



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ДГТУ)**

Факультет «Дорожно-транспортный»  
Кафедра «Автомобильные дороги»

Зав. кафедрой «Автомобильные дороги»  
\_\_\_\_\_ к.т.н., доц. Николенко Д.А.  
подпись

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 г.

**Методические указания  
для выполнения лабораторных работ по дисциплине  
«Информационные технологии при проектировании транспортных  
сооружений»**

Направление подготовки 08.03.01 «Строительство»  
Профиль: «Автомобильные дороги»

Ростов-на-Дону  
2022

### **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
<b>ЛИТЕРАТУРА .....</b>	<b>33</b>

## 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.

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. Восемьбитное 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- $20 \cdot 0,3937 = 7,874$  дюйма; Ширина фрагмента по вертикали - $24 \cdot 0,3937 = 9,4488$  дюйма По вертикали:  $9,4488 \cdot 300 = 2835$  точек.

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

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

Для получения качественного цветного изображения надо не менее 256 оттенков для каждого базового цвета. В модели RGB соответственно их 3: красный, зеленый и синий.

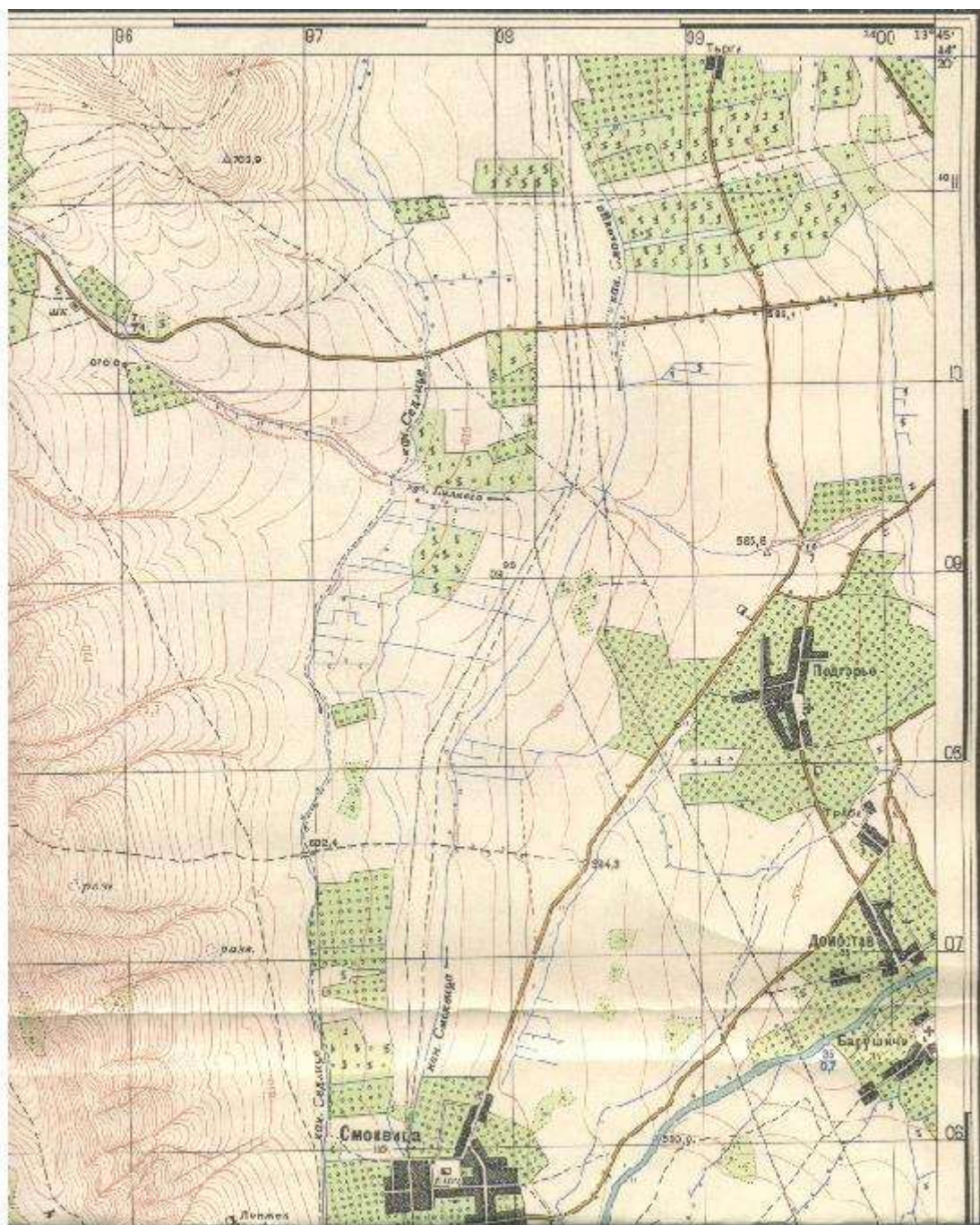
Получаем общее количество байт – 3 на каждый пиксел. Соответственно, размер хранимого изображения составляет 19,16 Мб (мегабайт — 1024 килобайтам или 1 048 576 байтам). При этом объем информации не зависит от плотности заполнения листа объектами.

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.





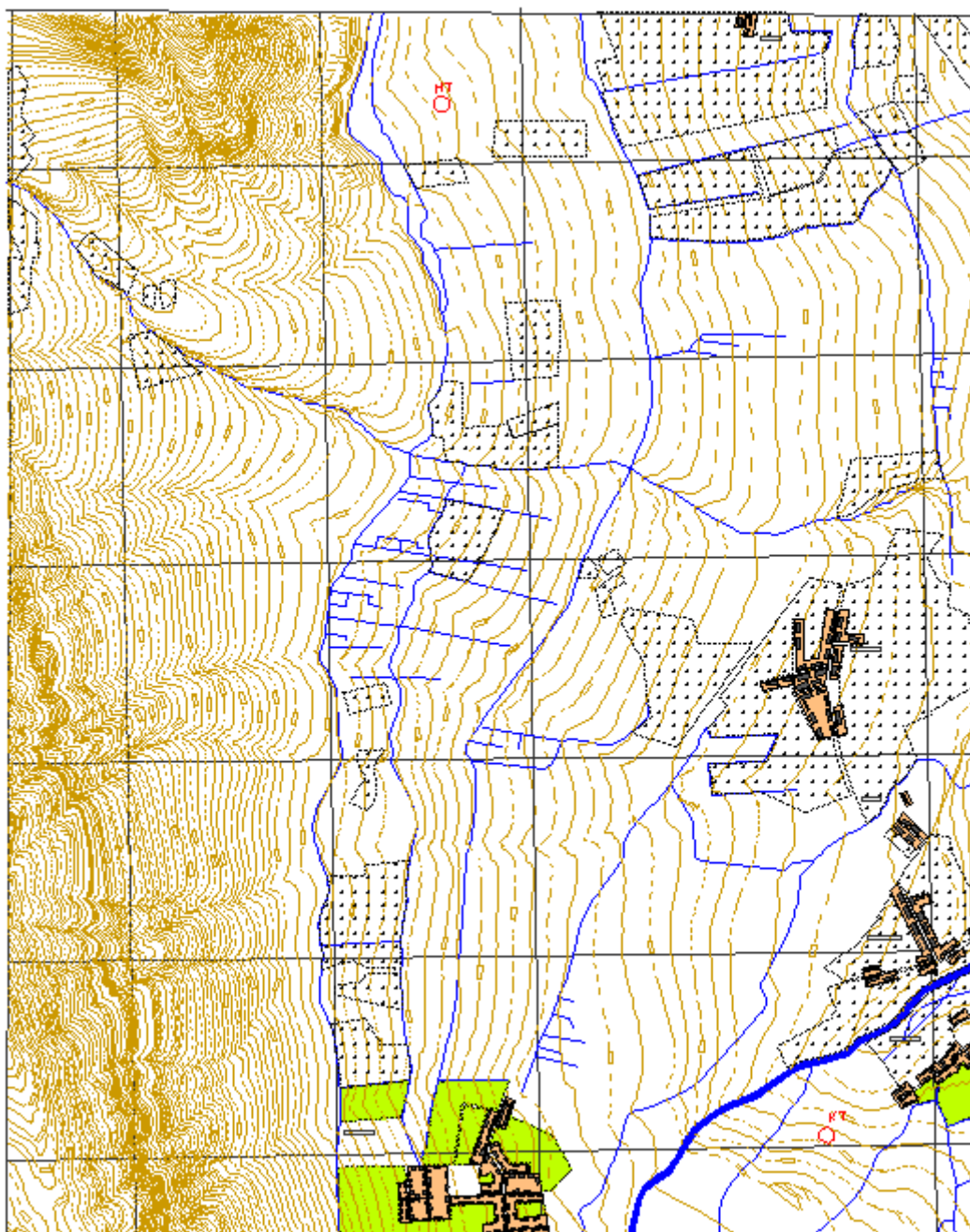


Рисунок 1 Растровое и векторное представление карт

**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);

□ AutoVEC(IFS, Россия) □ -GeoDraw (ЦГИ ИГ РАН), □ -IntelVec (АОЗТ "Тетраком").

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 сравнительно 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.



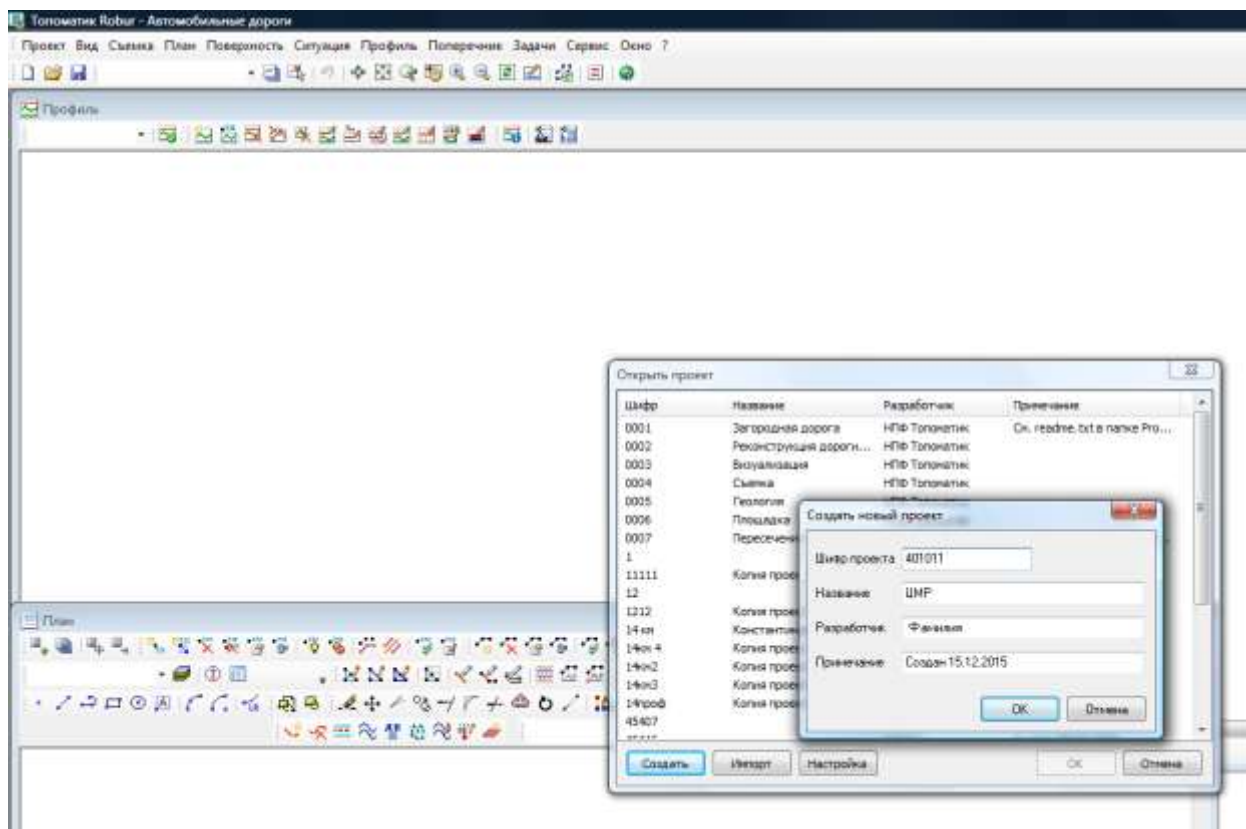


Рисунок 2 Создание нового проекта

## 6.2 Открытие проекта

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

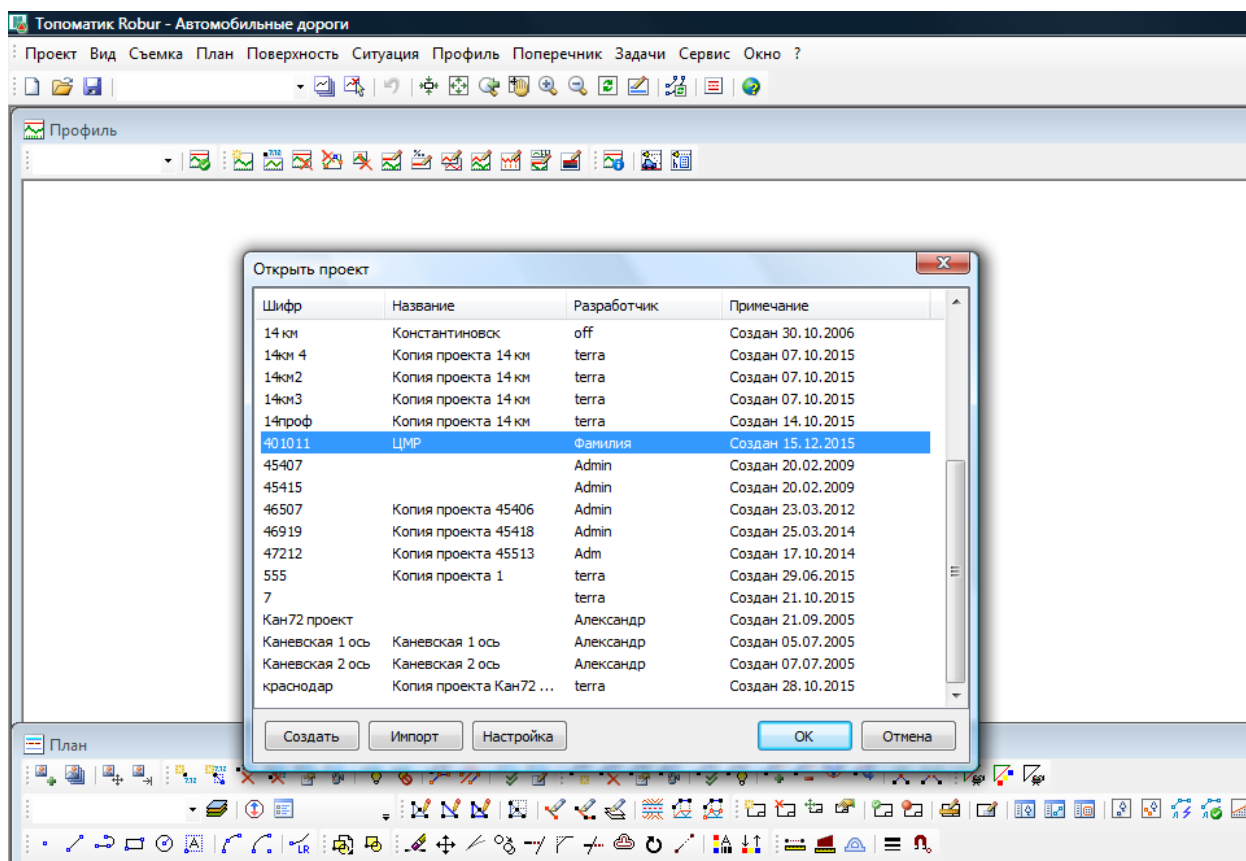


Рисунок 3

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

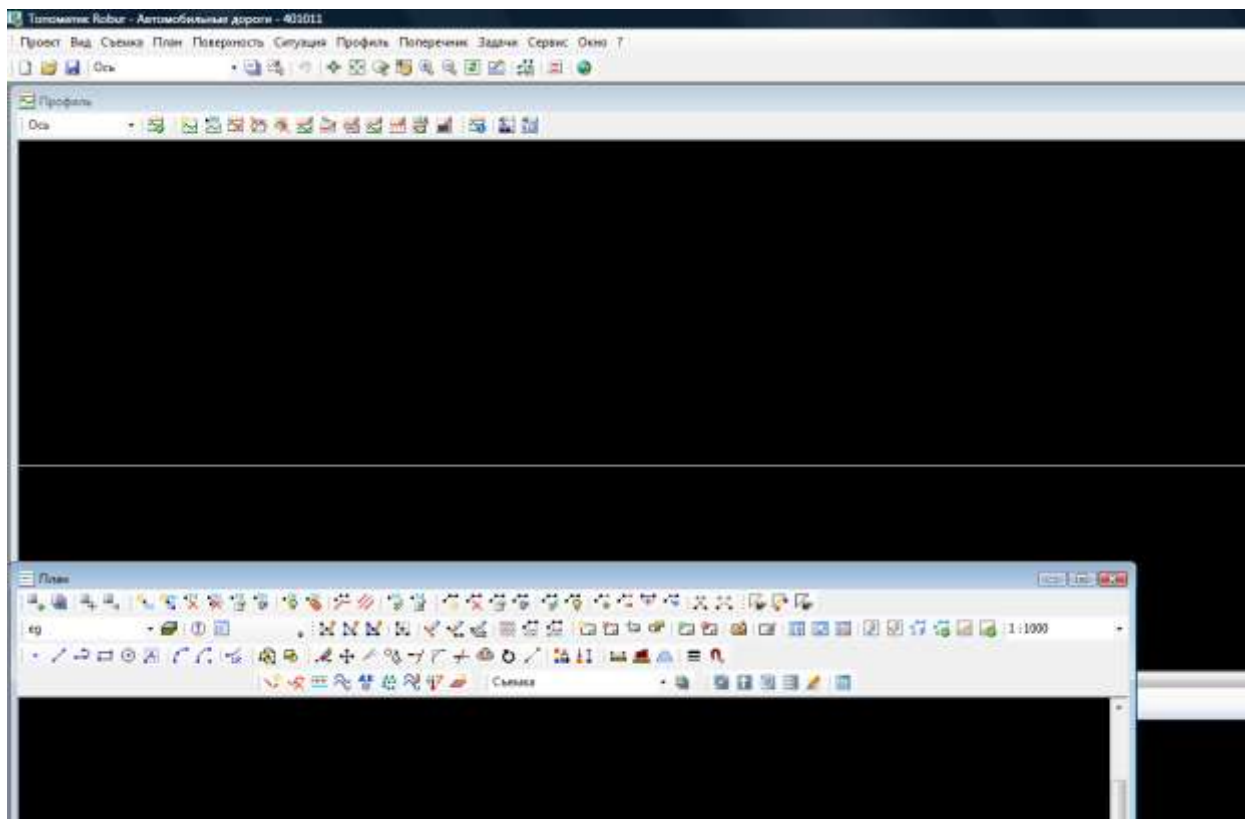


Рисунок 4

### 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.

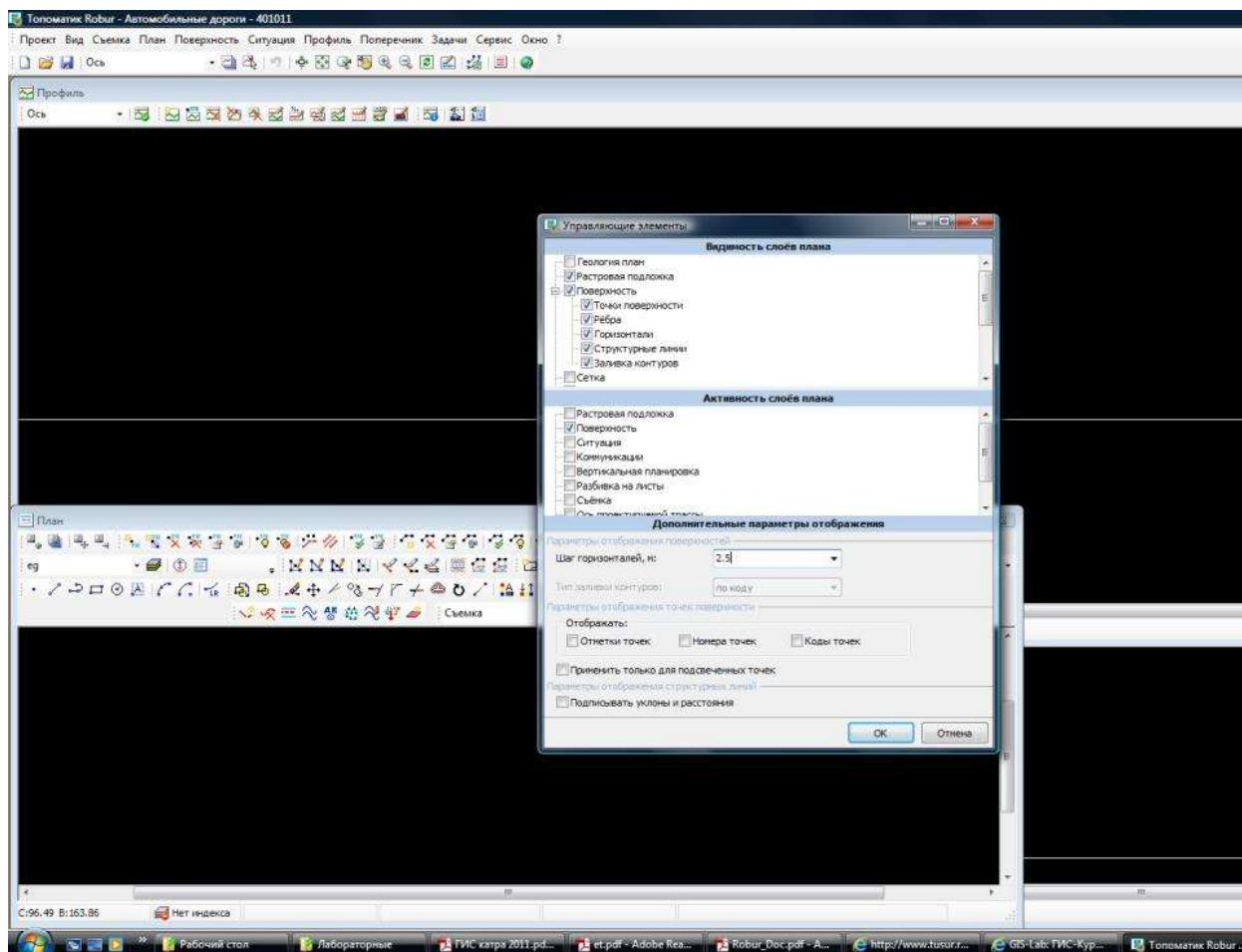


Рисунок 5

**Активность слоев** разрешает или запрещает возможность изменения соответствующих элементов при помощи мыши, а также 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).

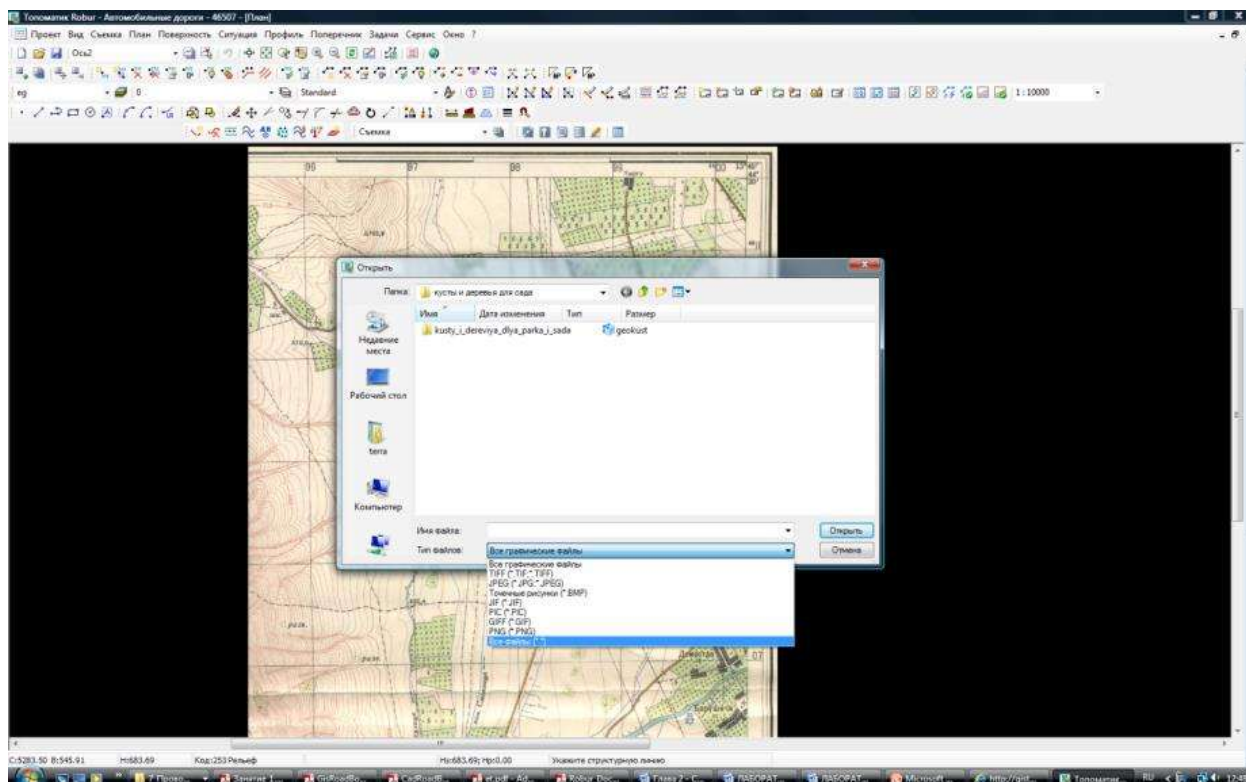


Рисунок 6

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.

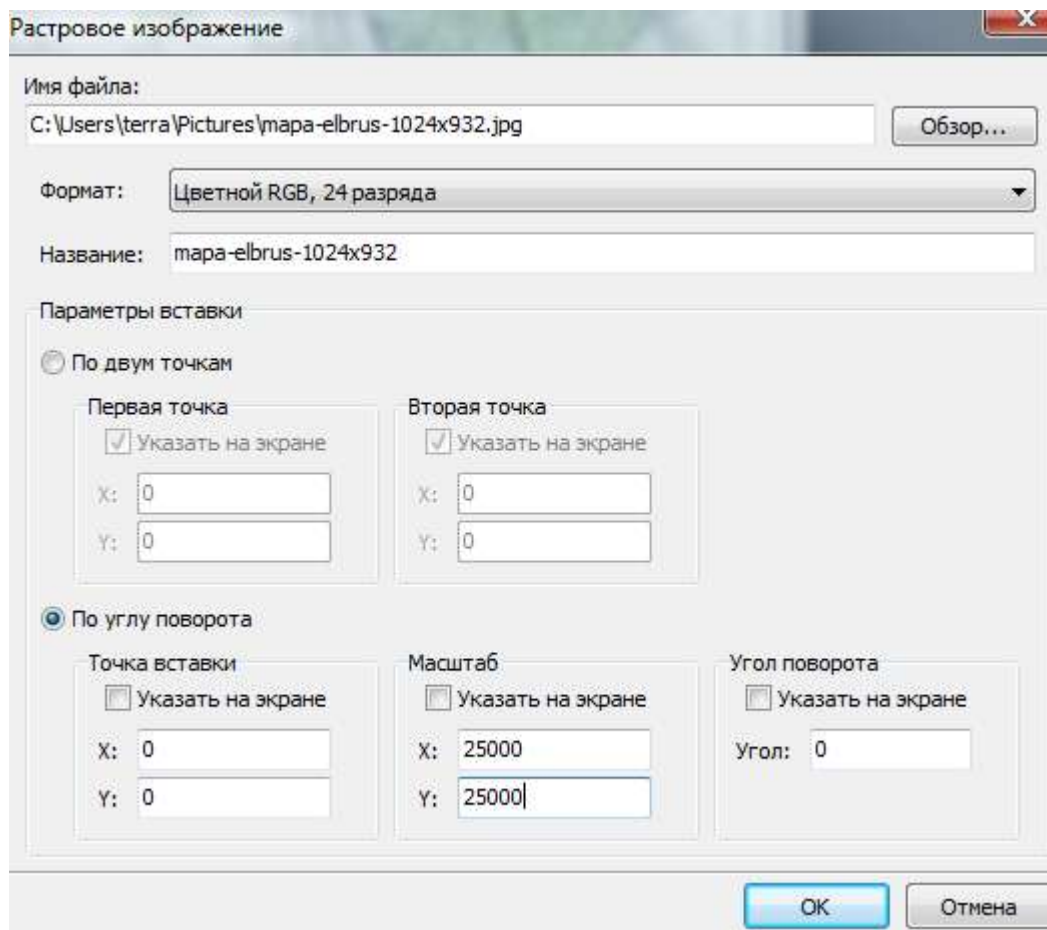


Рисунок 7

## 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.

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.



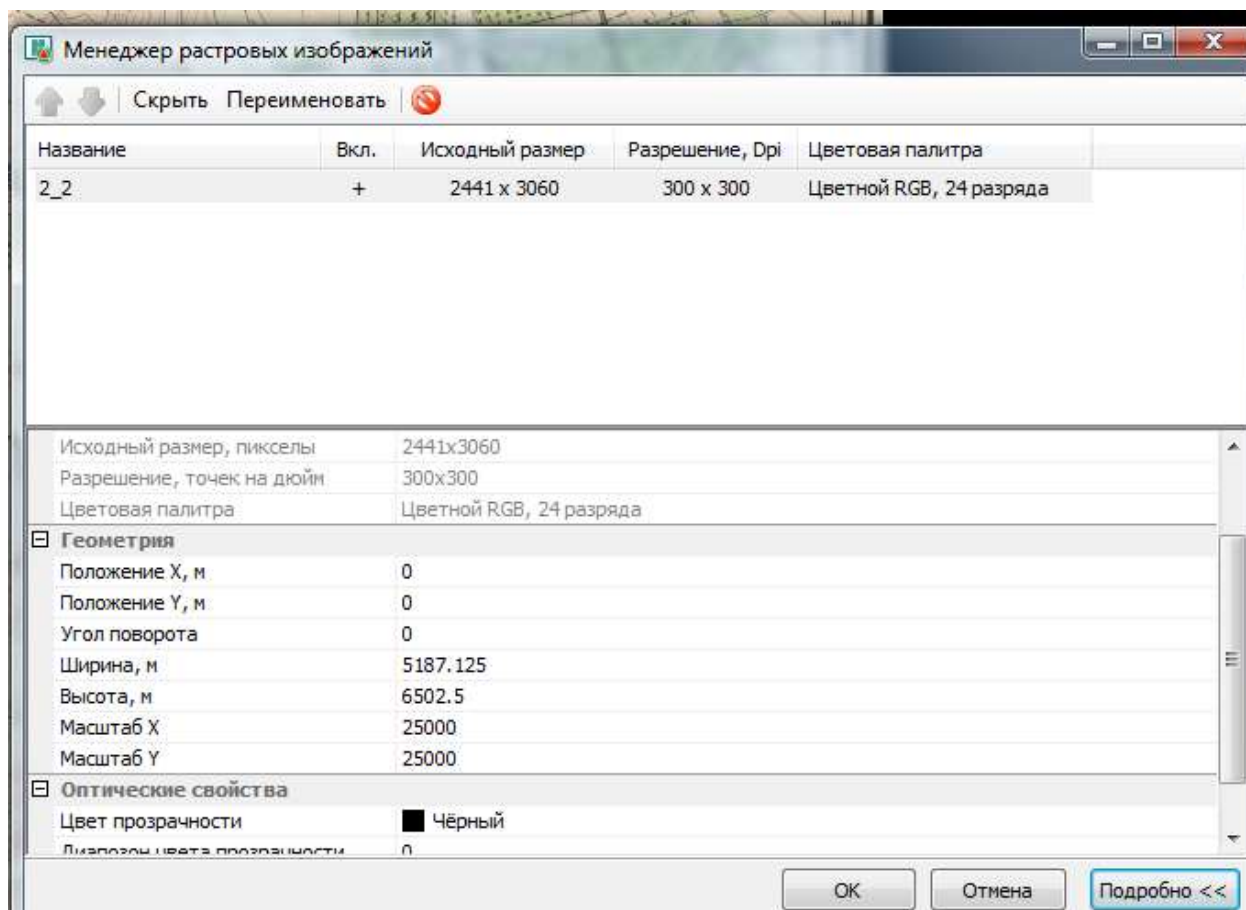


Рисунок 8

### 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.

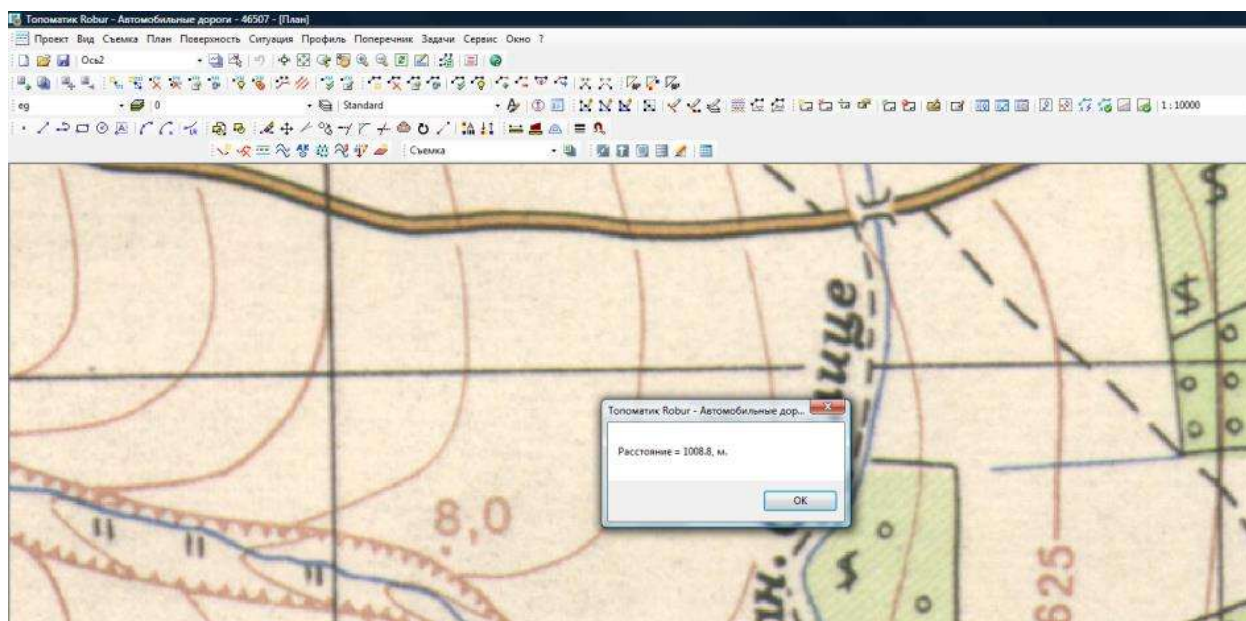


Рисунок 9

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.

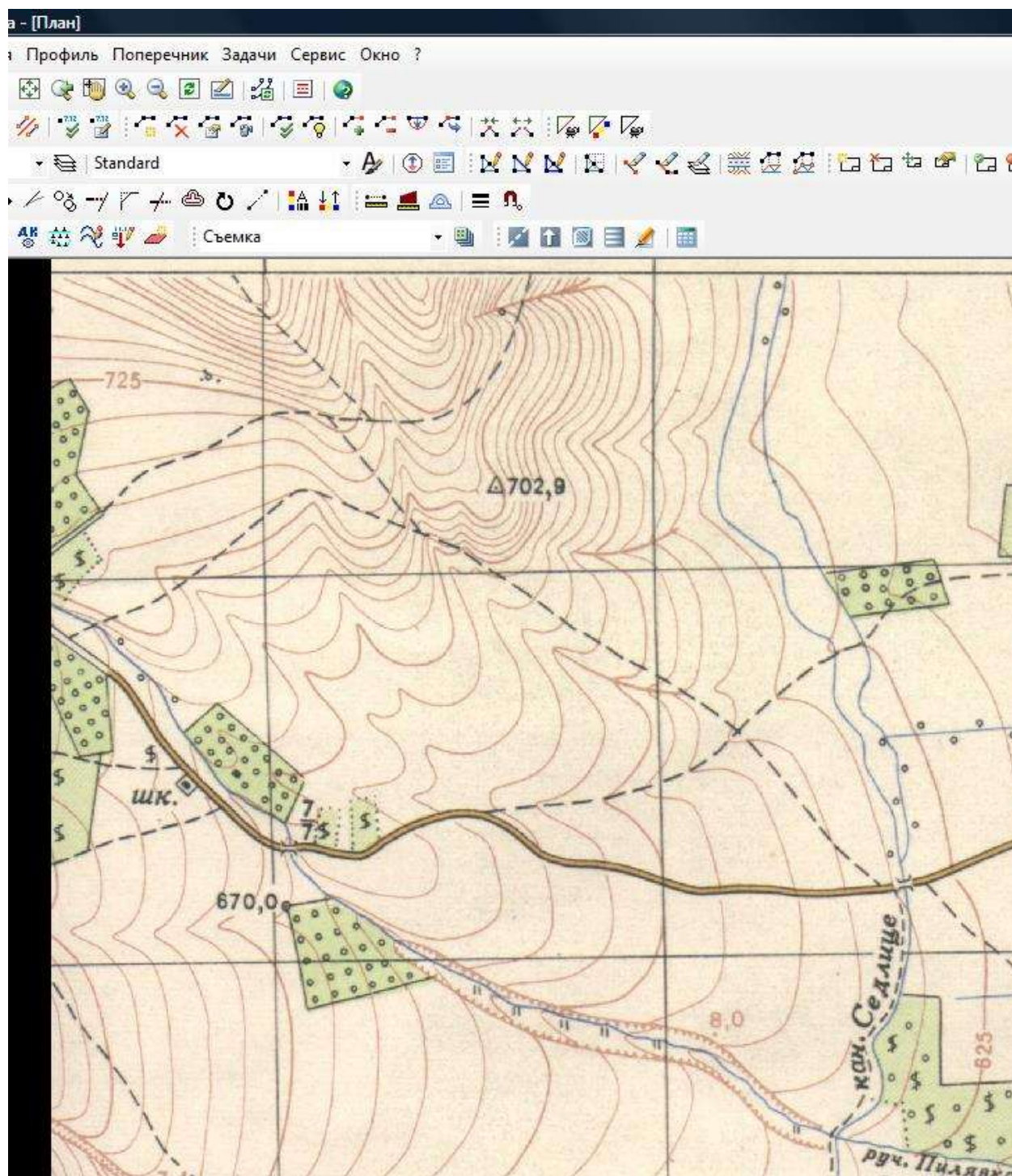


Рисунок 10 Заданные границы фрагмента оцифровки

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



Рисунок 11

В окне внести 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 последовательностью 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)

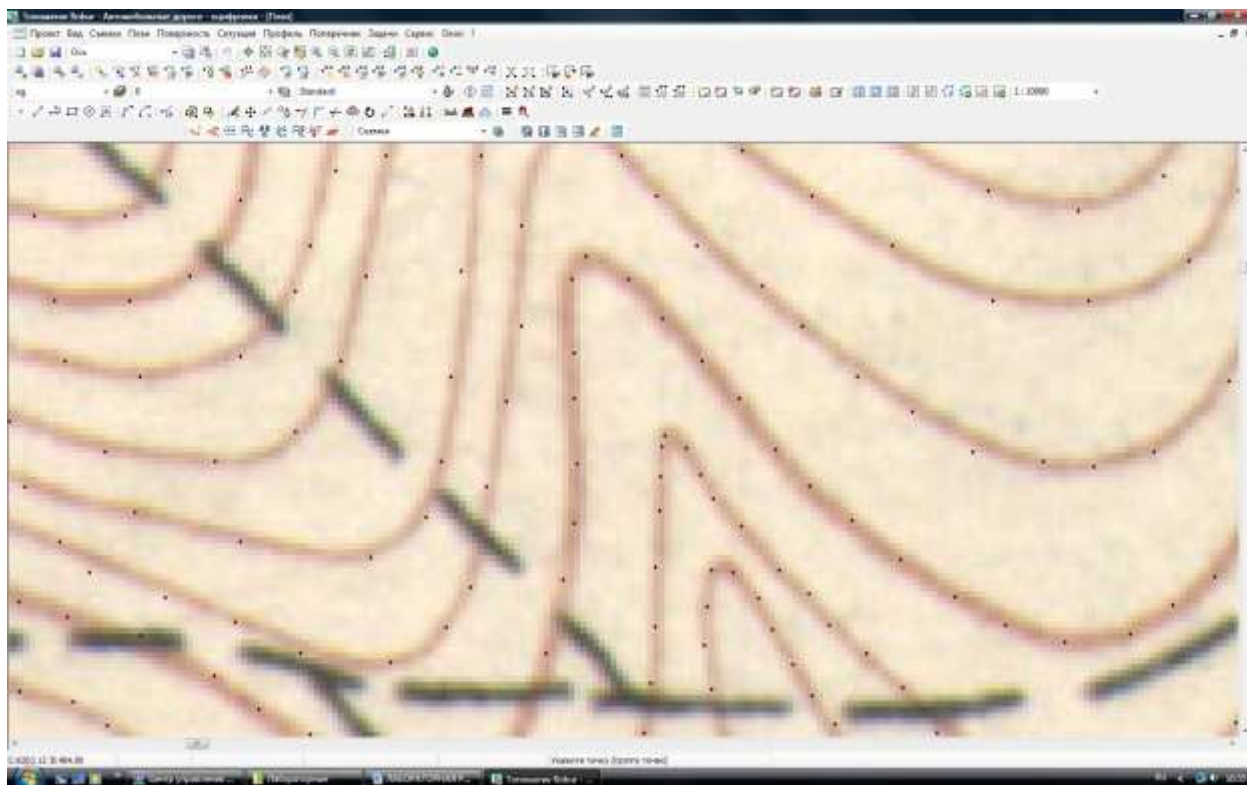


Рисунок 13

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.



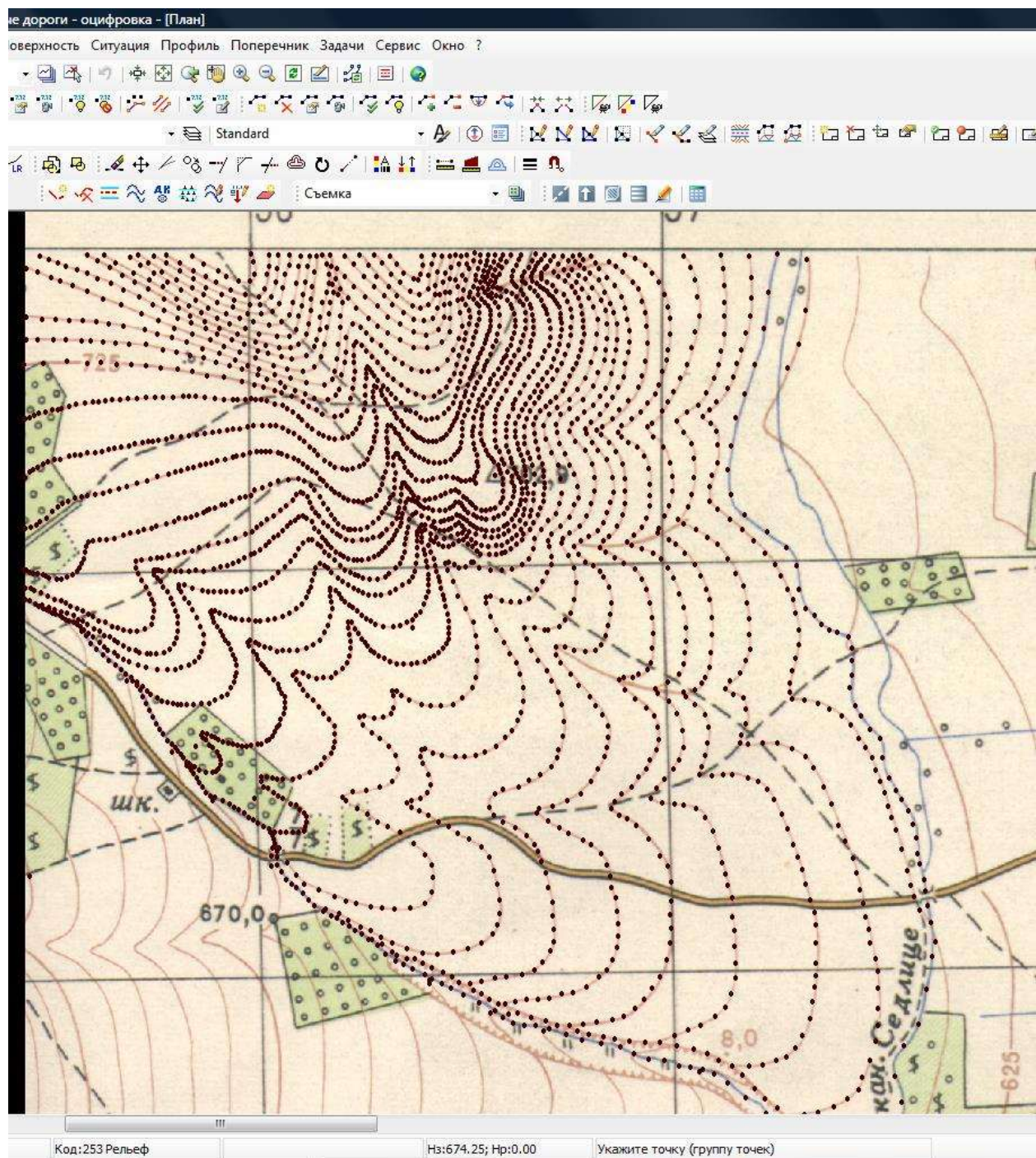


Рисунок 14

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).



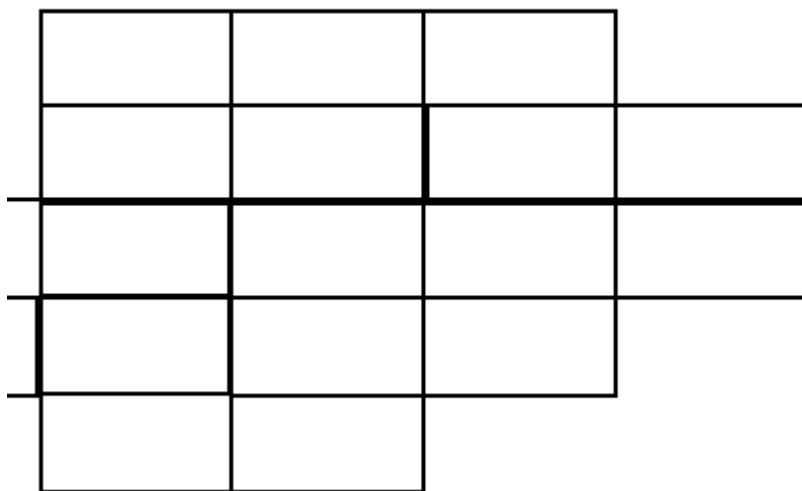


Рисунок 15

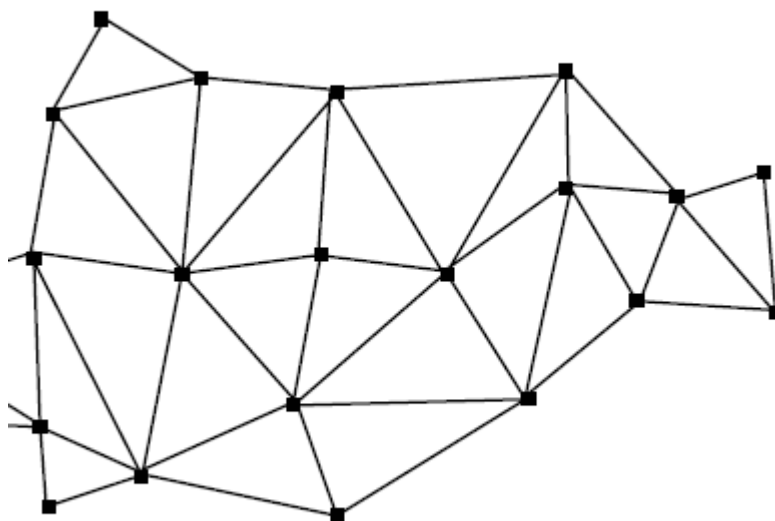


Рисунок 16

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:

$\Sigma X_i, Y_i, Z_i, T_i, R_i, Li$ , где  $X_i, Y_i, Z_i$  – координаты  $i$ -той точки (массив  $i = 1, \dots, k$ );  $T_i, R_i, Li$  – соответственно принадлежность  $i$ -той точки  $T_i$  треугольнику, связь  $i$ -той точки с  $R_i$  и  $Li$  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).

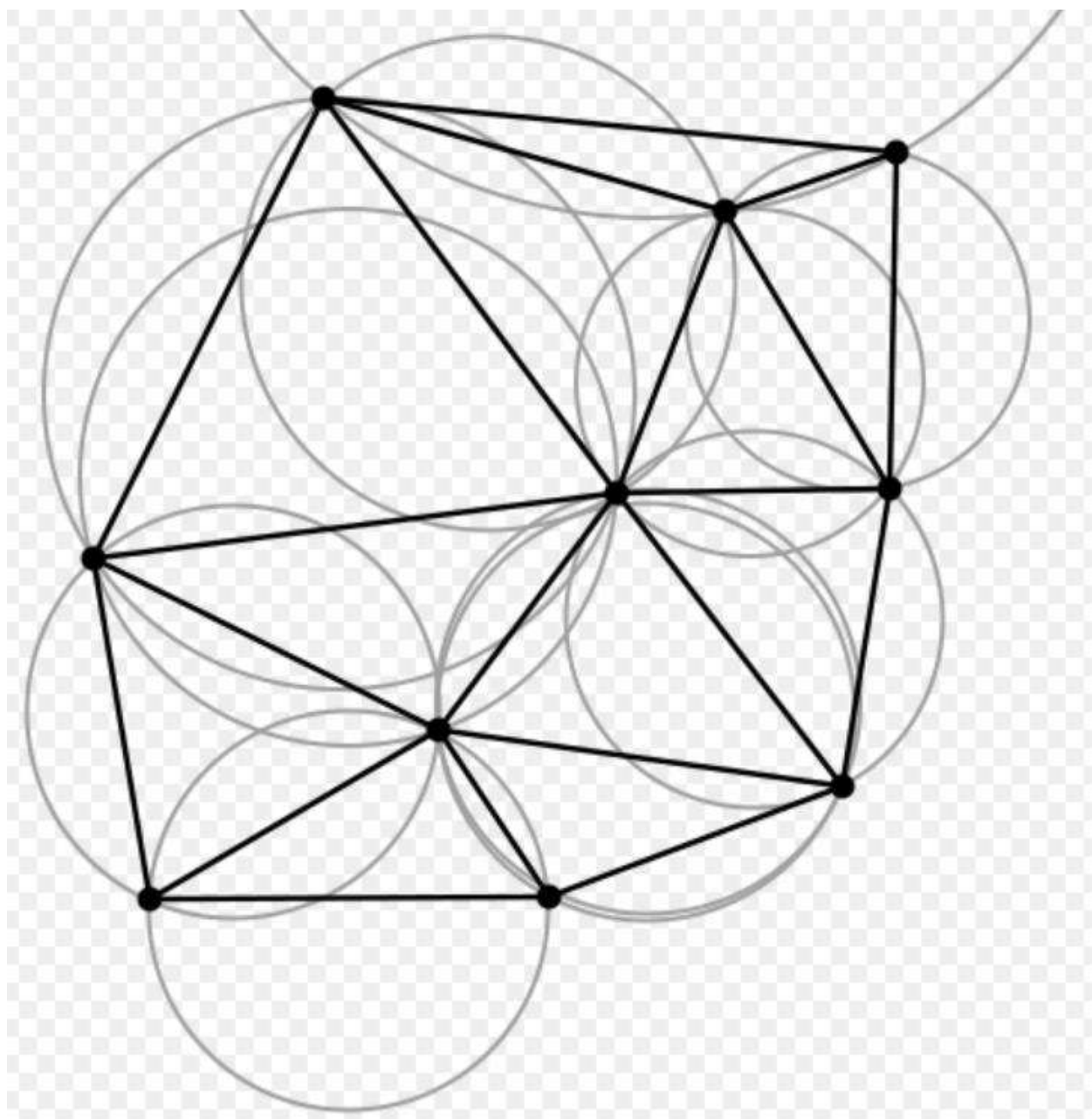


Рисунок 17

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

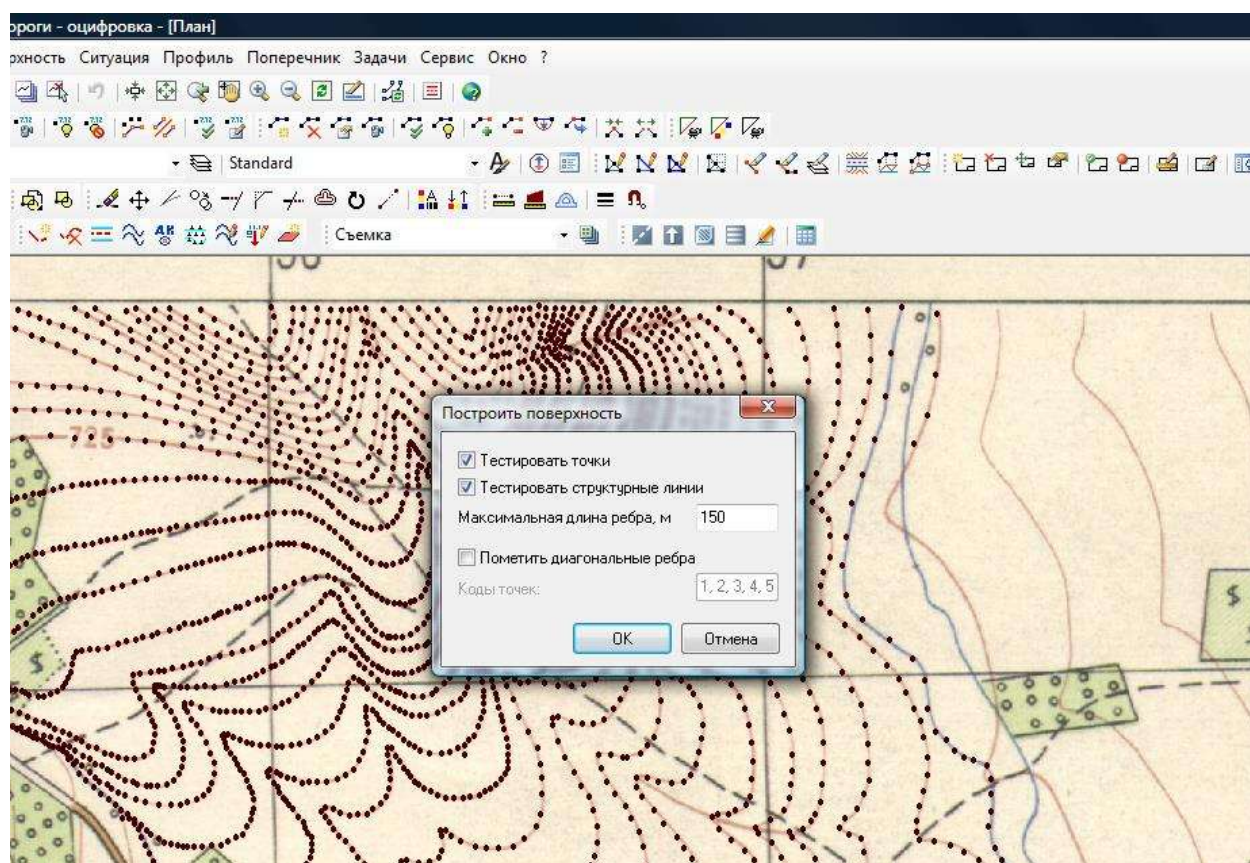


Рисунок 18

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



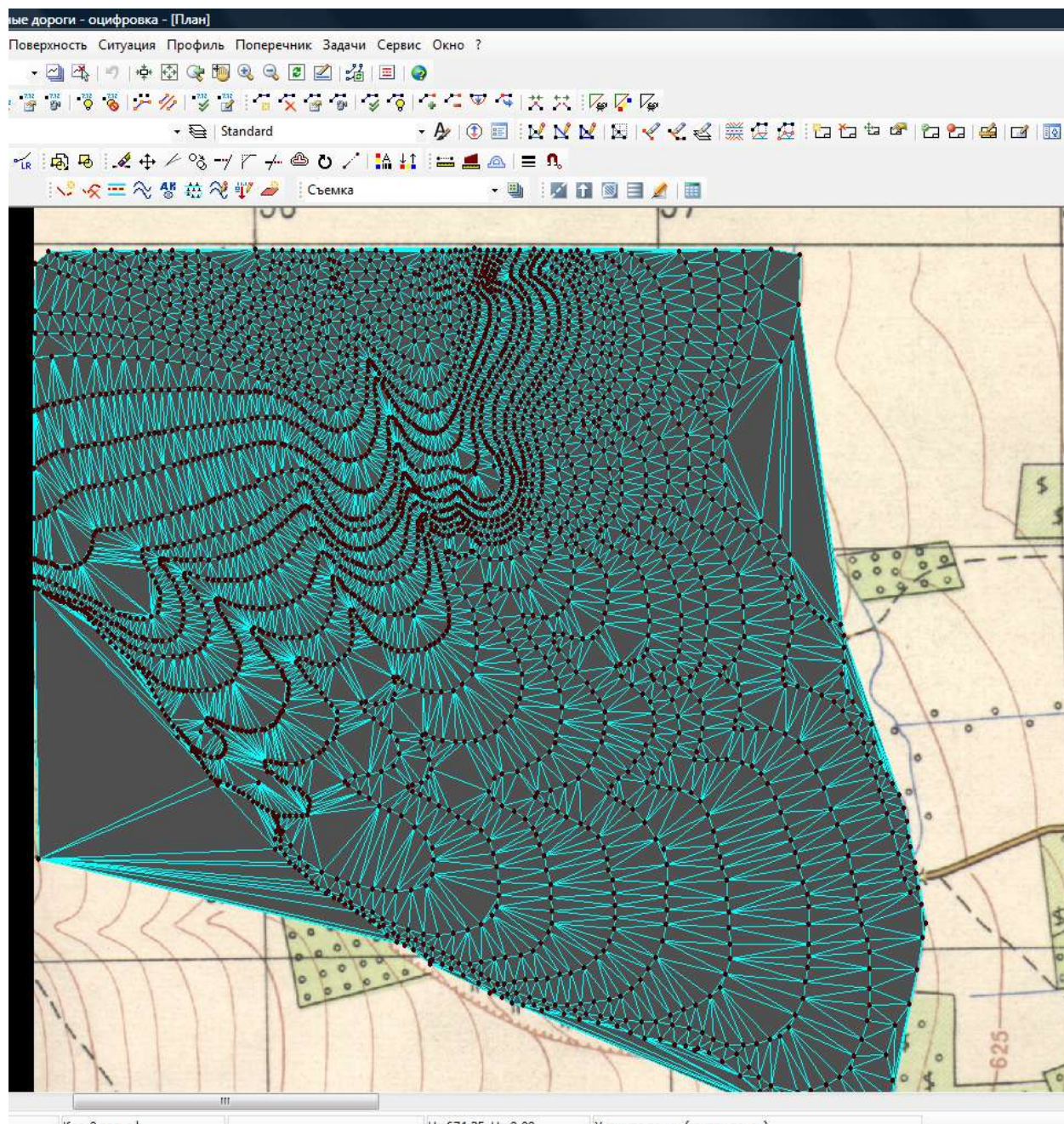


Рисунок 19

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.



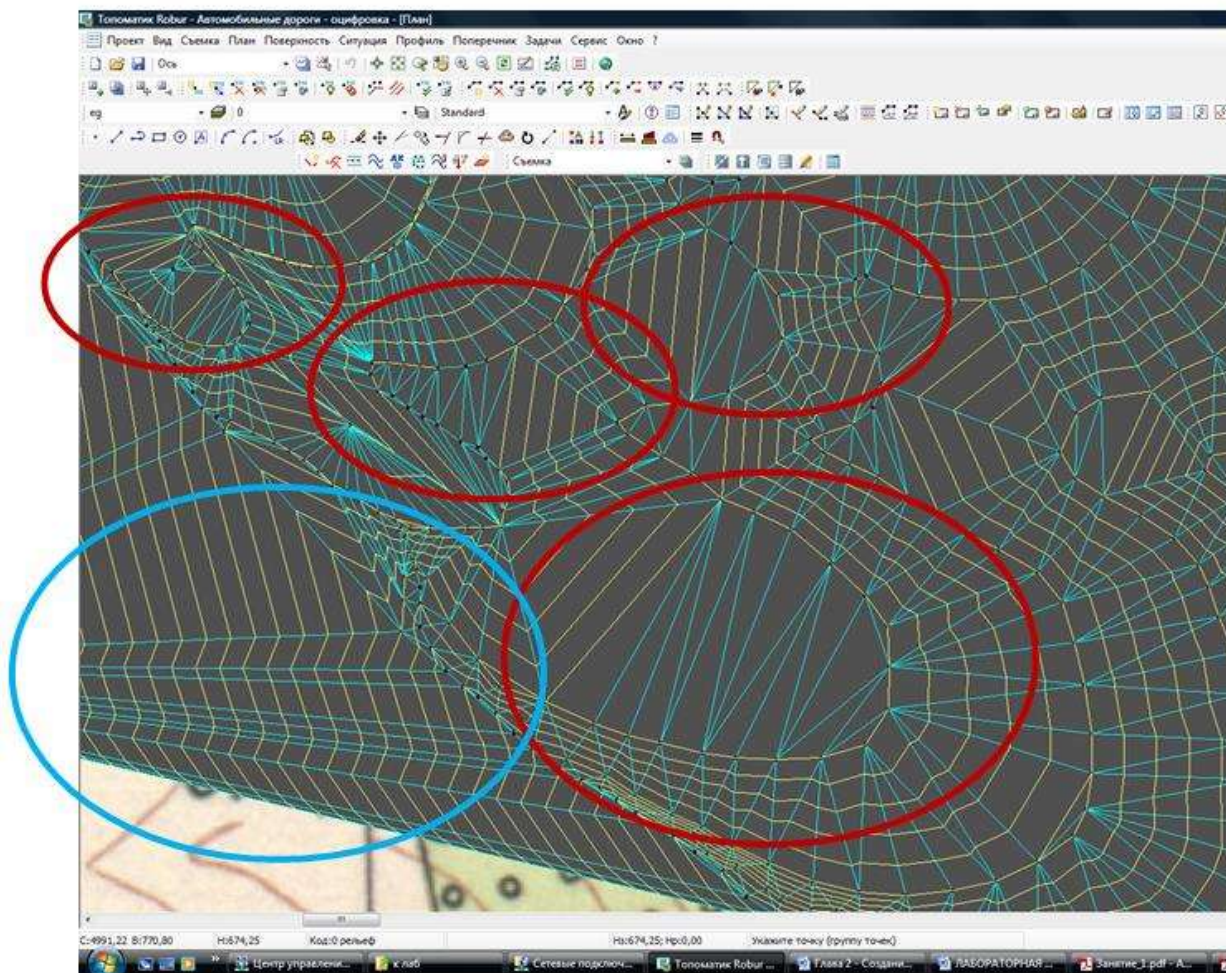


Рисунок 20

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 съемочных 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**;



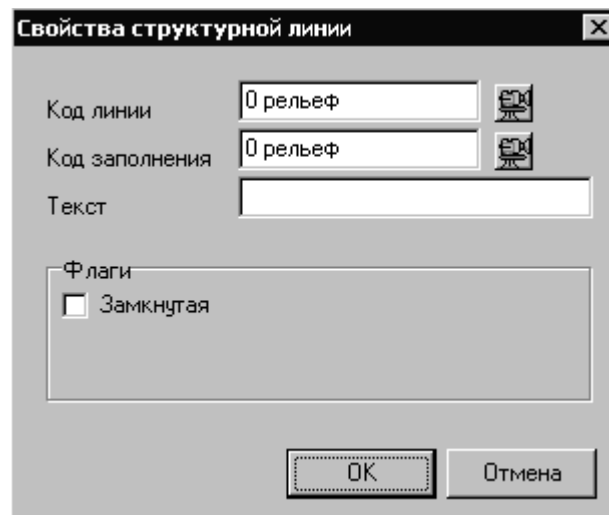


Рисунок 21 Окно Свойства структурной линии

☐ задайте при необходимости коды структурной линии и необязательный текст. После ввода структурных линий повторите Триангуляцию поверхности. Результат будет улучшен по сравнению с рисунком 20.

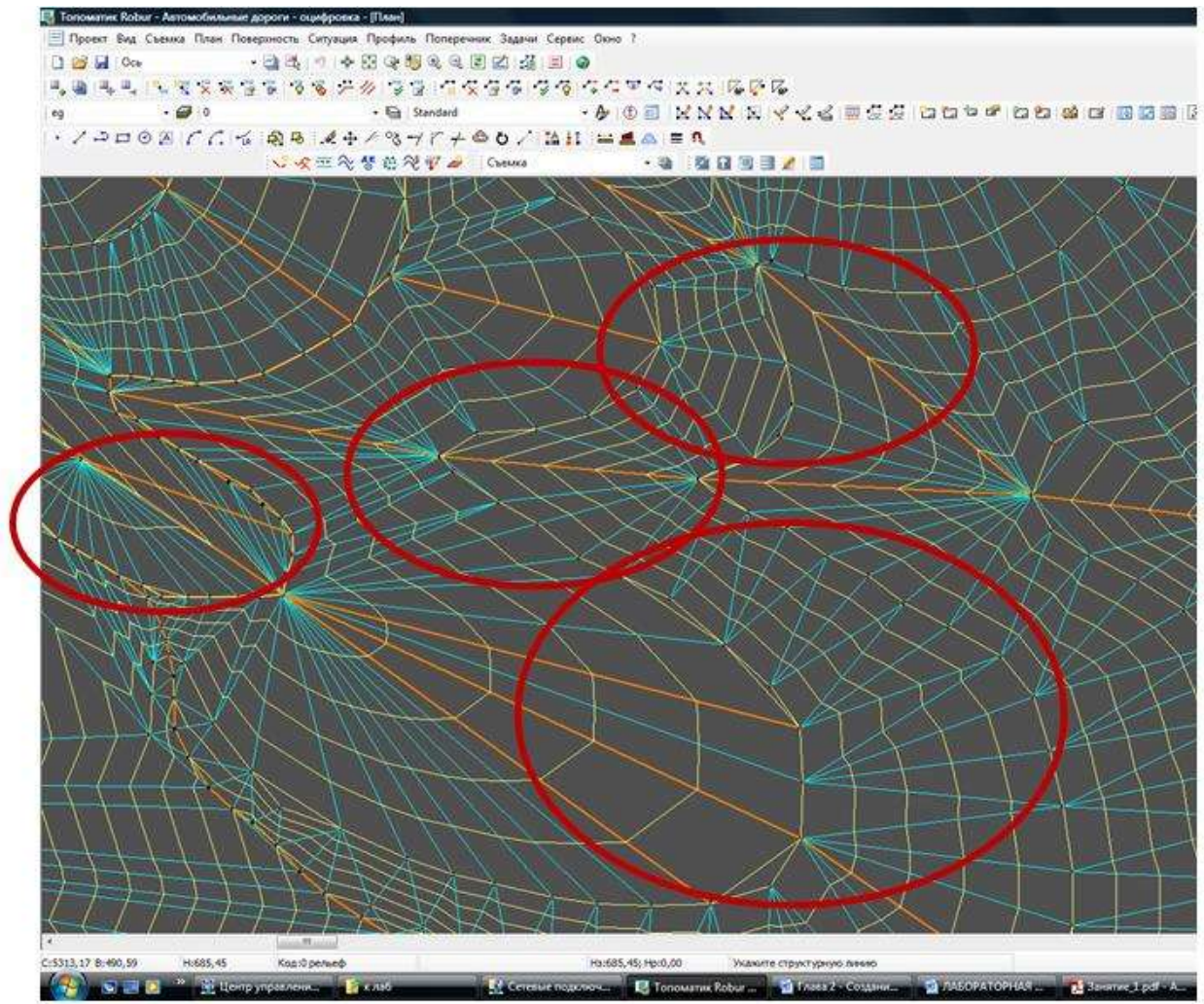


Рисунок 22

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).

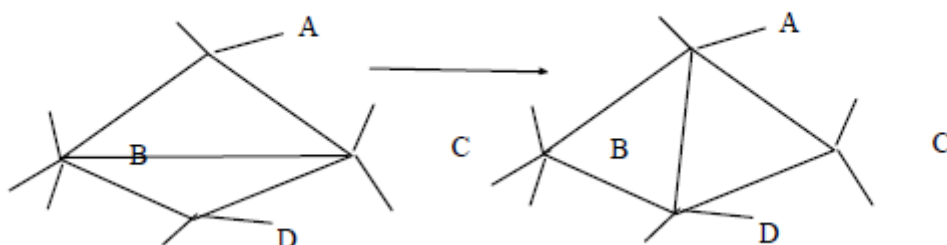


Рисунок 23

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 съемочной) в месте пересечения двух диагональных ребер. При повторном построении поверхности разбитый четырехугольник появиться вновь; ☐ **Свойства** – выводит диалоговое окно с информацией о номере соединяемых ребром съемочных точек и о коде ребра

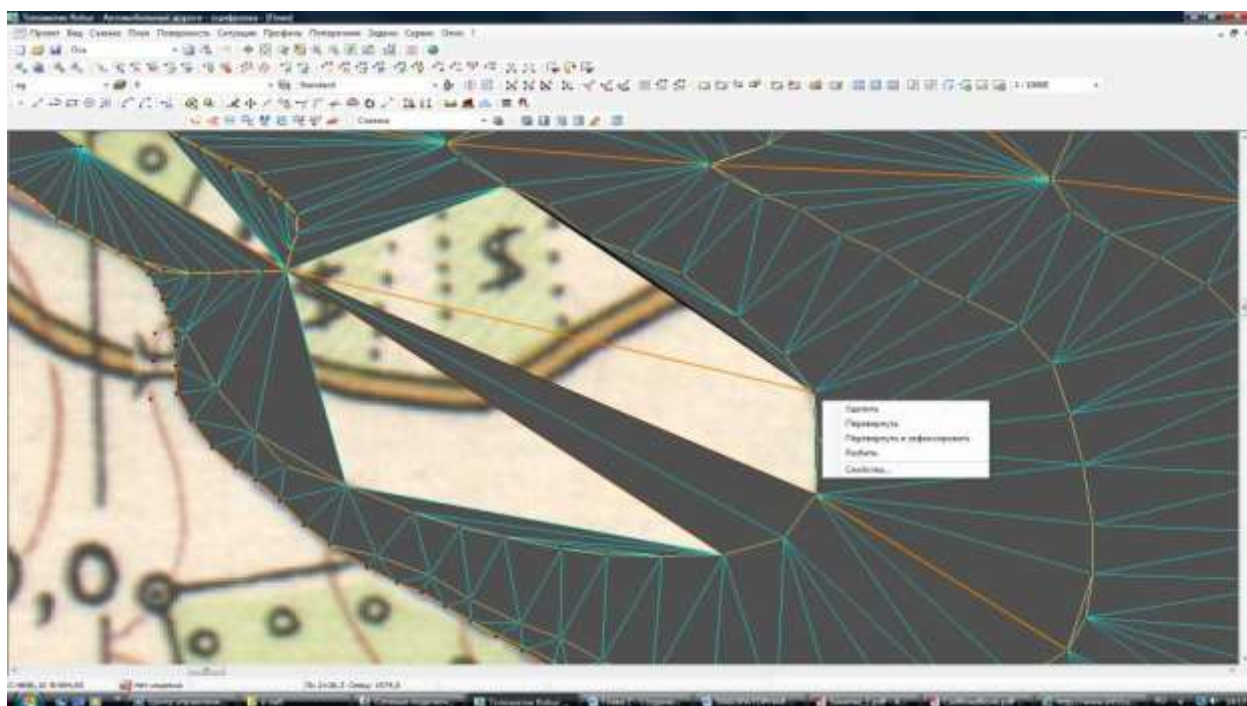


Рисунок 24



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

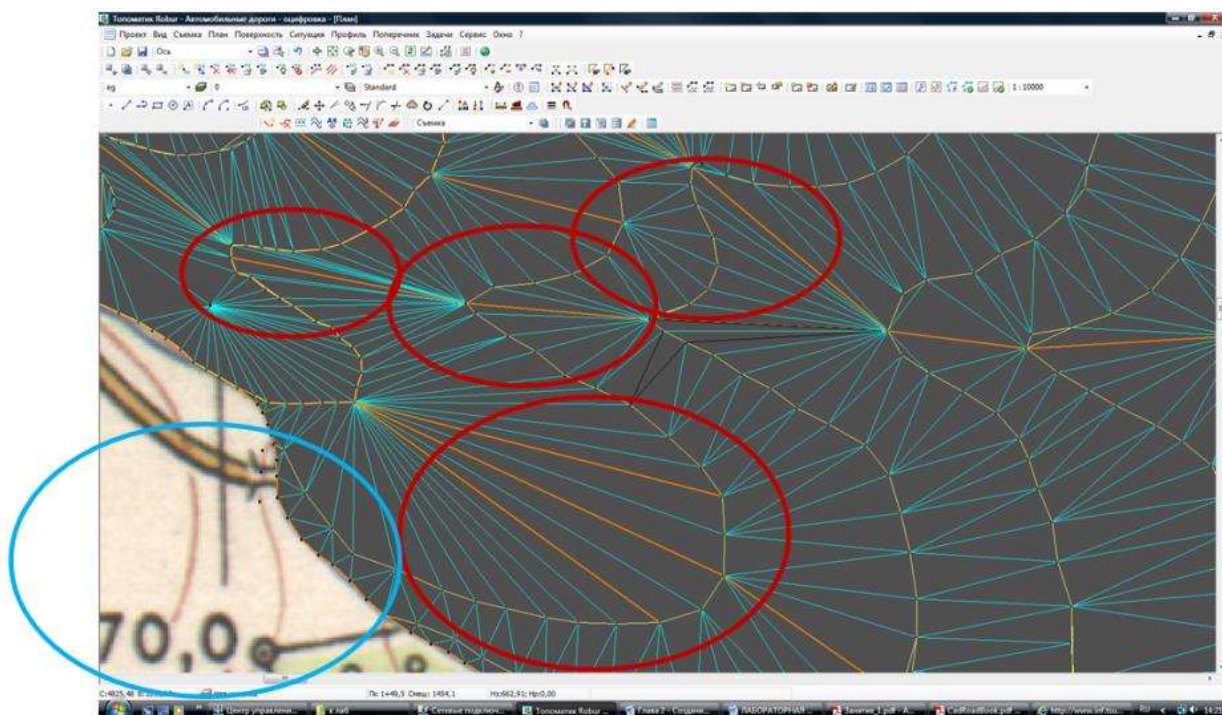


Рисунок 25

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 Горизонтالي, в нижней части окна установить соответствующий карте шаг горизонталей ( в примере он равен 5 метрам) (Рисунок 26).

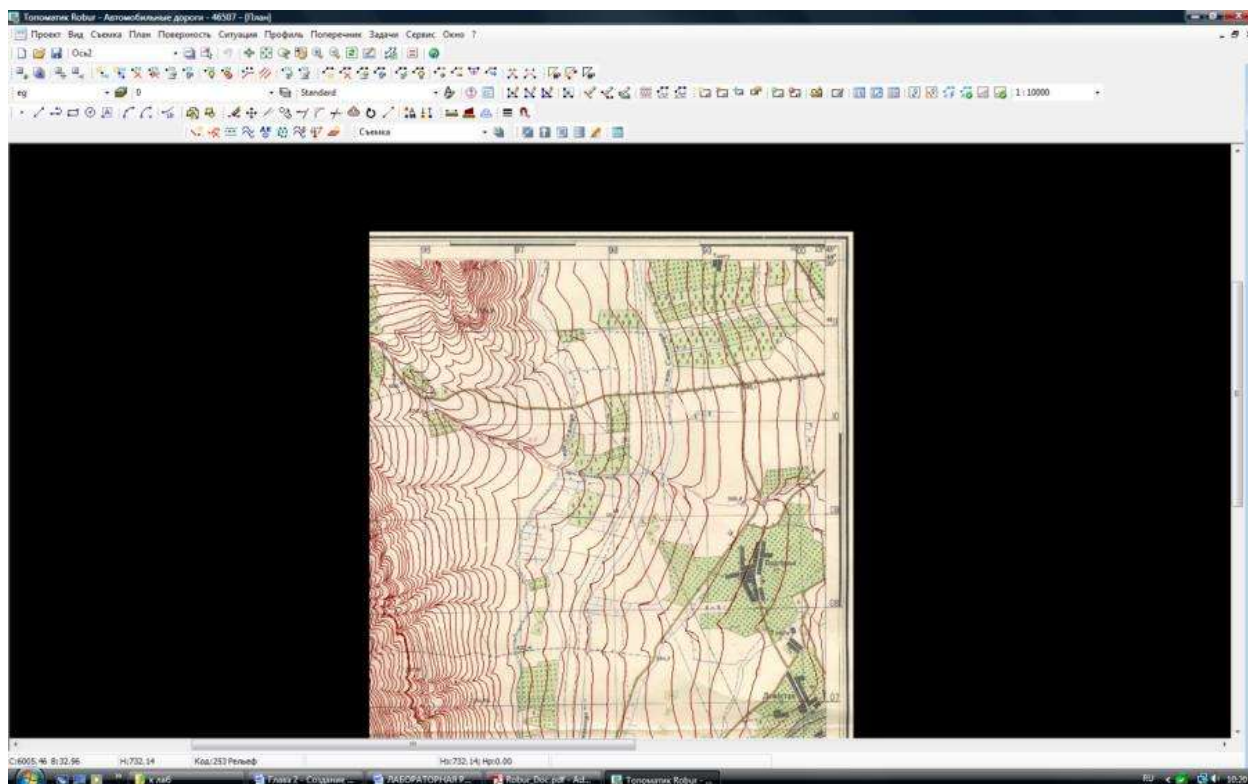


Рисунок 26

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

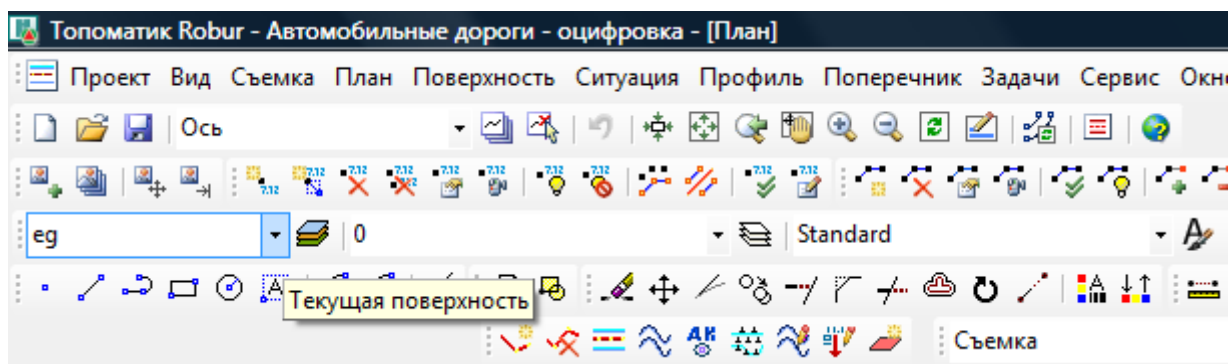


Рисунок 27

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](http://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 дороги 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.