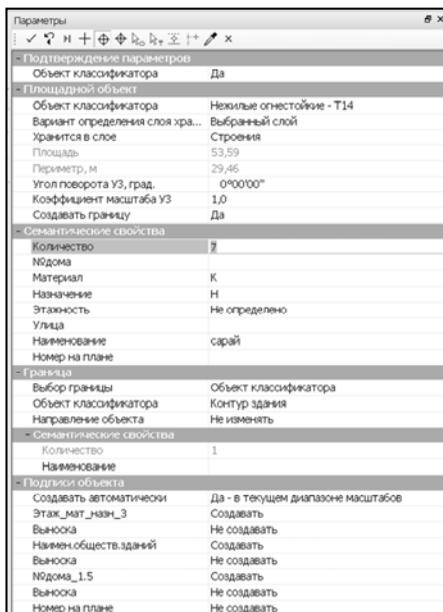


Рис. 6.21. Задание семантических свойств площадному объекту

– завершите построение кнопкой «Применить построение» .

6.3. Построение и редактирование продольного профиля в CREDO ЛИНЕЙНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ

В системе CREDO ЛИНЕЙНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ реализована возможность создания продольных профилей трассы и линейных тематических объектов (ЛТО).

В качестве исходных данных чаще всего используются материалы полевых изысканий, обработанные и представленные в виде ЦММ соответствующей полосы (коридора). При этом могут решаться разные виды задач трассирования – восстановление оси существующего или определение положения оси проектируемого объекта.

Профиль трассы и линейных тематических объектов (ЛТО) в системах CREDO III может создаваться несколькими способами:

– из окна профиля трассы.

Команда Дорога–Редактировать в окне профиля–Работа с профилями. В этом случае пользователь переходит в набор проектов профиля ЛТО, где определяет профиль различными способами;

– из окна плана, с помощью команды **Ситуация–Редактировать линейный объект–Параметры.** В этом случае профиль ЛТО определяется из высот элементов, которые пересекает данный линейный объект (точки, ребра триангуляции, структурные линии, другие ЛТО и т. д.);

– из окна профиля ЛТО, с помощью команды **Ситуация–Редактировать линейный объект–Работа с профилями.**

При этом формируется новый тип проекта «Продольный профиль», который является составной частью набора проектов «Продольный профиль всех линейных объектов» (структурных линий, ЛТО, трасс АД 3), которые могут иметь профиль. Набор проектов продольного профиля создается автоматически, при этом в него по умолчанию включены только служебные слои, в каждом из которых по мере необходимости будут сохраняться строго определенные данные (рис. 6.22).

В проектах типа «Профили трассы» возможна работа с продольными профилями земли, линией быта и геологией. В проектах типа «Профили ЛТО» возможна работа с двумя типами продольных профилей: черным (исходным) профилем и проектным (профиль объекта).

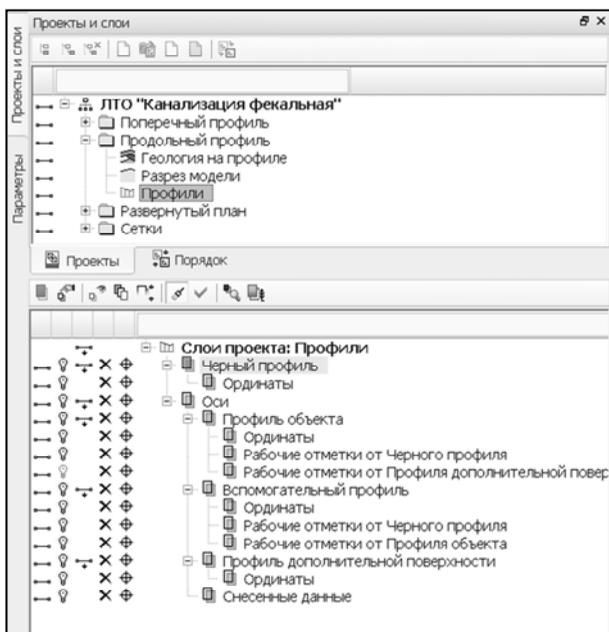


Рис. 6.22. Слои проекта продольного профиля

Черный профиль или *продольный профиль земли* – разрез исходной поверхности (ЦМР) по линии ЛТО. В системе CREDO ЛИНЕЙНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ можно выделить следующие группы работ с черным профилем:

- создание, редактирование черного профиля в проекте профилей;
- заполнение и редактирование ординат, строящихся от данного профиля в проекте профилей;
- заполнение и редактирование данных в проекте сеток черного профиля (абсолютные отметки, уклоны, расстояния).

Профиль объекта – линия, определяющая пространственное положение коммуникации. В системах CREDO III можно выделить следующие группы работ с профилем коммуникаций:

- создание, редактирование профиля в проекте профилей;
- заполнение и редактирование ординат и рабочих отметок, данного профиля в проекте профилей;
- заполнение и редактирование данных в проекте сетки профиля объекта.

Отметки и ординаты позволяют определить пикетное положение, отметки и взаимное положение профилей в заданных точках.

При создании ординат и отметок используется один и тот же набор параметров, позволяющий создавать элементы в следующих точках профиля:

- на целых пикетах;
- с заданным шагом;
- в точках пересечения с другими профилями;
- в узлах профиля, при этом в случае необходимости можно контролировать значение разности уклонов в узле, и если оно меньше заданного, то элементы создаваться не будут.

Независимо от выбранного метода профиль создается в два этапа. На первом этапе создается геометрия, на втором – задаются индивидуальные свойства профиля в окне **Параметры** (рис. 6.23).

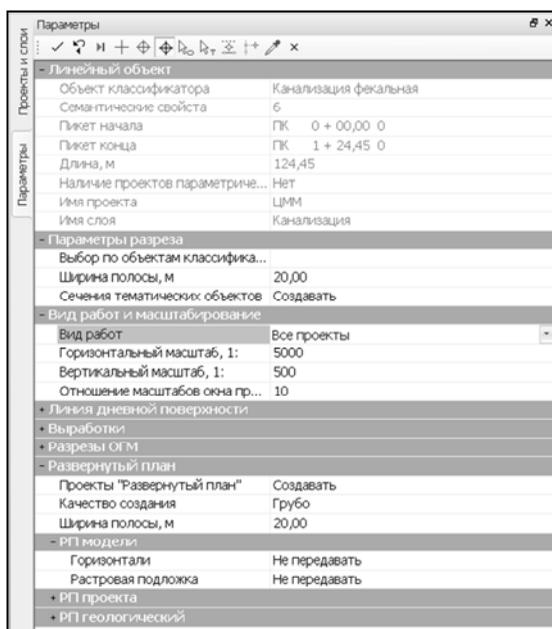


Рис. 6.23. Окно «Параметры» продольного профиля

При первом обращении к набору профилей автоматически создаются «Проекты сеток профиля» (рис. 6.24).

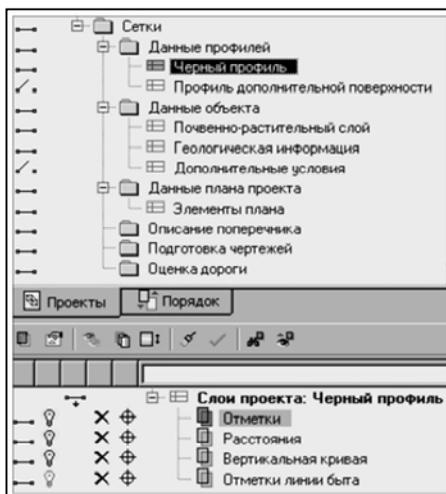


Рис. 6.24. Проект «Сетки профиля»

В состав этих проектов по умолчанию включены только фиксированные слои, в каждом из них сохраняются строго определенные данные. Каждому слою проектов сеток соответствует отдельная графа в окне **Сетки**. Для заполнения каждой графы сетки предусмотрена индивидуальная команда главного меню.

Упражнение 8. Построение продольного профиля линейно-тематического объекта по данным ЦММ (на примере профиля газопровода)

1. Установите слой «Газопровод» активным.
2. Активизируйте команду **Ситуация–Работа с профилями линейного объекта** на главной панели инструментов.
3. Выберите курсором газопровод в графическом окне.
4. В окне **Параметры** (см. рис. 6.23) для группы **Параметры разреза** в строке **Сечения тематических объектов** необходимо установить значение «Создавать», для группы **Вид работ и масштабирование** в строке **Отношение масштабов окна профиля** – 10. Для группы **Развернутый план** должны быть настроены значения:
 - проекты **Развернутый план** – создавать;
 - **качество создания** – грубо;
 - **ширина полосы** – 20,0.

Остальные настройки оставьте без изменений и нажмите кнопку «Применить построение» , после чего осуществится переход в окно **Профиль**.

5. Выберите команду **Установки–Свойства набора проектов** и для продольного профиля измените масштабы и настройку отображения графической сетки согласно рис. 6.25.

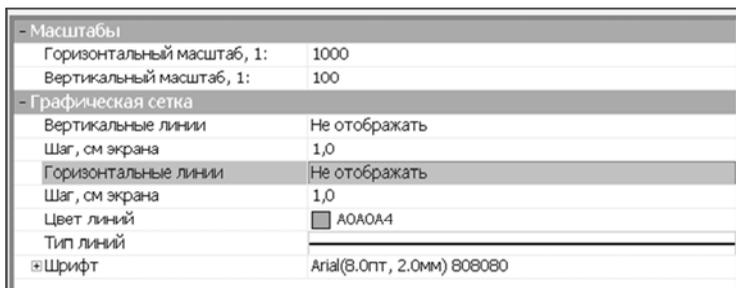


Рис. 6.25. Настройка масштабов продольного профиля и графической сетки

6. Определите «Черный профиль» для всего объекта.

Активизируйте команду **Исходные профили–Черный профиль–Назначить** и выберите линию разреза поверхности.

При этом создается черный профиль, который «помнит» слой поверхности, по разрезу которой создан. Создаются также все данные от черного профиля (и в проекте «Профиль», и в проектах секток), отмеченные флажками в диалоге **Настройка актуализации данных от профилей** (одноименная команда меню **Установки**).

7. Постройте профиль газопровода по известным отметкам глубин прокладки газопровода. Для этого предварительно создайте точки, захватывая в окне **Развернутый план** соответствующие точки с ЦММ:

- выберите команду **Построения–Точка–По курсору**;
- в окне **Параметры** на локальной панели инструментов активизируйте переключатель «Ортогонально активной СК» и захватите точку на развернутом плане, где указана отметка прокладки газопровода;
- укажите произвольно точку в окне **Продольный профиль** и в окне **Параметры** введите значение «Отметка, м», согласно значению отметки прокладки газопровода;
- аналогичным образом создайте все точки по газопроводу;

– постройте линию профиля газопровода (команда **Оси–Профиль объекта–С созданием элементов**). Захватите поочередно все построенные точки, последнюю точку захватите дважды.

– в открывшемся окне **Параметры** задайте настройки согласно рис. 6.26.

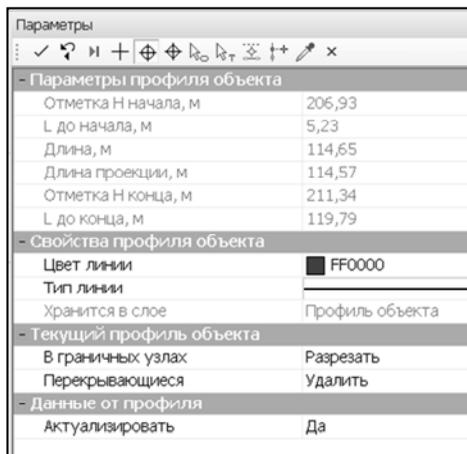


Рис. 6.26. Настройка параметров профиля газопровода

Завершите построение кнопкой «Применить» , после чего создастся истинный профиль газопровода и заполнятся соответствующие графы сеток профиля.

С помощью команды «Настройка»  индивидуально настраивается вид отображения каждой графы (задается высота и фон графы сетки) и зачастую параметры создания и вид элементов, создаваемых в графе. Для некоторых граф существует возможность настроить вид текста, но размер шрифта при этом не настраивается. Для таких граф размер шрифта автоматически пересчитывается при изменении следующих параметров: высота графы, формат значения, точность представления, отступа от границ графы.

8. Для того чтобы показать на профиле низ трубы, используйте команду главного меню **Оси–Профиль объекта–По смещению**. Укажите линию профиля газопровода:

- двойным щелчком выберите профиль объекта;
- в окне **Параметры** установите следующие настройки: **исходная маска** – не удалять, **способ перемещения** – вертикально;

- укажите курсором сторону смещения линии, затем зафиксируйте примерное положение;
- в окне **Параметры** уточните **Смещение по высоте** – равное диаметру трубы газопровода.
- завершите построение кнопкой «Применить построение» .

6.4. Создание чертежей плана и профиля

В системе CREDO ЛИНЕЙНЫЕ ИЗОЫСКАНИЯ предусмотрена возможность создания чертежей плана, планшетов, продольного и поперечных профилей, а также совмещенных (комплексных) чертежей. Любой из чертежей формируется в своем рабочем пространстве, но в итоге все они попадают в «Чертежную модель» (далее ЧМ) в виде проектов типа «Чертеж».

Чертежная модель – это набор проектов (далее НП), который формируется в результате создания чертежей (рис. 6.27).

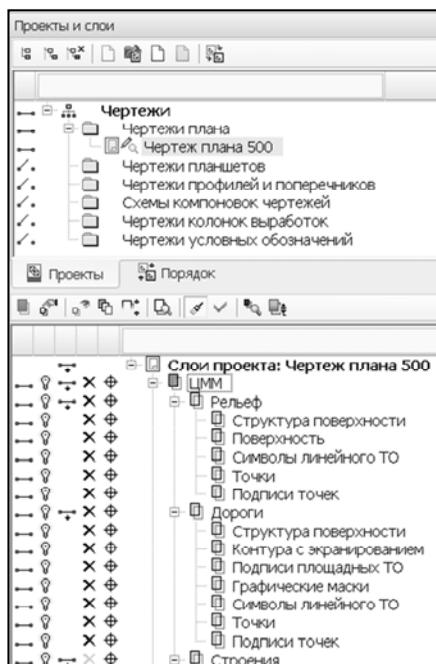


Рис. 6.27. Окно набора проектов «Чертежной модели»

Создание чертежей плана производится в окне плана посредством команд меню **Чертеж** (рис. 6.28).

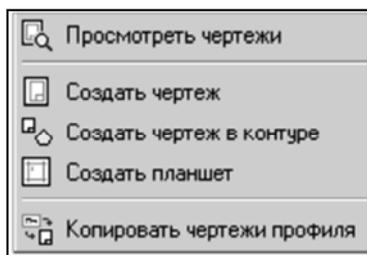


Рис. 6.28. Команды для создания чертежей плана и планшета

Информация, попадающая на чертежи плана, формируется путем копирования данных видимых слоев ЦММ. Область копирования автоматически определяется областью печати применяемого шаблона чертежа или, при использовании команды **Создать чертеж в контуре** – созданным контуром.

Подготовка и настройка шаблонов предварительно осуществляется в приложении **Редактор Шаблонов**.

Формирование чертежей продольного профиля осуществляется в окне профиля посредством специальных команд меню **Сетка чертежей профиля**, которое становится доступным после активизации проекта «Чертежи продольного профиля» или выбора команды **Вид работ–Чертеж профиля**.

Чертежи продольного профиля формируются на основе данных окон **Продольный профиль**, **Развернутый план** и **Граф сеток**, состав которых зависит от выбранного шаблона.

При формировании чертежей необходимо учитывать следующие факты:

- при создании чертежей плана учитываются только видимые элементы, поэтому следует отрегулировать видимость слоев;
- можно заполнить необходимые поля в карточке набора проектов (команда **Установки–Свойства набора проектов** ).

Эти данные используются для заполнения штампов чертежей.

При создании проектов чертежей все элементы ЦММ преобразуются в 2D-элементы, такие как точки, графические маски, регио-

ны, тексты, подписи и символы. Например, элементы цифровой модели рельефа (горизонтали, бергштрихи, ребра треугольников, структурные линии) преобразуются в графические маски; условные знаки точечных тематических объектов преобразуются в символы, их подписи – в тексты, точки – в чертежные точки и т. д. Кроме преобразования элементов, происходит преобразование слоев. Каждый слой проекта плана преобразуется в группу слоев, при этом в каждом слое такой группы находятся элементы только определенного типа.

Процесс создания чертежа профиля состоит из трех этапов: создание и редактирование стилей, подготовка чертежа, создание чертежа.

Стили вычерчивания являются общим ресурсом и импортируются/экспортируются через файл DBX.

В стиле вычерчивания задаются практически все свойства, которые необходимы для оформления чертежа профиля. С помощью специальных настроек в одноименном окне **Стили вычерчивания** (рис. 6.29).

Подробнее рассмотрим наиболее важные свойства стилей вычерчивания.

В группе **Параметры продольного профиля** (рис. 6.29) в строке **Настройка слоев** с помощью кнопки  открывается диалог **Настройки слоев**, где для слоев проектов **Профили** выполняются настройки на вычерчивание элементов слоя и задаются толщины линий актуальных и неактуальных данных.

Для слоев с функциональными масками актуальными данными являются актуальные маски, для прочих фиксированных слоев актуальными данными являются те элементы, для хранения которых они предназначены.

Для всех слоев всех проектов сеток задаются общие толщины линий актуальных и неактуальных данных.

В группе **Параметры листа** (рис. 6.29) задается высота полосы для размещения профиля. В соответствии с высотой полосы профиль разбивается на фрагменты, которые автоматически смещаются по вертикали. Смещение по вертикали необходимо для рационального размещения участков профиля по высоте в пределах листа чертежа. Также в этой группе задаются поля, которые добавляются к листу чертежа. С учетом заданных полей будет определен минимальный размер формата чертежа.

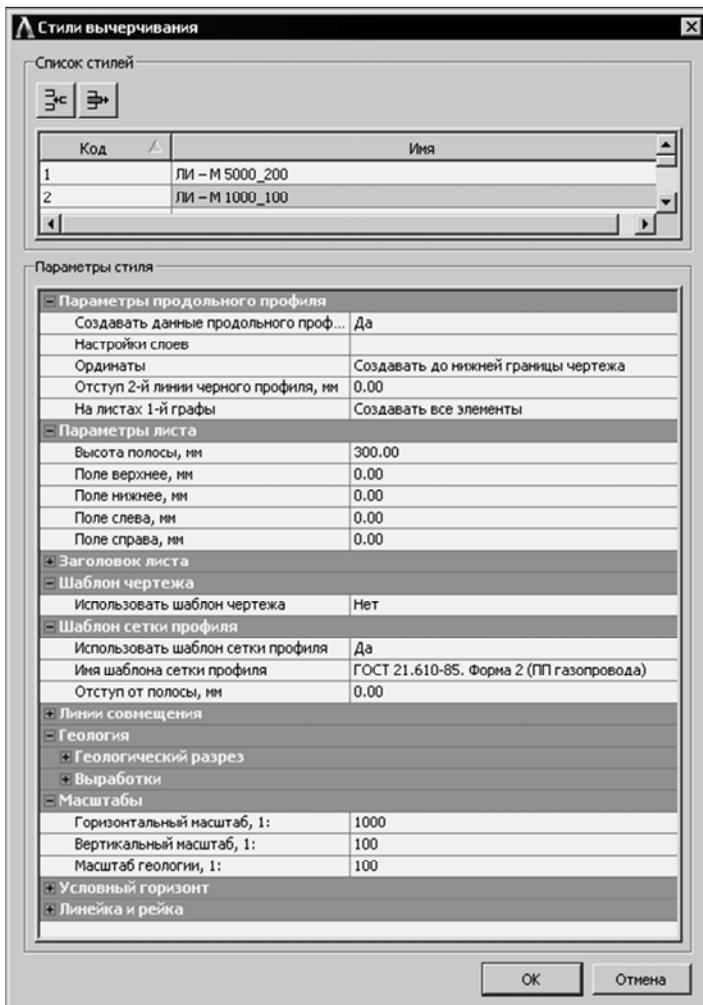


Рис. 6.29. Окно Стили вычерчивания

В группах **Заголовок листа**, **Линии совмещения**, **Условный горизонт** и **Линейка и рейка** (см. рис. 6.29) в случае необходимости создания соответствующих элементов, выполняется настройка «Да». При этом открываются строки для ввода параметров, в соответствии с которыми будет выполняться вычерчивание этих элементов (рис. 6.30).

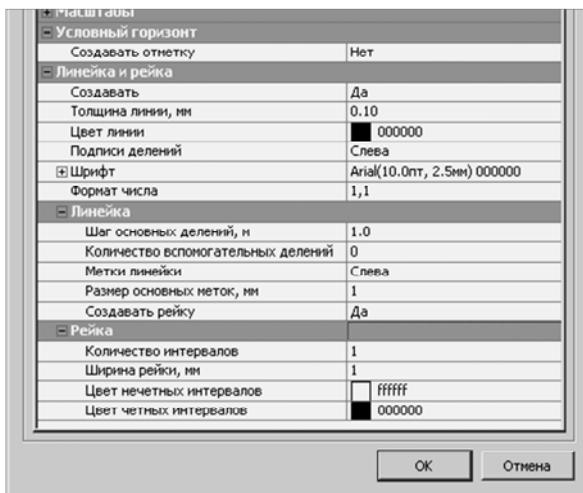


Рис. 6.30. Дополнительно раскрывающиеся строки для настройки параметров

Подготовка листов чертежа

Все разбивки профиля на листы чертежа и вертикальные разрывы на листе, хранение индивидуальных свойств листов выполняются в сетке **Чертежи продольного профиля**. Разбивка на листы выполняется путем создания интервалов. В свойствах интервала задаются индивидуальные свойства листа чертежа.

Проект сетки состоит из двух граф (слоев):

1) листы чертежа – служит непосредственно для разбивки на листы чертежа;

2) листы чертежа для детализации – кроме разбивки на листы эта графа служит для создания детализированных листов чертежа. При этом в пределах интервалов детализации данные по геологии и «пересечкам» могут не передаваться в чертежную модель на листах графы **Листы чертежа**, в зависимости от установленных настроек.

Для работы с каждой графой предназначена индивидуальная команда в меню **Сетка чертежей профиля**, соответственно, **Листы чертежа** и **Листы чертежа для детализации**.

Команды работают с локальной панелью инструментов, на которой сосредоточены методы для подготовки и создания чертежей (рис. 6.31).



Рис. 6.31. Локальная панель инструментов

Команды могут создавать и редактировать как интервалы листов чертежа, так и интервалы фрагментов.

При создании границы интервалов (команда **Разделить интервал**), при редактировании (**Переместить интервал**) и удалении границ (**Удалить интервал**) в параметрах добавляется настройка по фильтру для выбора типа границы.

При создании можно выбрать границу фрагмента или листа чертежа. При редактировании или удалении настройка позволяет захватывать любые границы или только определенного типа.

Чертежи в системе формируются с использованием готовых шаблонов в соответствии с нормативными требованиями. Также имеется возможность формирования новых шаблонов и корректировки имеющихся шаблонов с помощью приложения **Редактор шаблонов** (рис. 6.32).

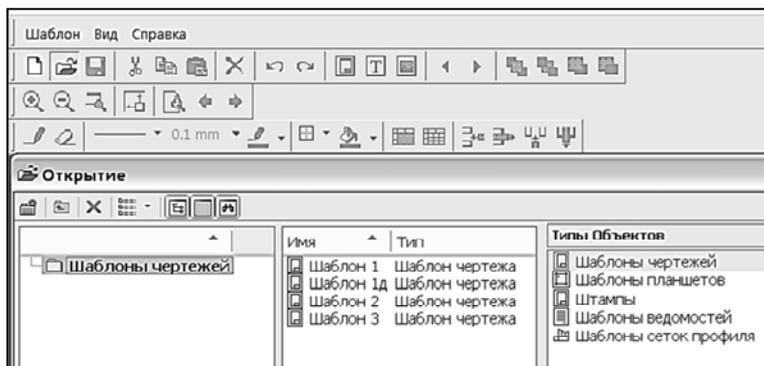


Рис. 6.32. Окно «Редактора шаблонов»

Экспорт чертежей

В ЧМ возможен экспорт в файлы формата DXF при помощи команды **Данные—Экспорт модели—в DXF**. Данный вид экспорта предусматривает формирование файла DXF, который визуально максимально соответствует чертежу, сформированному в ЧМ. Но при этом нарушается целостность линейных объектов, в частности элементы условного знака линейного объекта передаются штриховками.

Объекты для экспорта выбираются прямоугольным контуром. В контур попадают все объекты, которые пересекаются или располагаются внутри контура. Экспорт элементов производится всегда в координатах листа чертежа.

В системе Credo **ЛИНЕЙНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ** есть возможность экспорта растра из модели в виде графических файлов в формате BMP, PNG, TIFF, PDF и JPEG (команда **Данные–Экспорт модели–в растр**). Предусмотрен экспорт данных плана, чертежей и 3D-сцен. В растр передаются все фактически видимые элементы, включая фрагменты растровых подложек. Область данных для экспорта определяется прямоугольной рамкой, которая создается указанием или захватом точек. В окне **Параметры** можно уточнить размеры рамки, выбрать цветность растра и настроить разрешение (количество пикселей на 1 см). Также предусмотрена возможность создавать файл привязки, в котором хранится информация о координатах создаваемого растра. При последующем импорте этого растра с одноименным файлом привязки он будет «посажен» на свои координаты.

Упражнение 9. Создание чертежа плана

Подготовка чертежей плана и передача их в **Чертежную модель** выполняется в окне **План**.

1. Отключите видимость имен точек и включите видимость отметок (**Установки–Активный проект–Настройка подписей точек**), и отредактируйте их местоположение.

2. При необходимости отключите видимость лишних отметок, чтобы план был более читаемым (**Построения–Редактировать точку–Изменить подпись**).

3. Выберите необходимые семантические свойства для оформления штампа чертежа (команда **Установки–Свойства набора проектов**). В диалоге **Свойства набора проектов** выбирается масштаб съемки, система координат и высот.

4. Создайте чертеж без предварительного выбора шаблонов, т. е. без штампов и рамок. Для этого выберите команду **Чертеж–Создать чертеж в контуре** . Прямоугольным контуром в рабочем окне выберите весь участок ЦММ, который и будет передан на чертеж. Примените построение. В итоге создается чертеж и выполняется переход в окно **Чертежная модель**.

5. Добавьте шаблон чертежа с помощью команды **Правка–Добавить шаблон чертежа**. В открывшемся диалоге **Открыть объект «Шаблон чертежа»** выберите шаблон **Шаблон ЧЕРТЕЖ ПЛАНА**. В окне **Параметры** установите **Формат листа – А3 293 × 420**, **Ориентацию листа – альбомная**. Переместите шаблон так, чтобы в него входил чертеж плана, используя команду на локальной панели инструментов **«Переместить шаблоны»** , и примените построение. При этом произойдет переход в **«Чертежную модель»**.

6. В ЧМ отредактируйте чертеж с помощью команд меню **Построения**.

7. Подпишите кресты координатной сетки. Для этого выберите команду **Текст–Подпись координатной сетки** и укажите необходимые пересечения линий координатной сетки.

8. Для вывода подготовленного чертежа на печать необходимо выбрать команду **Данные–Выпустить чертеж** или нажав кнопку  на панели инструментов. В рабочем окне создастся сетка в соответствии с настройками принтера. В окне параметров в строке **Размер сетки** установите **«По размеру печатаемой области»**.

Упражнение 10. Создание чертежа профиля

Подготовка чертежей профиля и передача их в чертежную модель выполняется в окне **Профиль**.

1. Для перехода в окно профиль используйте команду **Ситуация–Работа с профилями линейного объекта**. Выберите в рабочем окне газопровод, в окне **Параметры** установите для группы **Вид работ и масштабирование** в строке **Отношение масштабов окна профиля «10»** и примените команду.

2. Отредактируйте стили вычерчивания. Для этого используйте команду **Чертеж–Стили вычерчивания**. В открывшемся окне **Стили вычерчивания** в группе **Список стилей** выберите стиль с названием **«ЛИ-М1000_100»** и выполните настройку его параметров:

– в группе настроек **Параметры продольного профиля** в строке **Настройки слов** для слоя **«Черный профиль»** должен быть сделан выбор: **Вычерчивать – только актуальные данные**;

– в группе **Шаблон чертежа** выберите **Использовать шаблон чертежа – нет**;

- в группе **Шаблон сетки профиля** в строке **Имя шаблона сетки профиля** выберите – профиль газопровода КР;
- в группе **Заголовок листа** выберите **Создавать заголовок** – нет;
- в группе **Линии совмещения** выберите **Создавать линии совмещения** – нет;
- в группе **Условный горизонт** выберите **Создавать отметку** – нет;
- в группе **Линейка и рейка** выполните настройки: в строке **Создавать** – да, в строке **Подписи делений** – слева, в строке **Формат числа** – 1.1;
- остальные настройки оставьте без изменений. Нажмите «ОК».

3. В меню **Сетки Чертежей профиля** выберите команду **Листы чертежа**.

4. В окне параметров на локальной панели инструментов активизируйте команду **Настройка**  и выберите стиль, который рассматривали выше (ЛИ–М 1000_100). Убедитесь, что в **Параметрах по стилю** стоит значение «да».

5. Нажмите кнопку  «Параметры интервала»:

- в группе настроек **Свойства листа чертежа** задайте значение в строке **Высота полосы** – 150 мм;
- в группе настроек **Выбранный интервал** в строке **Выбор по фильтру** выберите **Фрагменты** и задайте значение **Отступ от низа листа** – 25 мм. В строке **Условный горизонт** исправьте значение расчетного условного горизонта, на ближайшее значение кратное метрам;

6. Активизируйте команду  «Создать чертеж» и курсором укажите лист чертежа, который будете передавать в чертежную модель.

7. Нажмите кнопку «Применить построение» , при этом начнется формирование чертежа продольного профиля. После этого открывается чертежная модель и в узле **Чертежи профиля** создается **Проект чертежа**.

8. Добавьте шаблон чертежа с помощью команды **Правка–Добавить шаблон чертежа**. В открывшемся диалоге **Открыть объект «Шаблон чертежа»** выберите шаблон – шаблон ЧЕРТЕЖ ПРОФИЛЯ. В окне **Параметры** установите **Формат листа** – А3 293 × 420, **Ориентацию листа** – альбомная. Переместите шаблон так, чтобы в него

входил чертеж профиля, используя команду на локальной панели инструментов «Переместить шаблоны» , и примените построение.

9. Сохраните чертеж профиля в черновик (**Данные–Сохранить все в черновик**).

Чертежи, созданные в плане, можно сохранить в виде самостоятельных проектов на диске или в хранилище документов. Они доступны для открытия в любых наборах проектов. Для последующего открытия чертежей вместе с теми проектами плана, по которым эти чертежи создавались, нужно сохранять набор проектов плана.

10. Для вывода подготовленного чертежа на печать необходимо выбрать команду **Данные–Выпустить чертеж** или нажав кнопку «Настроить выпуск чертежа на печать»  на панели инструментов. В рабочем окне создастся сетка в соответствии с настройками принтера. В окне **Параметры** в строке **Размер сетки** установите – по размеру печатаемой области.

6.5. Импорт и экспорт проектов, наборов проектов

Для обмена проектами и наборами проектов между пользователями и различными версиями системы CREDO ЛИНЕЙНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ служат файлы форматов PRX и OBX. Файлы этих форматов можно открывать (импортировать) и сохранять (экспортировать) непосредственно в самом приложении.

Формат PRX предусмотрен только при сохранении на локальный диск проектов типа план генеральный, план геологический, объемы, компоновка чертежей, чертеж и 3D-сцена.

В файл формата OBX сохраняются свойства набора проектов (НП), древовидные структуры проектов плана, чертежной модели, 3D-сцены и все типы проектов, которые входят в данный набор проектов. Разделяемые ресурсы также могут быть сохранены в файл формата OBX.

Упражнение 11. Сохранение данных ЦММ в формате OBX

1. Выполните сохранение набора проекта (**Данные–Сохранить набор проектов и все проекты**).

2. Активизируйте команду **Данные–Сохранить набор проектов как**. В открывшемся диалоговом окне **Сохранение набора проектов** выберите из выпадающего списка **Тип файла–Файл обмена для набора проектов (*.obx)**. И сохраните набор проектов с именем «Курсовая работа *Иванов*». В открывшемся диалоговом окне **Включить в ОВХ разделяемые ресурсы** нажмите «Да».

7. ЗАЩИТА И ОЦЕНКА КУРСОВОЙ РАБОТЫ

После завершения работы итоговый вариант сдается на проверку руководителю курсовой работы, который выставляет предварительную оценку. Окончательная оценка выставляется студенту комиссией по приемке курсовой работы в результате защиты работы. Во время защиты автор должен быть готов за пять минут устно изложить результаты проведенной работы и ответить на вопросы. Умение отвечать на вопросы емко и четко является очевидным достоинством любого студента, претендующего на высокую оценку.

Основные критерии оценки курсовой работы формируются из предъявляемых к ней требований. Такими критериями являются:

- самостоятельность, творческий подход к рассматриваемым вопросам;
- полнота решения всех поставленных задач в задании на курсовую работу;
- достаточное владение необходимыми программными продуктами для выполнения курсовой работы;
- грамотность, логичность в изложении материала;
- качество оформления.

Курсовая работа должна быть написана в сроки, устанавливаемые заданием на курсовую работу. Работа, которую преподаватель признал неудовлетворительной, возвращается для переработки с учетом замечаний. Несвоевременное предоставление курсовой работы руководителю приравнивается к неявке на экзамен, поэтому студентам, не сдавшим без уважительной причины курсовую работу в срок, ставится неудовлетворительная оценка. Студент, не сдавший курсовую работу в срок, считается имеющим академическую задолженность и не допускается к сдаче экзамена по данной дисциплине.

ЛИТЕРАТУРА

1. Малюх, В. Н. Введение в современные САПР : курс лекций / В. Н. Малюх. – М. : ДМК Пресс, 2010. – 192 с.
2. Скворцов, А. В. Триангуляция Делоне и ее применение / А. В. Скворцов. – Томск : Том. ун-т, 2002. – 128 с.
3. Норенков, И. П. Основы автоматизированного проектирования : учеб. для вузов / И. П. Норенков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. – 336 с.
4. Назаров, А. С. Автоматизированная обработка материалов топографо-геодезических и земельно-кадастровых работ (на примере комплекса Credo) : учебное пособие с лаб. практикумом / А. С. Назаров, Ю. К. Неумывакин, М. И. Перский. – М. : [б. и.], 2009. – 267 с.
5. Антонович, К. М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии : в 2 т. / К. М. Антонович. – М. : ФГУП «Картгеоцентр», 2006. – Т. 2. – 360 с.
6. CREDO ЛИНЕЙНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ : руководство пользователя для начинающих / Компания «Кредо-диалог». – Минск : Кредо-Диалог, 2015. – 149 с.
7. ТРАНСФОРМ 4.0 Трансформация и координатная привязка растровых картматериалов / Компания «Кредо-диалог». – Минск : Кредо-Диалог, 2014. – 70 с.

Дополнительная

8. Рак, И. Е. Создание цифровой модели местности (с использованием программы CREDO ЛИНЕЙНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ) : методическое пособие для студентов специальности 1-56 02 01 «Геодезия» / И. Е. Рак. – Электрон. дан. – Минск : БНТУ, 2014. – 32 с.

Перечень нормативных правовых актов

14. Инженерные изыскания для строительства : СНБ 1.02.01–96. – Введ. 01.06.1996. – Минск : Мин-во строительства и архитектуры Республики Беларусь. – 1996. – 110 с.
15. Цифровая картография. Цифровое представление топографических карт и планов : СТБ 1025–96. – Введ. 01.09.1996. – Минск : [б. и.], 1996. – 63 с.

16. ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА. Условные обозначения для инженерно-топографических планов масштабов 1 : 1000, 1 : 500, 1 : 200. ТКП 45-1.02-293–2014 (02250). – Введ. 01.07.2014. – Минск : Мин-во строительства и архитектуры Республики Беларусь, 2014. – 137 с.

17. Основные положения по созданию топографических планов масштабов 1 : 5000, 1 : 2000, 1 : 1000, 1 : 500 : ГКНП 02-004–2010. – Введ. 01.06.2010. – Минск : УП «БелНИЦзем», 2010. – 33 с.

18. Цифровые карты местности. Порядок создания и обновления цифровых топографических карт и планов : ТКП 014–2005. – Введ. 01.12.2005. – Минск : [б. и.], 2005. – 30 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Факультет транспортных коммуникаций
Кафедра «Инженерная геодезия»

КУРСОВАЯ РАБОТА

по дисциплине

«Инженерно-геодезическое обеспечение
автоматизированных систем проектирования»

Тема: «Создание цифровой модели местности и построение
продольного профиля линейно-тематического объекта в системах
автоматизированного проектирования (САПР)»

Исполнитель: студент 5 курса гр. _____

_____ И.И. Иванов
(подпись, дата)

Руководитель: ст. преподаватель Кашура В.Н.

Оценка _____
(подпись, дата)

Минск
20__

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ И ПОРЯДОК ОФОРМЛЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ	4
1.1. Основные требования к оформлению текста работы.....	6
1.2. Оформление списка использованной литературы.....	6
2. ОБЗОР ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САПР	8
2.1. Программный продукт MicroSurvey CAD.....	8
2.2. Программный продукт AutoCAD Civil 3D.....	10
2.3. Программные продукты и технологии CREDO.....	13
3. ИСТОЧНИКИ ПОЛУЧЕНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ САПР	17
3.1. Данные инженерно-геодезических изысканий	17
3.2. Материалы дистанционного зондирования	22
3.3. Оцифровка имеющейся бумажной топографической основы	24
4. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САПР	26
4.1. Цифровая модель ситуации. Основные элементы.....	27
4.2. Цифровая модель рельефа	30
5. НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ И ТРЕБОВАНИЯ К ПРЕДСТАВЛЕНИЮ ДАННЫХ ЦММ	36
6. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА CREDO	38
6.1. Трансформация растра в ТРАНСФОРМ	38
Упражнение 1. Трансформация растрового фрагмента.....	39
6.2. Создание цифровой модели местности в CREDO ЛИНЕЙНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ	41
Упражнение 2. Начало работы в программе	47
Упражнение 3. Импорт растровой подложки	48
Упражнение 4. Создание рельефных точек по растровой подложке	49

Упражнение 5. Создание структурных линий	50
Упражнение 6. Построение цифровой модели рельефа.....	52
Упражнение 7. Создание цифровой модели ситуации на основе растровой подложки.	55
6.3. Построение и редактирование продольного профиля в CREDO ЛИНЕЙНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ	59
Упражнение 8. Построение продольного профиля линейно-тематического объекта по данным ЦММ (на примере профиля газопровода).....	62
6.4. Создание чертежей плана и профиля.....	65
Упражнение 9. Создание чертежа плана	71
Упражнение 10. Создание чертежа профиля	72
6.5. Импорт и экспорт проектов, наборов проектов.....	74
Упражнение 11. Сохранение данных ЦММ в формате OBX.....	74
7. ЗАЩИТА И ОЦЕНКА КУРСОВОЙ РАБОТЫ.....	75
ЛИТЕРАТУРА	76
ПРИЛОЖЕНИЕ	78

Учебное издание

КАШУРА Валентина Николаевна

**ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

Пособие по выполнению курсовой работы
для студентов специальности 1-56 02 01 «Геодезия»

Редактор *А. Е. Дарвина*
Компьютерная верстка *Н. А. Школьниковой*

Подписано в печать 23.09.2016. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 4,65. Уч.-изд. л. 3,64. Тираж 150. Заказ 305.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.