



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Автомобильные дороги»

Сборник задач
по дисциплине
«Автоматизированное проектирование
дорог»

**«Оцифровка
картографического
материала в ROBUR»**

Автор
Терюкова Л.И.

Ростов-на-Дону, 2017

Аннотация

Методические указания предназначены для бакалавров направления подготовки 08.03.01 «Строительство», профиль «Автомобильные дороги».

Излагаются основные положения по цифровому моделированию рельефа. Рассматривается порядок подготовки исходных данных и проведения оцифровки фрагмента карты на базе программного комплекса ROBUR.

Авторы

к.т.н., доцент кафедры «АД» Терюкова Л.И.





Оглавление

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1	Оцифровка
картографического материала в ROBUR.....	4
1. Цель лабораторной работы.....	4
2. Приборы, оборудование и материалы:	4
3. Теоретические сведения.....	4
4. Задание	9
5. Исходные данные	9
6. Ход работы	9
ЛИТЕРАТУРА.....	33

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

ОЦИФРОВКА КАРТОГРАФИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА В ROBUR

1. Цель лабораторной работы

Цели лабораторной работы

- ознакомление с технологией и особенностями использования растрового фрагмента карты в качестве подложки в системе ROBUR для создания цифровой модели рельефа методом ручной векторизации;
- ознакомление с технологией векторизации в других системах автоматизированного проектирования.

2. Приборы, оборудование и материалы:

Для выполнения лабораторной работы используются персональный компьютер, программа ROBUR и отсканированный фрагмент карты М 1:25000

3. Теоретические сведения

Растровым или точечным изображением принято называть массив пикселей — одинаковых по размеру и форме плоских геометрических фигур (чаще всего — квадратов или кругов), расположенных в узлах регулярной (то есть состоящей из ячеек одинаковой формы и размера) сетки.

Слово «пиксел» – это аббревиатура от английских слов picture element (элемент изображения).

Растровое изображение представляется двумерным массивом точек, каждая из которых имеет свой цвет.

Растровые изображения могут быть получены в частности сканированием оригинального изображения с бумаги.

Растровые изображения обладают существенными недостатками, основным из которых является то, что информация об изображении представляется в виде набора точек и поэтому не содержит, в явном виде, данных о геометрии и размерах объектов [1]. Редактирование объектов раstra затруднено, массивы обработки данных огромны.

Основными характеристиками, необходимыми для отображения раstra, являются размеры изображения и глубина цвета. Размер изображения раstra определяется шириной и высотой раstra в пикселях. Глубина цвета определяет количество бит информации на один пиксель.

Оцифровка картографического материала в ROBUR

Чем больше глубина цвета, тем шире диапазон доступных цветов.

Наиболее распространены изображения с глубиной цвета

- 1 бит – двухцветные;
- 4 бита – 16 цветов;
- 8 бит – 256 цветов;
- 16 бит – 65536 цветов;
- 24 бит – 16.7 млн. цветов.

Изображения с глубиной цвета до 8 бит являются палитровыми, т.е. в массиве пикселей записано не само значение цвета, а индекс палитры цветов.

ПРИМЕР

Цвет каждого пикселя записывается в память компьютера при помощи определенного количества битов. Бит – минимальная единица памяти компьютера, которая может хранить либо значение 0, либо 1.

В контрастной черно-белой картинке каждый пиксель кодируется одним битом. Восьмибитное изображение позволяет иметь 256 цветов, а 24 бита обеспечивают присутствие в изображении более 16 миллионов цветов, что дает возможность работать с изображениями профессионального качества.

Например, для четверти стандартной карты М 1:25000:

Ширина фрагмента по горизонтали-20см;

Ширина фрагмента по вертикали -24 см

Для получения приемлемого качества карты необходимо разрешение не менее 300 dpi.

Считаем:

Ширина фрагмента по горизонтали- $20 * 0,3937 = 7,874$ дюйма;

Ширина фрагмента по вертикали - $24 * 0,3937 = 9,4488$ дюйма

По вертикали: $9,4488 * 300 = 2835$ точек.

По горизонтали: $7,874 * 300 = 2362$ точек.

Число пикселей растровой матрицы $2362 * 2835 = 6\,696\,837$.

Для получения качественного цветного изображения надо не менее 256 оттенков для каждого базового цвета. В модели RGB соответственно их 3: красный, зеленый и синий. Получаем общее количество байт – 3 на каждый пиксел. Соответственно, размер хранимого изображения составляет 19,16 Мб (мегабайт — 1024 килобайтам или 1 048 576 байтам).

При этом объем информации не зависит от плотности заполнения листа объектами.

Оцифровка картографического материала в ROBUR

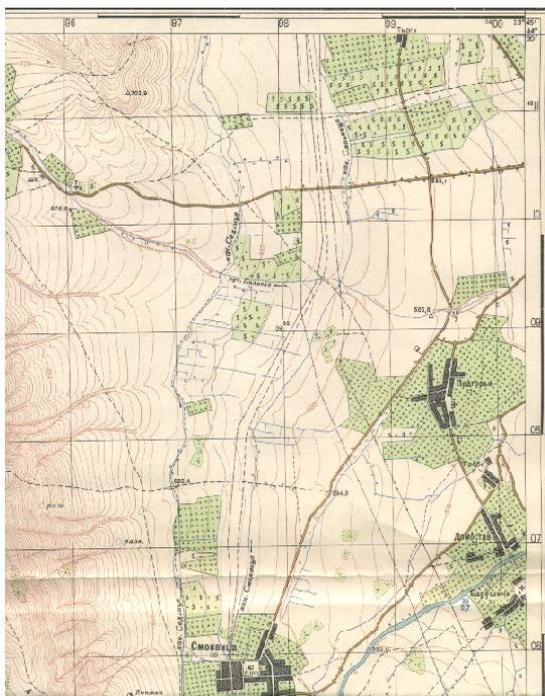
Для хранения растровых изображений разработано множество форматов – TIFF, BMP, PCX, JPEG, GIF, PNG [2].

Векторным изображением в компьютерной графике принято называть совокупность разнообразных геометрических объектов – примитивов (круги, эллипсы, прямоугольники, многоугольники, отрезки прямых и дуги кривых линий), на которые в конечном счете могут быть разбиты любые геометрически сложные объекты..

Важнейшая особенность векторной графики состоит в том, что для каждого примитива (класса геометрических объектов) определяются управляющие параметры, конкретизирующие его внешний вид и положение, что позволяет упростить процесс редактирования – изменения свойств .

Объем требуемой памяти на прямую зависит от плотности заполнения листа примитивами .

На рисунке 1 изображены карты в растровом и векторном форматах.



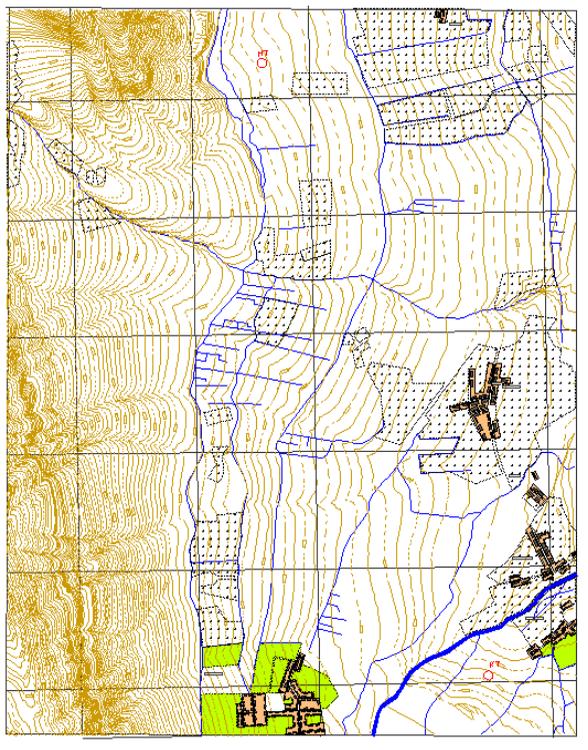


Рисунок 1 Растровое и векторное представление карт

Векторизация — это замена совокупностей растровых точек на векторные примитивы, являющиеся их геометрическими аналогами.

Оцифровка карт выполняется в виде первоначального сканирования карт, с последующим растрово-векторным преобразованием (векторизацией). Это означает, что бумажные топографические и прочие карты переводятся в электронный вид с использованием компьютерных программ.

Для обработки растровых картографических изображений отечественные разработчики предлагают более 15 различных пакетов, функционирующих на разных платформах и по эффективности использования не уступающих зарубежным аналогам.

Основные пакеты:

- SpotLight, Vectory (Consistent Software, Россия);
- Easy Trace (Easy Trace Group, Россия);
- MapEdit (АО «Резидент», Россия);

Оцифровка картографического материала в ROBUR

- AutoVEC(IBS, Россия)
- -GeoDraw (ЦГИ ИГ РАН),
- -IntelVec (АОЗТ "Тетроком").

Зарубежные системы ввода (корпорации Intergraph, фирм Bentley, Audre), несмотря на большие функциональные возможности применяются мало. [2].

При векторизации решаются и другие задачи:

- восстановление информации, частично утраченной или искаженной из-за износа бумажного носителя, дефектов чертежных инструментов, дефектов исполнения, погрешностей сканирования (Геометрическая коррекция снимка);
- привязка к требуемой картографической проекции;
- склейка различных растров в единое полотно(если изображение отсканировано фрагментами);
- «расслоение» изображения по его смысловому содержанию (например, карта может содержать слои рельефа, автодорог, коммуникаций, границ земельных участков и т. д.);
- собственно векторизация
- минимизация числа векторных примитивов;
- фильтрация, сглаживание и оптимизация формы линий;
- ввод атрибутивной информации для графического объекта (например, напряжение линии электропередач, диаметра трубопровода, площадь земельного участка, его собственник и т.п.) [1]

– конвертация существующих данных в общепринятые форматы данных.

Методы оцифровки

- в ручном
- автоматизированном
- автоматическом режимах.

Оцифровка вручную состоит в обводе контуров объектов на экране при помощи мыши с фиксированием (нажатием кнопки мыши) координат характерных точек контуров.

Автоматизированная оцифровка выполняется при помощи программ, называемых векторизаторами. Работа этих программ состоит в распознавании образов: они могут идентифицировать и выделять из растра отдельные точечные, линейные и площадные объекты, структуризация информации по слоям, задание свойств и многое другое выполняется оператором.

Автоматическая оцифровка ведется с применением программ, которые автоматически распознают объекты на сравни-

тельно простых растровых изображениях , большинство таких программных продуктов результат векторизации располагают на одном слое , разобрать который на составляющие элементы сложно.

Наиболее распространенные системы для ввода предусматривают ручную и полуавтоматическую обработку.

4. Задание

Для освоения методов работы с программой ROBUR предлагается выполнить задание, которое включает в себя следующие задачи:

- загрузка отсканированных фрагмента карты М1:25000;
- оцифровка заданного фрагмента карты в ручном режиме;
- создание и корректировка цифровой модели рельефа, проверка адекватности модели;
- сохранение результатов обработки.

5. Исходные данные

В качестве исходных данных для выполнения лабораторной работы заданы фрагменты топографической карты М 1:25000 в электронном виде и область оцифровки.

6. Ход работы

6.1 Создание учебного проекта

Открыть программу ROBUR и в таблице Менеджера проектов использовать функцию Создать.

В открывшемся дополнительном окне заполнить поля Шифр проекта, Название и Разработчик.

Шифр проекта состоит из шести позиций:

- первые три цифры – номер группы;
- четвертая и пятая- порядковый номер в списке студентов группы;
- шестая-номер лабораторной работы.

На рисунке 2 приведен пример заполнения.

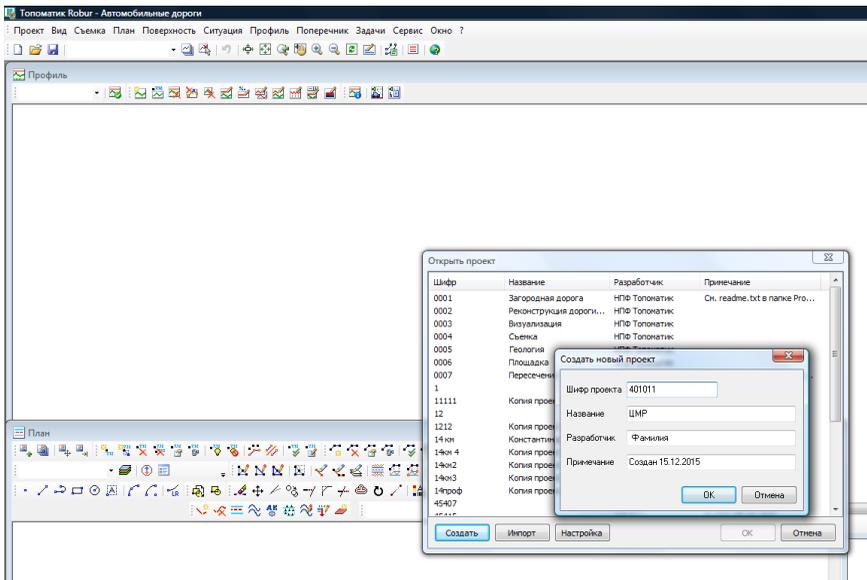


Рисунок 2 Создание нового проекта

6.2 Открытие проекта

В результате выполнения предыдущей операции в списке проектов добавлена строка (Рисунок 3).

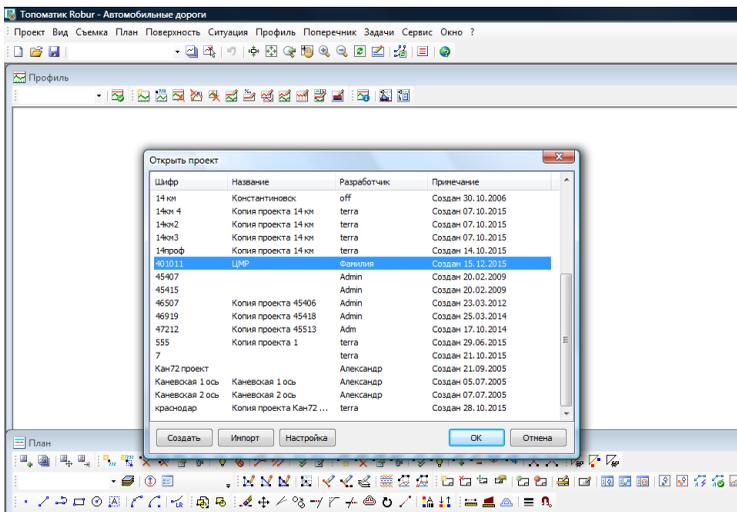


Рисунок 3

Оцифровка картографического материала в ROBUR

Найдите ее, и при нажатии кнопки ОК данный проект станет текущим, о чем будет информировать верхняя строка программы (Рисунок 4).

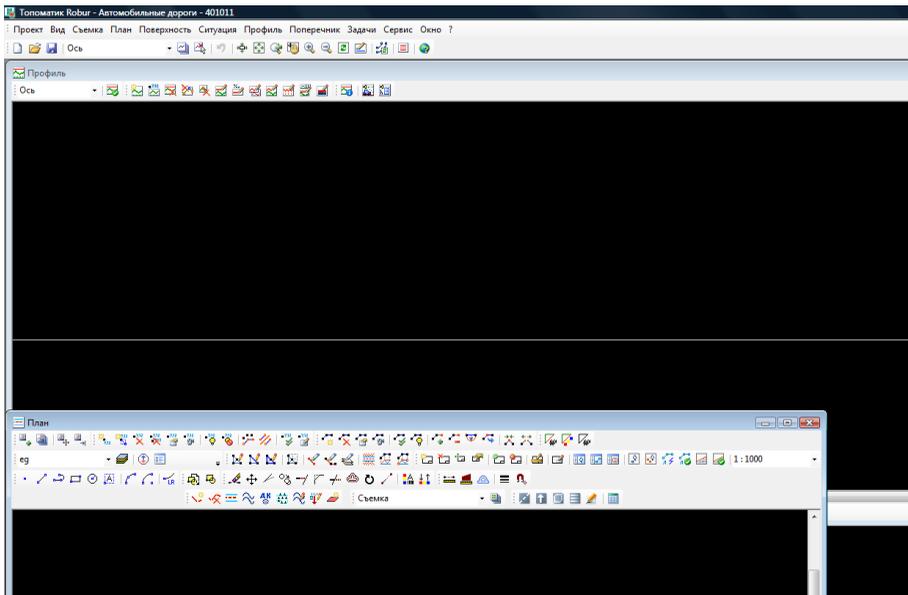


Рисунок 4

6.3 Интерфейс Robur

Верхняя строка информационная указывающая на открытую программу, раздел программы и текущий проект.

Строка меню обеспечивает доступ ко всем командам посредством выпадающих меню.

Robur имеет три рабочих окна: **План**, **Профиль** и **Поперечник**, – что позволяет вести проектирование трассы как пространственного объекта.

Каждое окно имеет настраиваемое кнопочное меню – кнопки быстрого доступа.

Нижняя строка информационная – на ней отображаются отметки и координаты при перемещении курсора, коды поверхностей, подсказки.

6.4 Управляющие элементы окна План трассы

Перед началом работы в разделах: **План, Поверхность, Ситуация** необходимо выполнить настройку Управляющих элементов .

Выберите элемент меню **Вид – Управляющие элементы**. Откроется диалоговое окно управляющих элементов плана трассы (Рисунок 5):

Логически окно делится на три части : Видимость, активность и Дополнительные параметры.

Для выполнения работы необходимо обеспечить видимость слоев: **Растровая подложка** и **Поверхность**. Слой **Поверхность** является составным. Для открытия входящих в его состав слоев необходимо нажать знак «+», и пометить входящие слои.

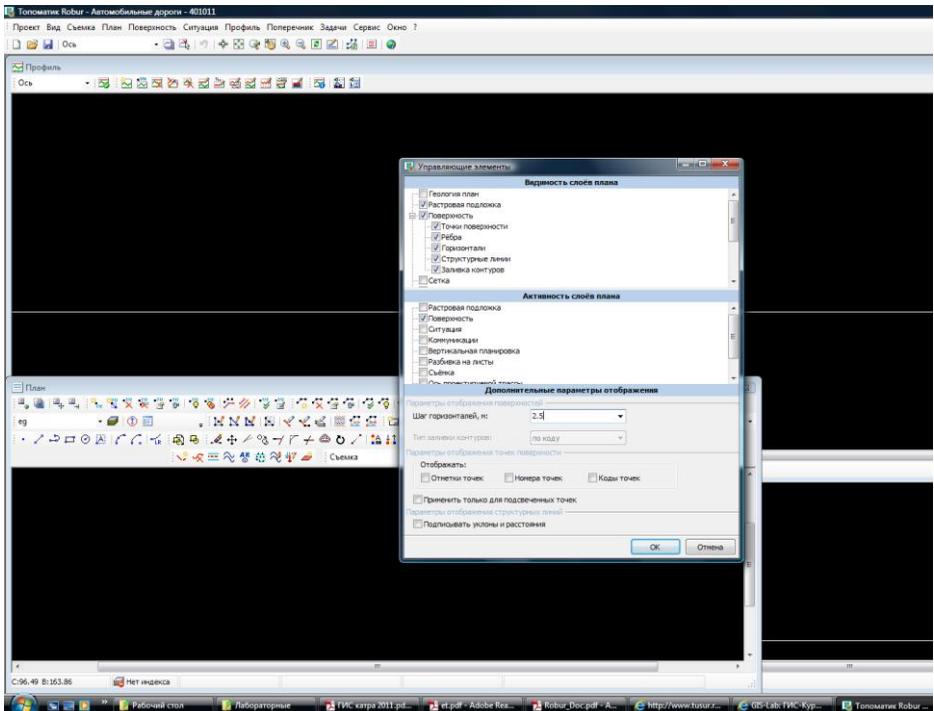


Рисунок 5

Активность слоев разрешает или запрещает возможность изменения соответствующих элементов при помощи мыши, а так-

Оцифровка картографического материала в ROBUR

же позволяет или запрещает вызывать для элементов всплывающее контекстное меню.

При оцифровке будут создаваться элементы – точки поверхности, поэтому во втором блоке необходимо отметить активность слоя Поверхность.

В дополнительных параметрах можно сразу указать шаг горизонталей карты, а лучше временно использовать меньший шаг, что позволит лучше контролировать правильность построения поверхности.

6.5 Растровая подложка

Растровое изображение (топографическая карта) которое берется за основу и ложится на слой ниже в векторном редакторе графики, называется **Растровой подложкой**.

С нее считывается информация и разносится на соответствующие слои.

В **Robur** предусмотрена возможность подгрузки цветных и черно-белых растровых изображений [4]

Выберите элемент меню **Ситуация – Растровая подложка – Добавить растровую подложку**. В появившемся диалоговом окне укажите путь к файлу и выберите кнопку **ОК** (Рисунок 6).

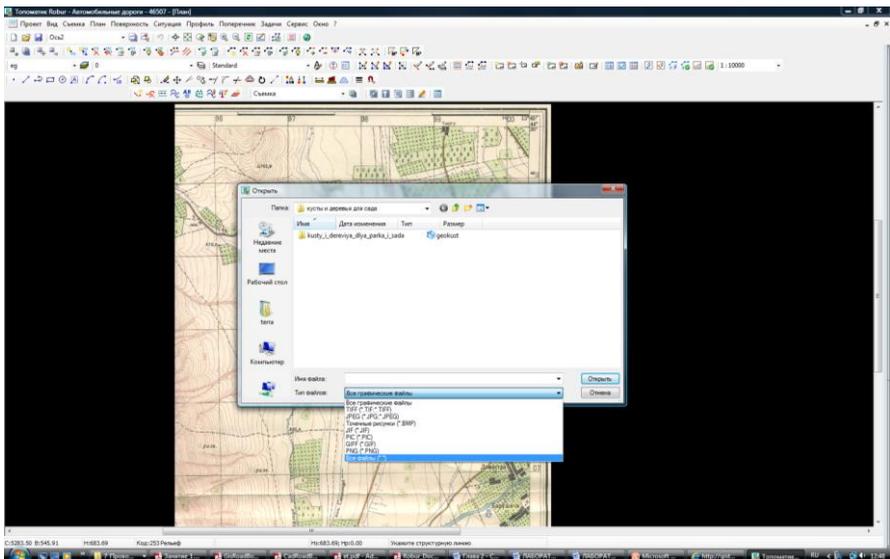


Рисунок 6

Оцифровка картографического материала в ROBUR

В **Robur** реализована возможность использования большого числа форматов: TIFF, JPEG, BMP, PIC, GIFF, PNG.

Исходная карта в формате JPEG, для правильного размещения подложки в следующем диалоговом окне указать параметры, отображенные на рисунке 7. Точка вставки с нулевыми координатами и масштабы карты 1: 25000.

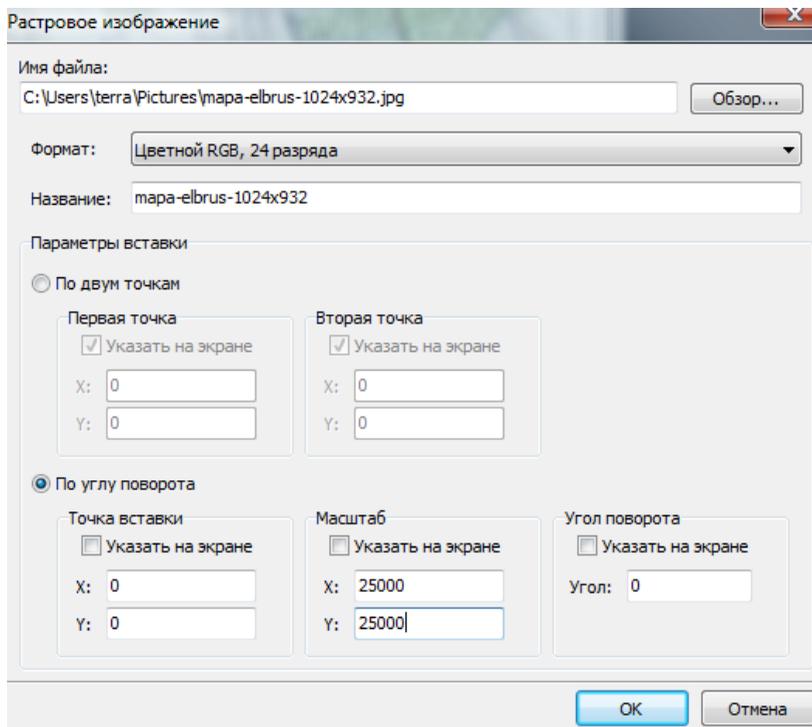


Рисунок 7

6.6 Менеджер растровых изображений

Для удобства добавления новых растров, редактирования и удаления уже существующих предусмотрен Менеджер подложек.

Для вызова окна менеджера необходимо выбрать элемент меню **Ситуация – Растровые подложки – Менеджер растровых подложек**.

В окне отобразятся все используемые растровые подложки и их свойства (Рисунок 8)- Наименование, Исходный размер, Разрешение, Цветовая палитра.

Оцифровка картографического материала в ROBUR

Растровая подложка может быть переименована, скрыта, включена или удалена из проекта, все операции могут быть выполнены из Менеджера подложек.

Дополнительные данные открываются при нажатии кнопки в нижней части окна Подробно.

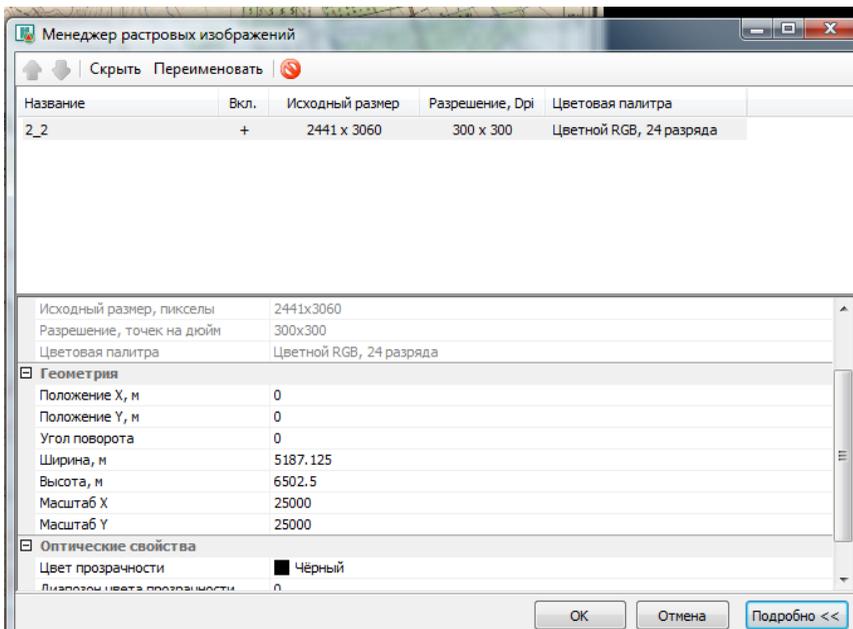


Рисунок 8

6.7 Оцифровка рельефа в ручном режиме

Проверьте правильность задания масштаба. Для этого измерьте расстояние между узлами километровой сетки с использованием команды Ситуация/Измерения/Расстояния (Рисунок 9). Измерение ведется при максимальном увеличении сетки карты .

Оцифровка картографического материала в ROBUR

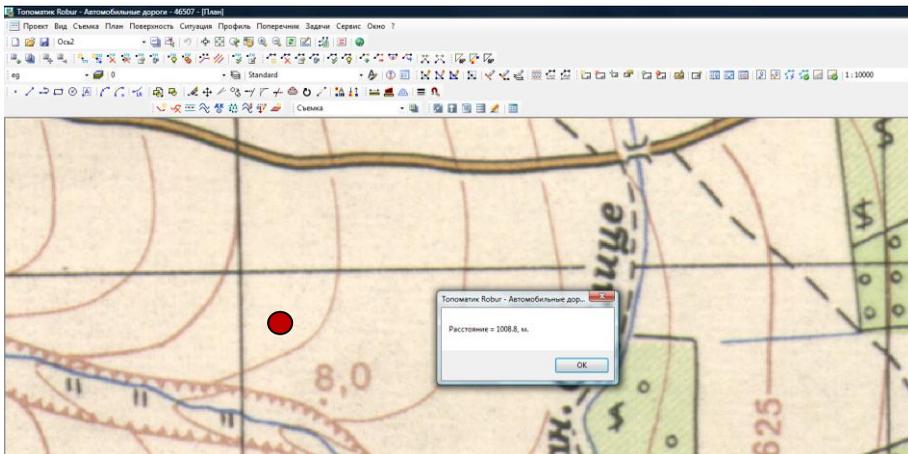


Рисунок 9

Результат из-за неточности установки курсора немного отличается от 1000 метров.

Пусть по заданию необходимо оцифровать область в северо-западной части карты, ограниченную с запада и севера рамкой карты, а с восточной и южной- долинами рек Рисунок 10.

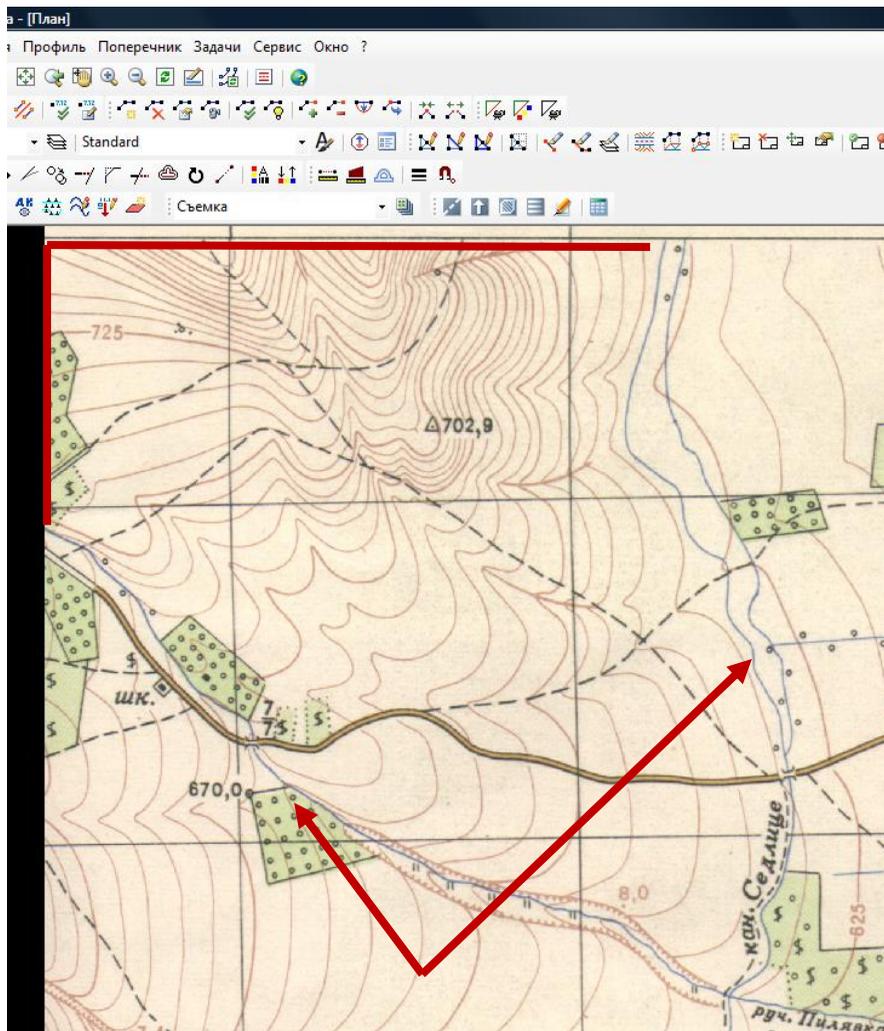


Рисунок 10 Заданные границы фрагмента оцифровки

Данные о рельефе заданы точечными объектами и линейными – горизонталями.

Рекомендуется начать с оцифровки точечных объектов. На заданном фрагменте это точка с отметкой 702,9.

Для этого используется команда Поверхность/Точки/Ввести.

Курсор преобразится из стрелки в перекрестье визирных линий, которое помещается в нужной точке, после фиксации по-

ложения кликом мыши, откроется окно свойств съемочной точки (Рисунок 11).

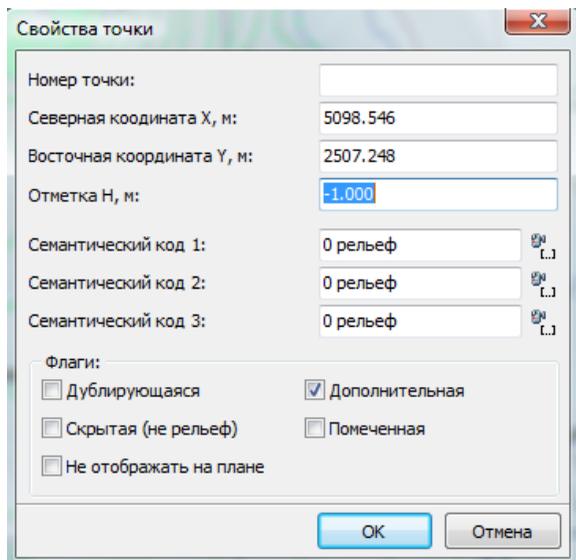


Рисунок 11

В окне ввести отметку точки, в примере 702,9 и подтвердить действие нажатием ОК.

Для оцифровки горизонталей сначала определите шаг горизонталей.

В примере шаг – 5 метров.

Горизонтالي в ROBUR оцифровываются последовательно точек, с использованием команды Поверхность/Точки/Добавить точки по высоте.

Откроется окно, в котором указывается отметка, общая для всех точек лежащих на одной горизонтали (Рисунок 12).

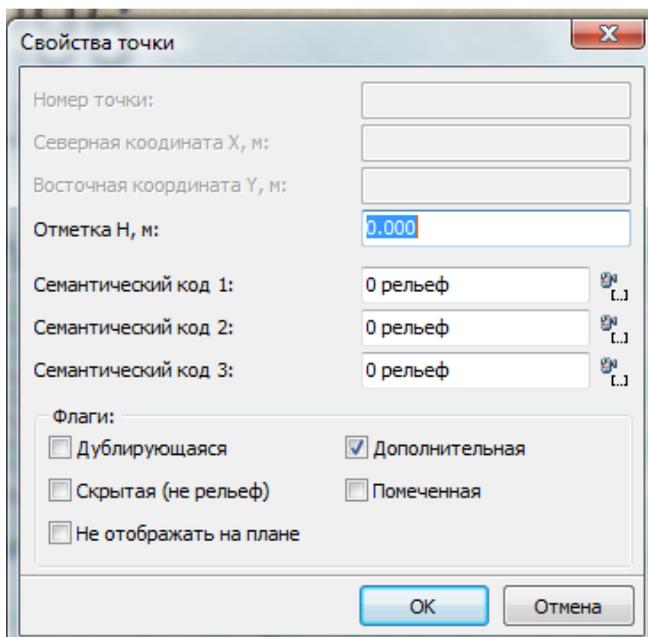


Рисунок 12

Обойдите одну из горизонталей, вставляя точки. Точки необходимы на всех сменах направления линии, т.к. в дальнейшем они будут соединены между собой отрезками (Рисунок 13).

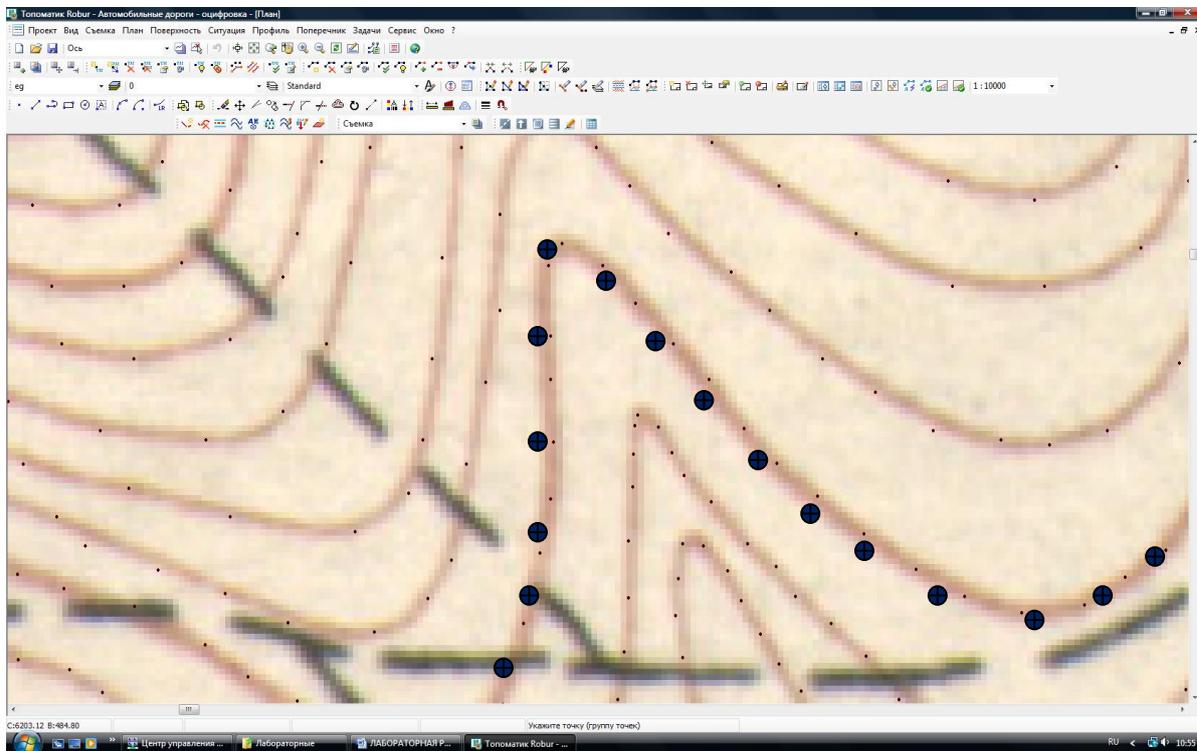


Рисунок 13

Оцифровка картографического материала в ROBUR

Для каждой последующей горизонтали повторяйте команду Поверхность/Точки/Добавить точки по высоте , чтобы изменить отметку горизонтали.

В приведенном примере удобно начать с горизонтали 725, затем оцифровать горизонтали вверх до рамки карты, а затем перейти к горизонталям расположенным ниже нее.

В результате вся поверхность фрагмента окажется покрытой точками, как на рисунке 14.

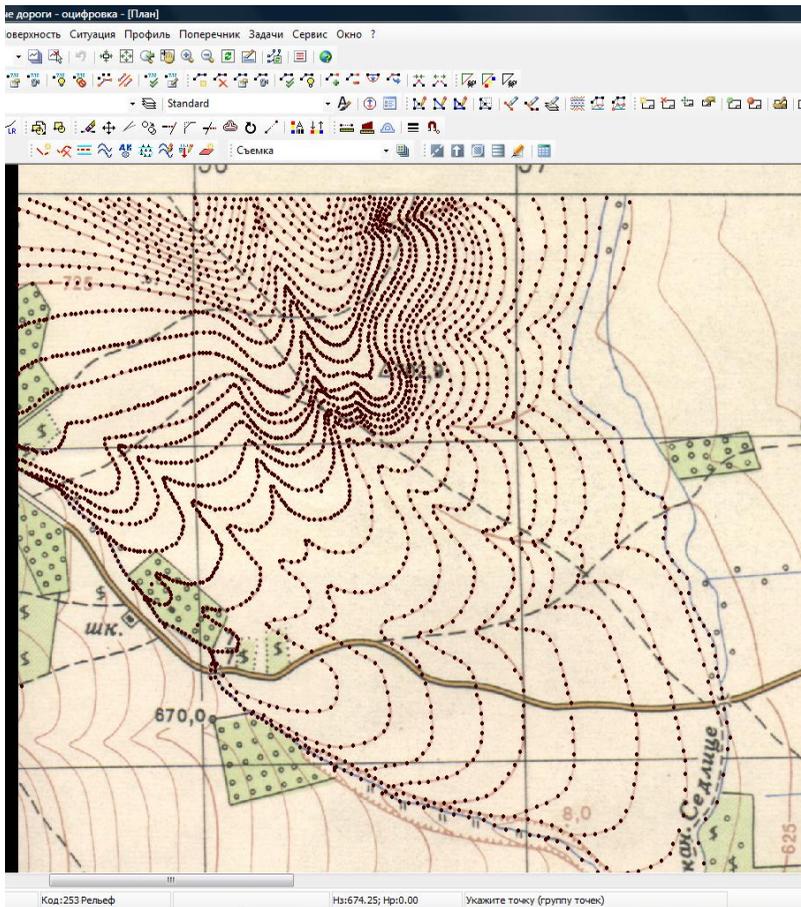


Рисунок 14

Для дальнейшей работы необходимо создать поверхность земли.

6.8 Поверхности

Для моделирования поверхностей существуют различные виды структур.

В пакетах прикладных программ для автоматизированного проектирования дорог используют два основных вида структур: регулярная (равномерная прямоугольная, рисунок 15, и нерегулярная (триангуляционная, рисунок 16).

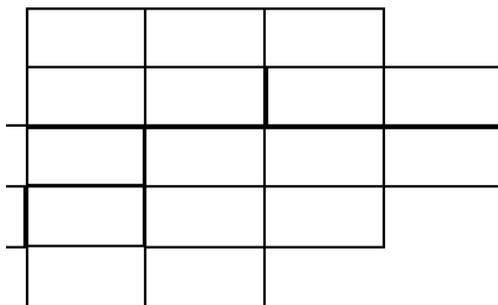


Рисунок 15

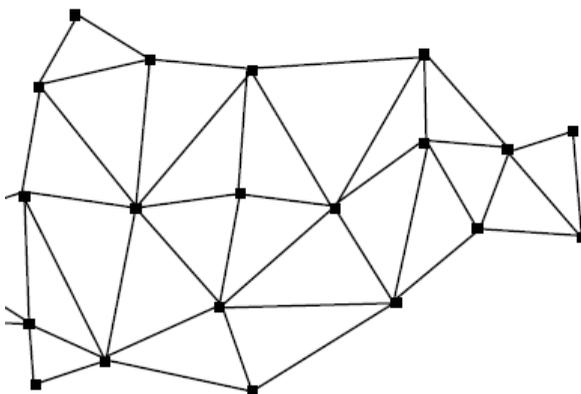


Рисунок 16

Оцифровка картографического материала в ROBUR

В обоих случаях точки соединяются между собой отрезками – ребрами, в каждом замкнутом контуре (ячейке сети) образуется элементарная поверхность, в простейшем случае – плоскость

Массив точек для регулярных моделей может быть представлен [5] в следующем виде:

$$F, m, n, X_0, Y_0, Z_{11}, \dots, Z_{1m}, \dots, Z_{nm},$$

где F – шаг сетки;

m – число точек по горизонтали;

n – число точек по вертикали;

X_0, Y_0 – координаты начальной точки сетки,

$Z_{11}, \dots, Z_{1m}, \dots, Z_{nm}$ – отметки точек в узлах сетки.

Таким образом, для однозначного представления регулярной сетки размерностью $m \times n$ требуется хранить всего $m \times n + 5$ чисел. Однако для адекватного представления поверхности с заданной точностью требуется высокая плотность точек, что сопряжено со значительной трудозатратностью работ по подготовке исходной информации.

Для нерегулярных моделей массив точек описывается последовательностью:

$$\Sigma X_i, Y_i, Z_i, T_i, R_i, L_i,$$

где X_i, Y_i, Z_i – координаты i -той точки (массив $i = 1, \dots, k$);

T_i, R_i, L_i – соответственно принадлежность i -той точки T_i треугольнику, связь i -той точки с R_i и L_i точками в треугольнике.

Размерность нерегулярной сетки составляет $6k$, что почти в 6 раз выше размерности регулярной сетки, но, в тоже время, для адекватного отображения поверхности требуется существенно меньшее количество точек. ___

В ROBUR используется построение поверхностей на основе триангуляционных сетей.

Однако соединение точек поверхности между собой непересекающимися отрезками имеет множество решений.

Базовым в ROBUR является алгоритм, предложенный Делоне Б.Н. в 1934 году.

Триангуляция Делоне — триангуляция для заданного множества точек S на плоскости, при которой для любого треугольника все точки из S за исключением точек, являющихся его

вершинами, лежат вне окружности, описанной вокруг треугольника (Рисунок 17).

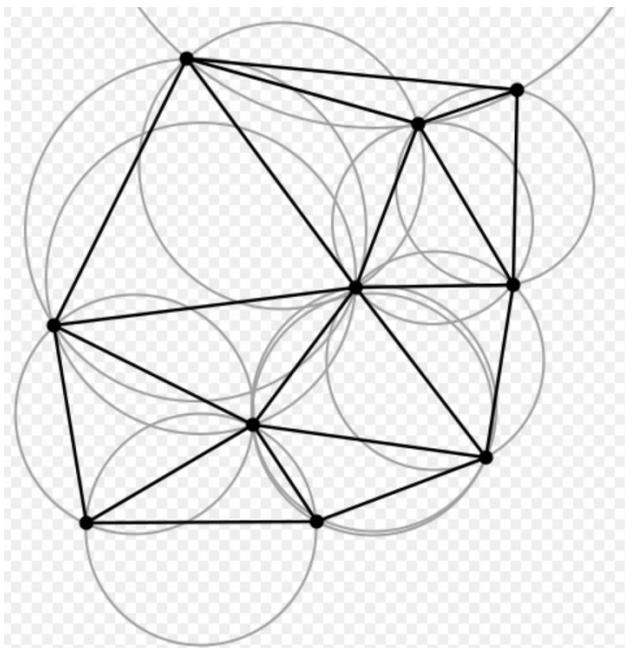


Рисунок 17

Построим триангуляционную сеть с использованием алгоритма Делоне. Используем команду Поверхность/Построить (Рисунок 18).

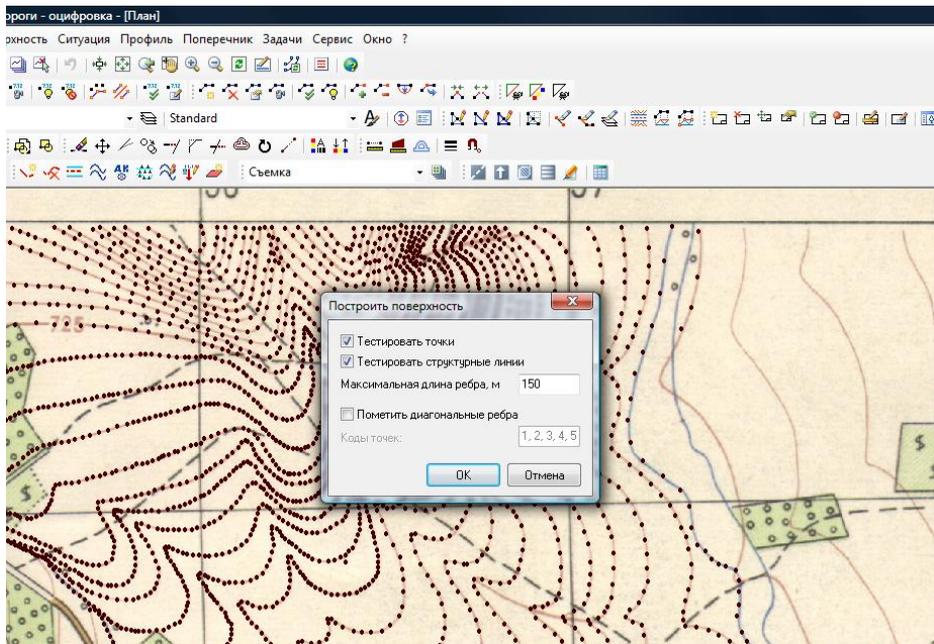


Рисунок 18

В окне необходимо указать максимальную длину ребра , для выполнения практической работы достаточно – 500 м.Результат представлен на рисунке 19.

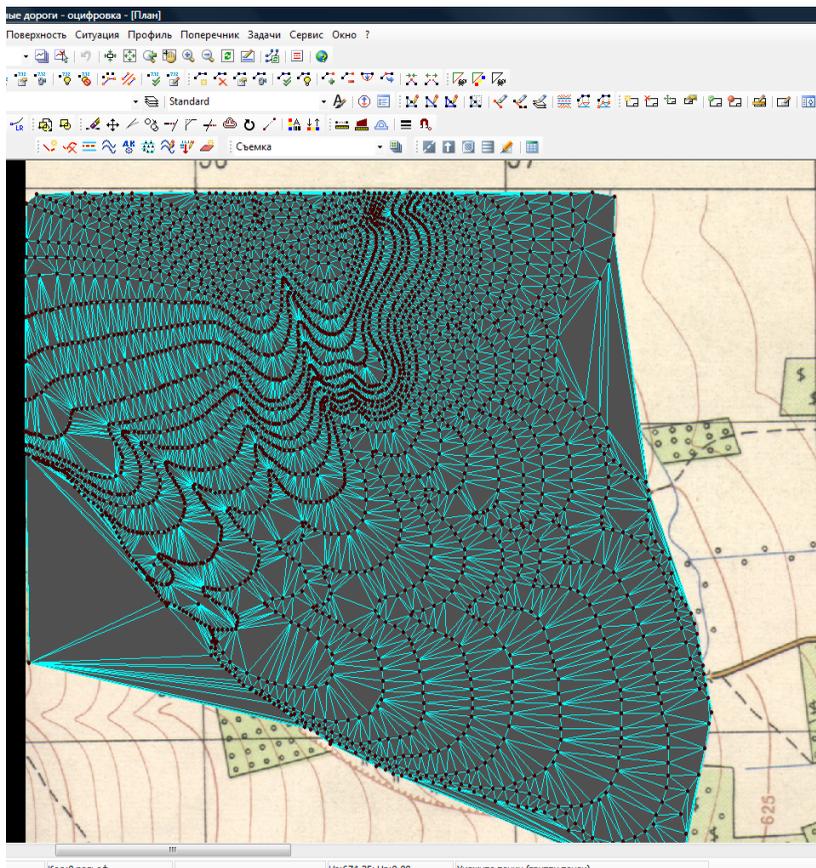


Рисунок 19

К недостаткам полученной модели можно отнести:

- погрешности в изгибах горизонталей;
- погрешности в построении поверхностей за пределами цифруемого фрагмента карты.

К первому роду погрешностей можно отнести выделенные красным цветом области на рисунке 20.

Для наглядности в Управляющих элементах установим видимость горизонталей с шагом горизонталей 1м.

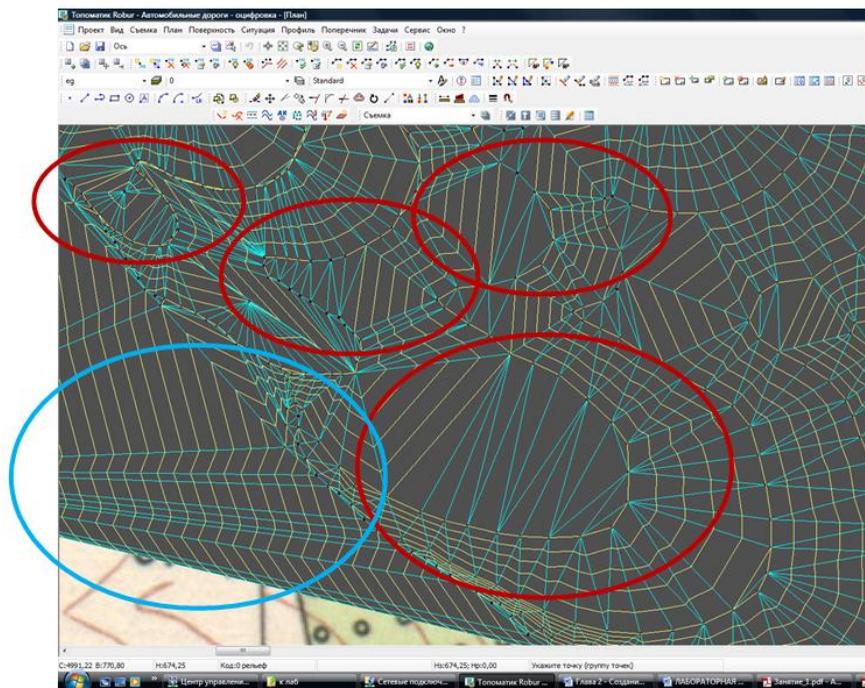


Рисунок 20

Ко второму роду погрешностей можно отнести выделенные синим цветом области на рисунке 20

Для улучшения первоначального варианта построения поверхности используется структурная линия.

Структурные линии – линии соединяющие точки поверхности и однозначно определяющие триангулирование участка поверхности [4].

Они обладают следующими свойствами:

- Каждый отрезок структурной линии при формировании цифровой модели рельефа в автоматическом режиме обязательно будет являться ребром треугольника. Следовательно, структурные линии позволяют однозначно определить характерные формы рельефа, такие как ось, кромки, бровки, подошвы насыпи, овраги, урезы рек и т. д.

- Структурные линии могут пересекаться между собой; с ребрами только в съёмочных точках, являющихся элементами этих линий.

– Разные структурные линии не могут иметь общих ребер.

В нашем случае структурная линия может быть использована для наложения запрета на построение ребер, соединяющих точки одной горизонтали.

Ввод структурных линий [4].

Чтобы ввести структурную линию:

- выберите элемент меню **Поверхность/ Структурная линия/ Ввести**. На экране появится графический курсор;
- укажите последовательно съемочные точки поверхности в том порядке, в котором создаются структурные линии. Точки выбираются нажатием левой кнопки мыши. При нажатии правой кнопки ввод структурной линии заканчивается и на экране открывается окно **Свойство структурной линии**;

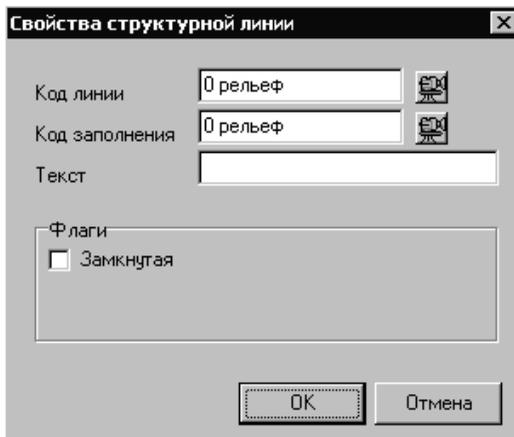


Рисунок 21 Окно Свойства структурной линии

- задайте при необходимости коды структурной линии и необязательный текст.

После ввода структурных линий повторите Триангуляцию поверхности. Результат будет улучшен по сравнению с рисунком 20.

Оцифровка картографического материала в ROBUR

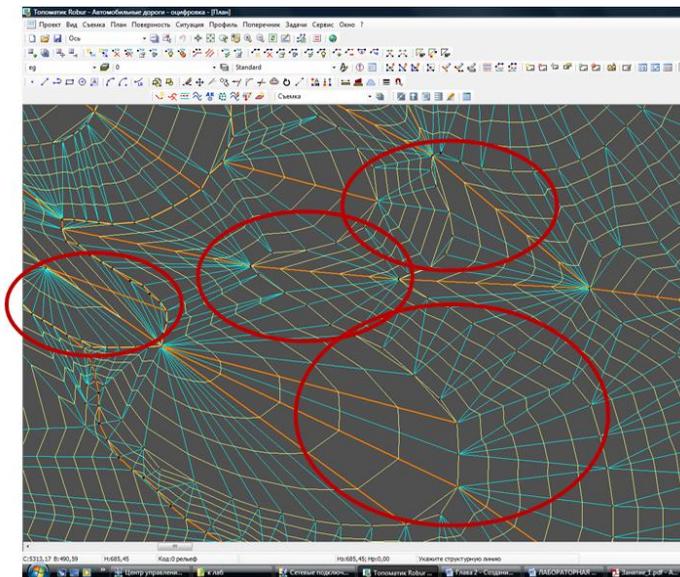


Рисунок 22

Для удаления ошибки по краям фрагмента очертим фрагмент структурной линией, используя ее в качестве границы триангуляции, используйте команду Поверхность/Построить внутри контура.

Оставшиеся неточности следует откорректировать вручную. Для этого можно удалять существующие ребра и строить новые, а также использовать **флип**-поворот ребра в прямоугольнике (Рисунок 23).

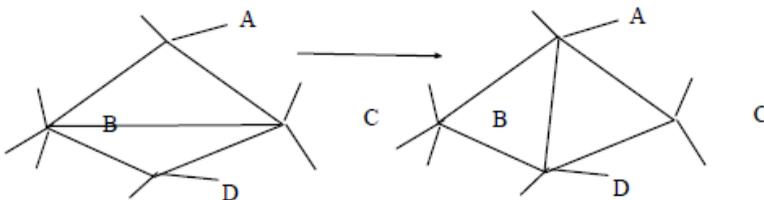


Рисунок 23

Оцифровка картографического материала в ROBUR

Для редактирования используется контекстное меню ребра (Рисунок 24). Кроме рассмотренных команд имеются :

- **Перевернуть и зафиксировать** – функция работает также, как и функция **Перевернуть**, но с той разницей, что она позволяет сохранить изменения положения ребра при повторном построении поверхности (перевернутое диагональное ребро сохраняется как структурная линия);
- **Разбить** – разбивает выбранный четырехугольник (состоящий из двух треугольников, разделенных выбранным ребром) на 4 треугольника, путем достраивания ещё одного диагонального ребра и установки точки (воспринимаемой как съёмочной) в месте пересечения двух диагональных ребер. При повторном построении поверхности разбитый четырехугольник появиться вновь;
- **Свойства** – выводит диалоговое окно с информацией о номере соединяемых ребром съёмочных точках и о коде ребра

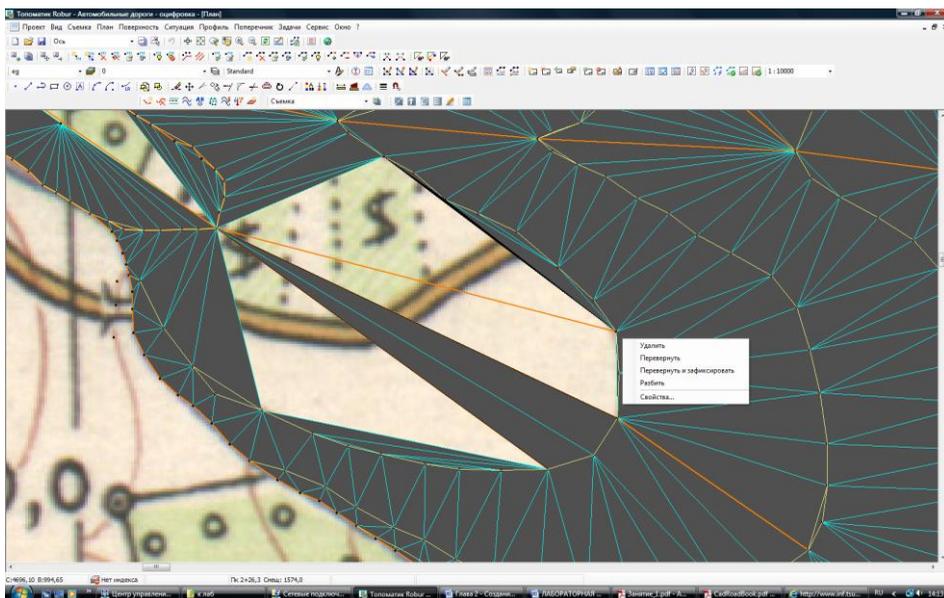


Рисунок 24

В результате, окончательная модель должна быть избавлена от ошибок первого и второго рода (Рисунок 25) .

Оцифровка картографического материала в ROBUR

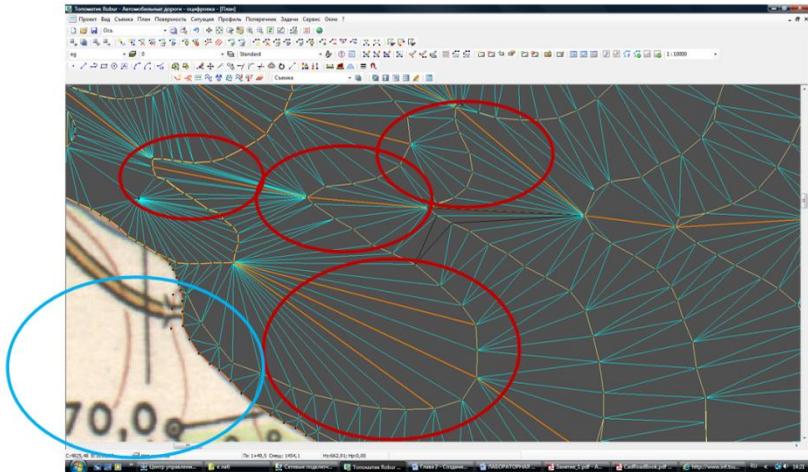


Рисунок 25

Критерием адекватности оцифрованного фрагмента в лабораторной работе является графическое совпадение полученных в результате сечений модели горизонталей с их исходным положением на бумажной карте.

Для сравнения настроить Управляющие элементы следующим образом:

Установить видимость растровой подложки и Поверхности, из видимых элементов поверхности отметить только Горизонтали, в нижней части окна установить соответствующий карте шаг горизонталей (в примере он равен 5 метрам) (Рисунок 26).

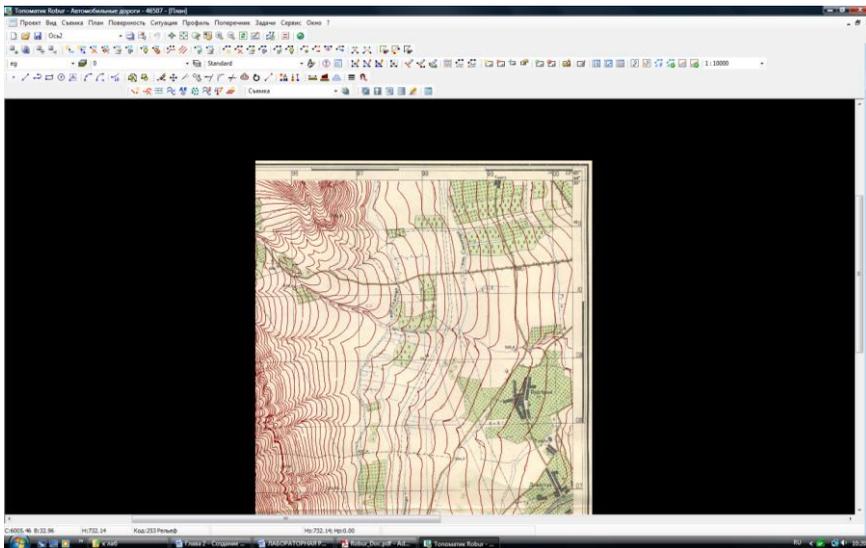


Рисунок 26

Созданная поверхность по умолчанию будет названа **eg**.

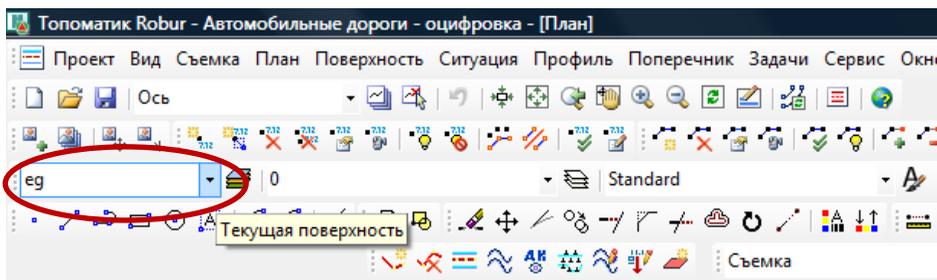


Рисунок 27

Окно управления поверхности предназначено для:

- создания новых поверхностей;
- удаления существующих поверхностей;
- изменения свойств поверхности.



ЛИТЕРАТУРА

1. EASY TRACE PRO Руководство пользователя Ver. 9.x
2. ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА "КАРТА 2011" Руководство пользователя Версия 11 // Панорама 1991-2013 Ногинск www.gisinfo.ru
3. Технологии создания цифровых картографических данных. Средства оцифровки карт с твердой основы. Г.В. Копаев //ГИС-Ассоциация <http://e-lib.gasu.ru/eposobia/gis/5.html>
4. ТОПОМАТИК ROBUR Автомобильные доги Руководство пользователя Версия 7// Санкт-Петербург, – 2007
5. Бойков В.Н., Федотов Г.А., Пуркин В.И. Автоматизированное проектирование автомобильных дорог на примере IndorCAD/Road / Томск – 2005
6. <http://gis-lab.info/docs/giscourse/contents.html> Введение в геоинформационные системы. Работа с векторными данными.