

## 2 ИНЖЕНЕРНАЯ ЦИФРОВАЯ МОДЕЛЬ МЕСТНОСТИ<sup>1</sup>

### 2.1 Цель работы

Подробное описание возможностей программы IndorCAD дано в [2-4]. Представление топографической информации в цифровом виде называется *инженерной цифровой моделью местности* (ИЦММ) [5]. Цель лабораторной работы – научиться строить ИЦММ и редактировать её элементы. В результате выполнения данной работы студент должен:

- изучить основные элементы ИЦММ (точки, ребра, треугольные грани, линии и полигоны);
- освоить приёмы их создания и редактирования;
- построить на модели обрыв.

В качестве исходных данных используется проект, созданный в ходе выполнения первой лабораторной работы.

### 2.2 Загрузка проекта

Загрузить проект с построенной в предыдущей лабораторной работе цифровой моделью местности, можно двумя способами.

**1-й способ.** Вызывать программу по её ярлыку, находящемся на рабочем столе компьютера и в окне «Начало работы» выбрать файл с созданным проектом, например, «2016-09-01\_Мой\_проект.dms». Имя требуемого файла можно найти либо в списке «Последние файлы», либо с помощью окна «Открыть проект», появляющегося в результате активации команды «Открыть из файла».

**2-й способ.** Зайти в свою папку на диске и там вызвать искомый файл двойным щелчком мыши.

### 2.3 Работа с объектами ИЦММ

**2.3.1 Понятие триангуляции.** В качестве цифровой модели рельефа в системе IndorCAD используется *триангуляционная модель (триангуляция)* – поверхность, состоящая из треугольных граней, вершины которых опираются на точки геодезической съёмки и структурные линии [2]. Триангуляция строится по правилу Делоне, по которому строятся треугольники, наиболее приближенные к равностороннему, т.е. наиболее приближенные к равностороннему треугольнику [6]. Для того, чтобы триангуляция была выполнена по правилу Делоне необходимо и достаточно, чтобы внутри

---

<sup>1</sup> Текст излагается по учебно-методическому пособию [1].

окружности, описанной вокруг любого из треугольников, не лежало ни одной другой вершины триангуляции (рис. 2.1).

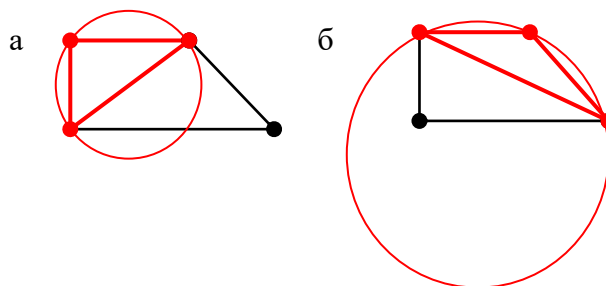


Рисунок 2.1 – Круговое свойство триангуляции; а – триангуляция по правилу Делоне; б – триангуляция не по правилу Делоне

ИЦММ состоит из нескольких объектов: *триангуляции, изоконтуров* (они показывают высотное положение местности цветом, как на географических картах), *полигонов и линий, текстов, зон затопления, точек и изолиний* (горизонталей). Установка флажков напротив них в дереве проектов делает указанные объекты видимыми. В качестве упражнения следует последовательно включить и выключить видимость вышеперечисленных объектов:

- В дереве проектов убрать и снова установить галочку напротив объекта «Триангуляция».

- В дереве проектов последовательно включить и отключить видимость поверхности, рёбер.

Щелкнув ПКМ по любому выбранному объекту, можно вызвать окно со свойствами этого объекта (**Инспектор объектов**), если в появившемся контекстном меню выбрать пункт «Свойства».

**2.3.2 Отображение изолиний (горизонталей).** На ИЦММ формы рельефа (так же, как и на топографических картах) характеризуются *горизонталями (изолиниями)* – линиями равных высот местности. Для их отображения в дереве проектов следует поставить флажок напротив объекта «Изолинии» и вызвать для них инспектор объектов (выделить этот объект курсором мыши).

Учитывая, что все введённые в проект точки местности имеют только положительные отметки, ветвь «**Положительные**» в инспекторе объектов следует развернуть, а ветвь «**Отрицательные**» – свернуть.

Далее задают шаг горизонталей по высоте. Учитывая, что масштаб проекта был принят 1:10000 (см. лабораторную работу № 1), для которого на

топографических картах горизонтали вычерчиваются через 2,5 м, в пункте «**Положительные > Шаг, м**» необходимо ввести значение **2,5**.

На картографических картах масштаба 1:10000 принято горизонтали, кратные 10, изображать

утолщенными, следовательно, в пункте «**Утолщать каждую**» необходимо ввести число 4. В строящейся модели такими горизонталями являются 20 м и 30 м.

На ветке дерева «**Стили линий > Утолщённых > Толщина линии, мм**» задаём значение **0,5**. В группе «**Параметры подписи**» следует задать:

- «**Точность**» – **1**;
- «**Подписывать автоматически**» – поставить флажок;
- «**Стиль текста**» – **Индивидуальный**;
- «**Размер символов, мм**» – **2,0**.

На ветке «**Прочее > Способов построения > Обычный (по рёбрам треугольников)**» следует установить флажок. Тогда горизонтали будут отображаться плавными линиями, что соответствует естественным формам рельефа.

**2.3.3 Изменение высотных отметок введённых точек.** В ИЦММ можно поменять высотную отметку любой точки, задав новое её значение или изменив на некоторую величину  $dz$ . В качестве упражнения требуется изменить отметку точки № 55. Сначала в окне «**Инспектор объектов**», вызванном для точек, в ветви «**Параметры > Вид подписи**» задают значение «**Имя**». Возле каждой точки отразится её порядковый номер. Далее, находят точку № 55, расположенную в северо-западной части модели (в верхнем левом углу). Для поиска точки можно использовать процедуру «**Главная > Найти > Точку по имени**». Точку выделяют курсором мыши и в окне инспектора объектов для выделенной точки в ветви «**Координаты > Z-отметка**» напротив позиции «**Абсолютная**» вводят новое значение **28,0** м. В позиции «**Комментарий**» записывают пояснение: «**Изменили отметку**». Горизонталь рядом с точкой 55 станет более плавной, ближе к естественному рельефу.

**2.3.4 Ввод новых точек.** Анализ модели показал, что необходимо ввести дополнительную точку с координатами  $X = 821,0$  м;  $Y = 519,0$  м;  $Z = 30,5$  м. Для этого активируют закладку «**Главная > Точки > В произвольном месте**». И устанавливают новую точку в произвольном месте. В инспекторе объектов на закладке «**Выделенные объекты**» в позиции «**Координаты > Плановые**» вводят значения абсолютных координат  $X$  – величину 821,0 м и  $Y$  – величину

519,0 м, а в позиции «**Z-отметка**» – величину 30,5 м. Точке присваивают имя (номер) **134**.

Если выделить построенную точку и в окне «**Инспектор объектов**» сменить статус точки, сделав её ситуационной, то триангуляция на новой точке исчезнет. Возвращая точке статус рельефной, восстанавливают триангуляцию.

**2.3.5 Уклоны.** Объект ИЦММ «**Триангуляция**» включает в себя: «**Поверхность**», «**Рёбра**» и «**Уклоны**». Их параметры задают в инспекторе объектов, вызванном для триангуляции.


Уклоны позволяют оценить направление стока воды. Величина уклонов показывается цветом, расшифровка которого приводится в окне «**Инспектор объектов**» для элемента «**Обозначения уклонов**». Настройку отображения уклонов в инспекторе объектов производят следующим образом:

- Включают отображение уклонов триангуляции (флажок напротив элемента «**Уклоны**»);
- Устанавливают флажок «**Подписывать величину уклона**» и задают размер подписей - 1,5 мм;
- Убирают флажок в позиции «**Зависит от уклона**»;
- Задают размер стрелок **1,5**.

**2.3.6 Переброска рёбер в смежных треугольниках.** Данная процедура необходима, если при геодезической съёмке местности не была снята структурная линия рельефа (водораздел или тальвег). В качестве упражнения необходимо активировать закладку «**Поверхность > Переброска рёбер**» и щёлкнуть ЛКМ по ребру, соединяющему точки № **55** и № **20**.

**2.3.7 Отсечение поверхности.** Иногда необходимо убрать лишние треугольные грани, которые образовались автоматически, но они не описывают реального рельефа. В качестве упражнения следует сделать невидимым треугольник, построенный на точках № 34, 126 и 129. Отсечение поверхности делают следующим образом:

- активируют закладку «**Поверхность > Отсечение поверхности**»;
- включают флажок напротив позиции «**Временно отобразить линии отсечения поверхности**»;


- нажимают на пиктограмму  и ЛКМ щёлкают внутри треугольника, который необходимо убрать;

- чертят линию внутри отсекаемого треугольника и в конце отрезка дважды нажимают ЛКМ (первое нажатие создаёт конец отрезка, а второе указывает, что построение отрезка требуется закончить);

- треугольник исчезнет, но останется красная пунктирная линия отсечения поверхности.

Аналогичным образом можно удалить несколько смежных треугольников, если отрезок пройдёт через них. При сложной конфигурации вместо отрезка строят ломаную линию, при этом вершины ломаной строятся с помощью одиночного нажатия ЛКМ, а в конце построения ЛКМ нажимается дважды.

Прервать построение отрезка можно с помощью клавиши <Esc>.

Отменить только что сделанное удаление – используя команду  в левом верхнем углу экрана. А чтобы восстановить треугольники в любое время работы с ИЦММ, следует выделить ЛКМ пунктирную линию отсечения, вызвать нажатием ПКМ контекстное меню и воспользоваться командой «Удалить». Инженерная цифровая модель показана на рис. 2.2.

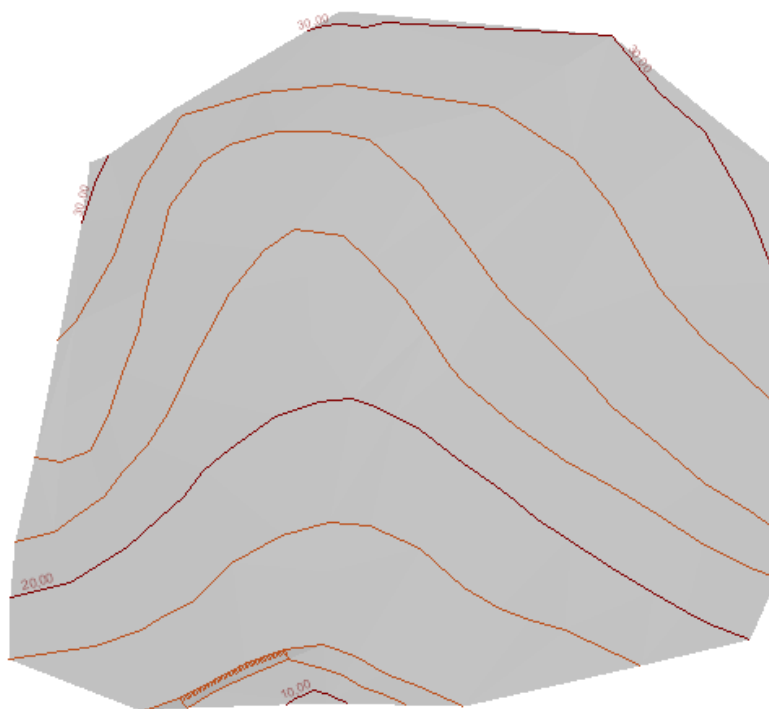


Рисунок 2.2 – Инженерная цифровая модель местности

## 2.4 Построение обрыва

*Обрыв* – это форма рельефа, образованная в результате боковой водной эрозии. Для его отображения строят *полигон* – замкнутую линию, включающую

в себя верх и низ обрыва. Точки 11, 16, 87 и 21 будут образовывать верх обрыва. Для удобства их можно переименовать в **11в, 16в, 87в и 21в**.

Подошву обрыва будут образовывать четыре новые точки. Сначала с помощью команды «Главная > Точки > В произвольном месте» на ИЦММ создают новую точку. В Инспекторе объектов задают ей статус – **рельефная**; имя – **11н** и координаты в плане, принимаемые по табл. 2.1. Аналогичным образом строятся остальные точки из этой таблицы.

Таблица 2.1 – Координаты точек, образующих подошву обрыва

Имя точки	Координата X, м	Координата Y, м
<b>11н</b>	-643,0	196,0
<b>16н</b>	-605,0	258,0
<b>87н</b>	-575,0	328,0
<b>21н</b>	-543,0	409,0

Далее, с помощью команды «Главная > Линии > Только по существующим точкам» создают полигон, последовательно захватывая курсором мыши точки 11в, 16в, 87в, 21в, 21н, 87н, 16н, 11н, 11в. При замыкании контура появится окно, в котором следует поставить флажки напротив позиций «Установить точкам равную отметку» и «Сделать полигон структурным». Необходимо задать отметку для точек **15,0** и нажать графическую кнопку <ОК>.

Далее полигон выделяют и вызывают команду «Поверхность > Создание откоса». В инспекторе объектов задают тип штриховки «Обрыв», выбирают операцию «Задать верх откоса» и нажимают графическую кнопку <Выполнить>. На курсоре мыши будет указана цифра 1, т.е. курсором необходимо указать первую точку верха обрыва – **точку 11в**. После этого на курсоре появится цифра 2 и курсор необходимо подвести к **точке 21в** – конечной точке верха обрыва.

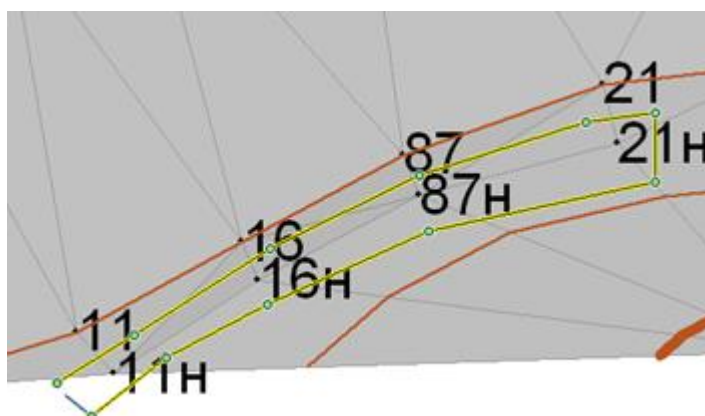


Рисунок 2.3 – Способ выделения точек

Далее в процедуре «Поверхность > Параметры отображения» указывают параметры штриховки: «Шаг» – **2 мм**, «Длина длинных» (штрихов) – **50%**.

Обрыв будет иметь глубину **2,5 м**. Для этого ПКМ вызывают окно «Правка объектов» и курсором мыши по способу



«Внутри многоугольника» выделяют точки подошвы – 11н, 16н, 87н, 21н (см. рис. 2.3). В окне инспектора объектов в позиции «Операции» Смещение задают для «dz, м» значение -2,5 м. и нажимают графическую кнопку <Выполнить>.

Цифровая модель с обрывом показана на рис. 2.2.

### Источники информации

1. Современные технологии в проектировании автомобильных дорог: учебно-методическое пособие / Т.В. Гавриленко, Т.А. Фёдорова – Изд-во СФУ, 2016 (в печати).

2. Система проектирования IndorCAD. Построение, обработка и анализ цифровой модели местности: Руководство пользователя / И.В. Кривых, В.Н. Бойков, Д.А. Петренко, А.В. Скворцов, Н.С. Мирза. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2008. – 300 с.

3. Система проектирования IndorCAD. Проектирование автомобильных дорог: Руководство пользователя / И.В. Кривых, В.Н. Бойков, Д.А. Петренко, А.В. Скворцов, Н.С. Мирза, А.В. Перфильев – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2008. – 250 с.

4. Официальный сайт компании IndorSoft <http://www.indorsoft.ru> [электронный ресурс].

5. СП 47.13330.2012 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96. – М., 2012. – 110 с.

6. Скворцов А.В. Триангуляция Делоне и её применение / А.В. Скворцов. – Томск: Изд-во Томского ун-та. – 2002. – 128 с.