МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачёва»

Кафедра маркшейдерского дела и геологии

Составитель

А. Г. Изместьев

ДИСТАНЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Методические указания к лабораторным работам для студентов
направления подготовки 21.05.04 «Горное дело»,
образовательная программа «Маркшейдерское дело»

Рекомендованы учебно-методической комиссией направления
подготовки 21.05.04 «Горное дело»,
образовательная программа «Маркшейдерское дело», в качестве
электронного издания для использования в учебном процессе

Кемерово 2016

Рецензенты:

Игнатов Ю. М. – доцент кафедры маркшейдерского дела и геологии
Бакланов Е. В. – доцент кафедры маркшейдерского дела и геологии

Изместьев Анатолий Григорьевич

Дистанционные методы зондирования Земли: методические указания к лабораторным работам [Электронный ресурс] для студентов направления подготовки 21.05.04 «Горное дело», образовательная программа «Маркшейдерское дело», всех форм обучения / сост. А. Г. Изместьев; КузГТУ. – Электрон. дан. – Кемерово, 2016. – Систем. требования : Pentium IV ; ОЗУ 500 Мб ; Windows 2000 ; мышь. – Загл. с экрана.

Методические указания составлены для оказания методической помощи студентам при выполнении ими лабораторных работ как в часы аудиторных занятий, так и в часы самостоятельной работы.

© КузГТУ, 2016
© Изместьев А. Г.,
составление, 2016

Оглавление

Введение 3
Лабораторная работа № 1
Лабораторная работа № 2
Лабораторная работа № 3
Лабораторная работа № 4
Лабораторная работа № 5
Лабораторная работа № 6
Лабораторная работа № 7
Лабораторная работа № 8
Лабораторная работа № 9
Рекомендуемая литература

ВВЕДЕНИЕ

Настоящие методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Дистанционные методы зондирования Земли» составлены в соответствии с учебным планом направления подготовки 21.05.04. «Горное дело», образовательная программа «Маркшейдерское дело».

Целью данной работы является оказание методической помощи студентам при выполнении ими лабораторных работ.

Лабораторные работы №№ 1-5 разработаны в целях освоения студентами технологии создания топографических планов и карт по аэрофотоснимкам аналоговым способом. В результате выполнения лабораторных работ студенты приобретают навыки работы с аэрофотоснимками на универсальных приборах, а также навыки расчёта параметров для аэросъёмки участков горных выработок, применения условных знаков при изображении элементов местности на топографических планах (картах), топографического черчения.

Лабораторная работа № 6 разработана в целях освоения студентами технологии обработки наземных снимков на стереокомпараторе при решении не топографических задач.

В лабораторных работах №№ 7-10 изложены основные процессы создания электронного топографического плана по аэроснимкам цифровым способом на ЦФС Photomod.

Методические указания содержат необходимые справочные данные, примеры решения задач и графического оформления.

По результатам выполненных лабораторных работ студенты составляют отчёт, который подшивается в папку. Отчёт должен содержать текстовую часть с описанием порядка выполнения работ и приложений.

Лабораторная работа № 1

ЗНАКОМСТВО С АЭРОФОТОАППАРАТОМ И МАТЕРИАЛАМИ АЭРОФОТОСЪЕМКИ

Цель работы: изучение устройства аэрофотоаппарата, решение метрических задач по снимкам.

Оборудование, принадлежности и исходные данные: аэрофотоаппарат, аэрофотоснимки, учебная карта, калькулятор.

Задание: 1. Изучить устройство кадрового АФА.
2. Выполнить накидной монтаж и определить величины перекрытий аэроснимков.
3. Определить масштаб аэроснимка.
4. Определить длины линий по аэроснимку.

1. Устройство кадрового топографического АФА

Аэрокосмическую съёмку производят с использованием специального аэросъёмочного и навигационного оборудования, устанавливаемого на самолётах, вертолётах, космических аппаратах, а также мотодельтопланах и БПЛА.

Наибольшее применение имеют кадровые топографические аэрофотоаппараты (АФА). Схема АФА приведена на рисунке 1.

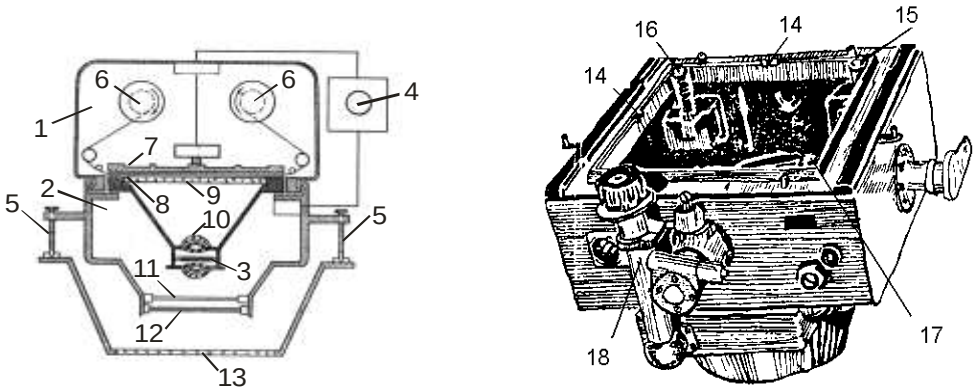


Рис. 1. Схема аэрофотоаппарата

Основными его блоками являются съёмочная камера 2 и кассета 1.

В *кассете* на перематывающих катушках 6 размещается 60 м аэрофотоплёнки, что соответствует 300 снимкам размером 18×18 см. С помощью прижимного стола 7 аэрофотоплёнка прижимается к выравнивающему стеклу 9.

Камера содержит объектив 3 с затвором 10 и диафрагмой, светофильтр 11, защитное стекло. В плоскости прикладной рамки 8 размещены четыре ко-

ординатные метки 14, нумератор кадров 15, часы 16 и круглый уровень 17, изображающиеся на каждом снимке.

Для крепления АФА на борту носителя над люком с защитным стеклом 13, ориентирования его в пространстве, предохранения от толчков и вибрации служит *аэрофотоустановка* (гироплатформа) 5.

2. Накидной монтаж и определение величины перекрытия аэроснимков

Накидной монтаж – это временное соединение контактных снимков, выполняемое совмещением (наложением) их перекрывающихся частей. Снимки укладывают на столе, начиная с правого снимка первого маршрута так, чтобы номера снимков были видны на накидном монтаже. Соседний снимок укладывают на первый и совмещают изображения способом «мельканий». Снимки закрепляют грузиком и аналогично укладывают остальные снимки маршрута и последующих маршрутов. После выполнения накидного монтажа зарисовывают схему расположения аэроснимков.

На накидном монтаже измеряют величины продольного и поперечного перекрытий и записывают в табл. 1.

Таблица 1

Перекрытие аэроснимков

Перекрытие, %		Номера маршрутов		
		1	2	3
Продольное	*max*			
	min			
Поперечное	*max*			
	min			

3. Определение масштаба аэроснимка

Масштаб аэроснимка определяют путём измерения двух соответственных отрезков максимальной длины на снимке и карте, расположенных как показано на рис. 2.

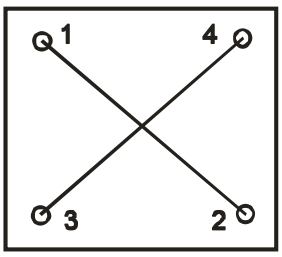


Рис. 2. Схема расположения отрезков

По результатам измерений вычисляют знаменатель масштаба снимка m по двум направлениям по формулам (1.1) и определяют средний масштаб $m_{ср}$.

$$m_{1\text{-}2} = \frac{l_к \cdot M_к}{l_{сн}}; \qquad (1.1)$$

$$m_{3\text{-}4} = \frac{l_к \cdot M_к}{l_{сн}},$$

где $l_к$ – длина отрезка на карте; $l_{сн}$ – длина отрезка на снимке; $M_к$ – знаменатель масштаба карты.

4. Определение длин линий по аэроснимку

Пользуясь масштабом снимка определяют длины линий в соответствии со схемой, показанной на рис. 3, по формулам (1.2).

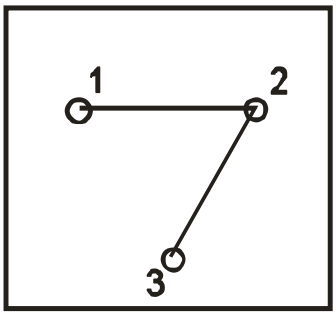


Рис. 3. Схема расположения линий

$$D_{1\text{-}2} = l_{сн} \cdot m_{ср} \qquad (1.2)$$

$$D_{2\text{-}3} = l_{сн} \cdot m_{ср}$$

<u>Контрольные вопросы</u>

1. Принципиальная схема конструкции АФА.
2. Принципы построения изображения в кадровых, щелевых и панорамных АФА.
3. Основные факторы, приводящие к деформации изображений, полученных кадровыми АФА.
4. Виды аэрофотосъемки и их характеристика.

Лабораторная работа № 2

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ АЭРОФОТОСЪЕМКИ

Цель работы: получить навыки расчёта параметров аэрофотосъёмки.

Оборудование, принадлежности и исходные данные: учебная карта масштаба 1:10 000, калькулятор.

Задание **: Рассчитать параметры аэрофотосъёмки для создания топографического плана масштаба 1:2 000 на район разработки месторождения.**

Порядок выполнения работы

Продольные и поперечные перекрытия снимков соответственно равны $P_x =$ 60 % и $P_y = 40$ %; размер снимка 18 $\times$ 18 см.

Расчёты выполнить в следующей последовательности:

1. Определить знаменатель масштаба аэрофотосъемки по формуле

$$m = K \cdot M, \tag{2.2}$$

где K – коэффициент увеличения.

2. Определить расчетное значение фокусного расстояния АФА

$$f_{расч} = h\, r/(2\delta_{пл}\, M), \tag{2.3}$$

где h – перепад высот точек местности в пределах рабочей площади снимка; r – радиус рабочей площади снимка (r = 70 мм); $\delta_{пл}$ – требуемая точность получения плановых координат в масштабе создаваемого плана.

3. Выбрать ближайшее большее к $f_{расч}$ стандартное значение фокусного расстояния АФА $f_к$.

4. Определить высоту фотографирования по формуле

$$H_ф = f_к \cdot m \tag{2.4}$$

5. Определить абсолютную высоту фотографирования

$$H_о = H_ф + Z_{ср}, \tag{2.5}$$

где $Z_{ср}$ – среднее превышение снимаемого участка над уровнем моря.

6. Определить базис фотографирования

$$B_x = \frac{l \cdot m}{100}(100 - P_x), \tag{2.6}$$

где l – длина стороны снимка.

7. Определить расстояние между смежными аэросъемочными маршрутами

$$B_y = \frac{l \cdot m}{100}(100 - P_y). \qquad (2.7)$$

8. Определить число аэрофотосъемочных маршрутов

$$D = \frac{L_y}{B_y} + 1, \qquad (2.8)$$

где L_y – ширина участка съёмки.

9. Определить число аэроснимков в маршруте

$$n = \frac{L_x}{B_x} + 1, \qquad (2.9)$$

где L_x – длина участка съёмки.

10. Определить число аэроснимков на участке съемки

$$N = n \cdot D \qquad (2.10)$$

и произвести контроль

$$N = \frac{S}{s}, \qquad (2.11)$$

где $= (L_x + B_x)(L_y + B_y)$, $s = b_x \cdot b_y \cdot m^2$.

<u>Контрольные вопросы</u>

1. Параметры для расчета аэрофотосъемки.
2. Параметры для оценки результатов аэрофотосъемки.
3. Как организуют заказ на аэрофотосъёмку?
4. Какие материалы получает заказчик от исполнителя аэрофотосъёмочных работ?

Лабораторная работа № 3

СТЕРЕОСКОПИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ И ДЕШИФРИРОВАНИЕ АЭРОСНИМКОВ

Цель работы: приобретение навыков дешифрирования аэроснимков.

Оборудование, принадлежности и исходные данные: стереоскоп ЛЗ, аэрофотоснимки, учебная карта, чертёжные принадлежности.

Задание: 1. Изучить устройство стереоскопа и виды стереоэффекта.
2. Выполнить топографическое дешифрирование аэроснимка с составлением таблицы дешифрирования. Результаты вычертить на кальке в условных знаках масштаба 1:10 000.
3. Выполнить топографическое дешифрирование карьера на аэроснимке. Результаты вычертить на снимке в условных знаках масштаба 1:2 000.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Дешифрирование – это процесс выявления, распознавания и определения характеристик объектов, изобразившихся на снимке. Дешифрирование – это один из дистанционных методов изучения окружающей среды.

Логическая структура дешифрирования:

Обнаружение – раздельное восприятие элементов (объектов) изображения без выявления их сущности. Например, обнаружен прямоугольник с более мелкими рядом.

Распознавание – получение целостного образа и разделение его на элементы с установлением их качественных и количественных характеристик, оценка полученного образа. Прямоугольник – здание с хозяйственными постройками.

Классификация – выявление сущности общих признаков индивидуальных объектов, переход к обобщенной характеристике, присвоение объекту условного знака (жилой дом).

2. СОДЕРЖАНИЕ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

2.1. Устройство стереоскопа

Объекты на аэроснимках опознаются с помощью специальных фотограмметрических приборов, позволяющих увеличивать изображения до 1,5–15$^{\times}$ раз. Самый простейший прибор – линзово-зеркальный стереоскоп (рис. 4).

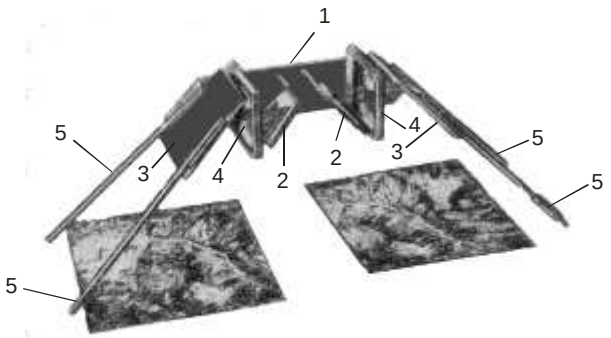


Рис. 4. Линзово-зеркальный стереоскоп
1 – рама; 2 – малые зеркала; 3 – большие зеркала; 4 – линзы; 5 - ножки

2.2. Топографическое дешифрирование аэроснимков

Дешифрирование классифицируют по содержанию и технологии выполнения. В зависимости от назначения и содержания дешифрирование подразделяется на два *вида*: ***топографическое*** (при мелкомасштабном картографировании – ландшафтное) и ***специальное***.

При топографическом дешифрировании выявляют и показывают условными знаками элементы местности, подлежащие нанесению на топографические карты (при ландшафтном – на географические карты).

При специальном дешифрировании выбор объектов носит избирательный характер. Так, при земельно-кадастровом дешифрировании основными объектами анализа являются сельскохозяйственные угодья и границы землепользований и землевладений; при экологическом – зоны природных или антропогенных нарушений окружающей среды и т.д., а элементы местности дешифрируют с обобщением или с отбором.

Оптические и геометрические свойства, а также взаимосвязь пространственного размещения объектов, по которым они опознаются на аэроснимках, называются основными дешифровочными признаками. Они подразделяются на прямые и косвенные.

Прямые дешифровочные признаки присущи практически всем объектам местности. К ним относятся: форма, размер, тон (цвет), тень, структура (текстура) изображения.

Ф о р м а может быть геометрически определенная (искусственные сооружения), неопределенная (луг, лес), компактная, линейная (прямая, извилистая), площадная.

Р а з м е р уточняет сведения, которые дает форма объекта. Действительный размер объекта вычисляют по масштабу. Тип объекта определяют по длине, ширине, высоте.

Т о н – оптическая плотность (степень почернения) фотоматериала в соответствующем месте изображения объекта. Зависит от следующих факторов:

- отражательной способности предмета;
- поверхности объекта (гладкая получается светлее);
- освещенности объекта;
- светочувствительности пленки;

– времени года (летом пестрый – много тонов, осенью из-за влажности темный).

Градация тона при дешифрировании: белый, почти белый, светло-серый, серый, темно-серый, почти черный, черный.

Т е н ь объекта является существенным дешифровочным признаком. различают собственную и падающую тени. Собственная тень лежит на самом объекте, т.е. стороне, не освещенной солнцем. Она подчеркивает объемность объекта. Падающая тень – это тень, отбрасываемая объектом на землю или другие объекты. Она передает форму, поэтому по ней можно определить тип объекта.

С т р у к т у р а (текстура) изображения – это характер распределения оптической плотности по полю изображения объекта. Структура может быть однородная (водоемы, болота), зернистая (лес, кустарник), полосчатая (пашня), пятнистая(ячеистые пески, тундра), мозаичная (приусадебные участки).

Косвенные дешифровочные признаки позволяют выявить наличие или характеристику объекта, не изобразившегося на снимке или не определяемого по прямым признакам. К косвенным признакам относятся: приуроченность одних объектов к другим (взаимосвязь) и взаимное расположение объектов.

П р и у р о ч е н н о с т ь позволяет определить расположение не изобразившихся на снимке объектов по отношению к изобразившимся. Например, наличие низкорослой древесной растительности позволяет опознавать болота. Кустарниковая растительность приурочена, как правило, к местам с избыточным увлажнением; дорожная сеть – к населенным пунктам.

В з а и м н о е р а с п о л о ж е н и е объектов. Например, наличие брода на реке можно установить по сходящимся к нему дорогам.

Характеристика дешифровочных признаков основных топографических объектов

ГИДРОГРАФИЯ

Реки изображаются в виде извилистых полосок неодинаковой ширины. Тон может меняться от светло-серого до темно-серого и зависит от глубины реки, цвета дна и освещения в момент съёмки. Структура изображения однородная.

Берега обрывистые. Верхняя кромка обрыва опознаётся по переходу светлого тона (общий склон местности) в тёмно-серый и даже чёрный (тень от обрыва).

Ручьи изображаются в виде чётких, узких и извилистых полосок. Косвенным признаком является кустарник, растущий вдоль ручья и позволяющий определить положение его русла (рис. 5).

Рис. 5. Фрагмент аэрофотоснимка
1 – пашня; 2 – ЛЭП; 3 – сельский населённый пункт; 4 – луг;
5 – ручей; 6 – кустарник

РЕЛЬЕФ

Овраги дешифрируются по своим резко-очерченным разветвлённым формам и теням от склонов.

Промоины изображаются в виде узких, сравнительно коротких полосок, прорезающих склоны долин и оврагов. Освещённая сторона промоины изображается светлым тоном, затемнённая – чёрным.

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ

Леса. Изображение леса имеет крупнозернистую структуру, образованную кронами деревьев. Кроны серого тона, а промежутки между ними почти чёрные. По опушке леса имеются тени от деревьев (рис. 6).

Рис. 6. Фрагмент аэрофотоснимка
1 – железная дорога; 2 – шоссе; 3 – улучшенная грунтовая дорога;
4 – просёлочная дорога; 5 – полевая дорога; 6 – лес

Поросль леса. Изображение поросли леса имеет мелкозернистую структуру, тон светло-серый или серый.

Лесополосы изображаются в виде вытянутых полосок. Структура зернистая. Тон тёмно-серый или серый.

Кустарники. Изображение сплошных зарослей кустарника имеет мелкозернистую структуру. Часто они произрастают вместе со взрослыми деревьями и молодой порослью. Располагаются также по поймам рек, тянутся узкими полосками вдоль ручьёв и прудов. Тон изображения темно-серый или серый.

Луговая растительность (луга). Изображение имеет неопределённую форму, тон его серый, структура однородная. Луга встречаются в поймах рек, по лощинам, на полянах, опушках леса, среди кустарников и редколесья.

Пашни выделяются резко выраженными почти геометрически правильными контурами участков (межами). Тон изображения может быть от светло-

серого до тёмно-серого и зависит от обработки, влажности, характера посева. Структура изображения из-за наличия полос и борозд от обработки почвы полосчатая.

ДОРОГИ

Железные дороги изображаются в виде узких полосок с большими радиусами закругления. Тон тёмно-серый, структура однородная. Косвенными признаками являются наличие полосы отчуждения и составов на полотне дороги.

Шоссе изображаются в виде узких ровных полосок светло-серого тона с плавными закруглениями. Косвенным признаком является наличие съездов.

Грунтовые (просёлочные) дороги изображаются неровными (с расширениями и сужениями) узкими извилистыми полосками с крутыми поворотами. Тон изображения зависит от наезженности дороги, характера грунта и степени его увлажнённости и может быть от серого до почти чёрного. Соединяют населенные пункты или дороги высших классов.

Улучшенные грунтовые дороги отличаются от грунтовых (просёлочных) более чётким и ровным изображением полотна, наличием боковых канав.

Полевые и лесные дороги по сравнению с грунтовыми имеют менее чёткое изображение из-за малой наезженности, часто вообще не просматриваются – поросли травой или закрыты кронами деревьев.

НАСЕЛЁННЫЕ ПУНКТЫ И ОТДЕЛЬНЫЕ ОБЪЕКТЫ

Населённые пункты. Изображение населённых пунктов характеризуется наличием множества четырехугольников серого или светло-серого тона (крыши строений) с резко выделяющимися границами приусадебных земель. Строения, как правило, отбрасывают тени. Чётко просматриваются улицы и проезды, а также подходящие к населённому пункту дороги.

Линии электропередачи (ЛЭП) дешифрируются по теням от опор, расположенных на равных расстояниях друг от друга.

Характерные дешифровочные признаки основных топографических объектов представляются таблично (табл. 2).

Таблица 2

Дешифровочные признаки основных топографических объектов

№ п/п	Объекты топографического дешифрирования	Признаки дешифрирования	Вид признаков

Контрольные вопросы

1. Что такое дешифрирование снимков и каково его назначение?
2. Перечислить признаки дешифрирования.
3. Охарактеризовать виды, методы и способы дешифрирования.
4. Назовите особенности космического дешифрирования.
5. Основные понятия и определения стереопары.
6. Элементы ориентирования стереопары.
7. Поперечные и продольные параллаксы точек.

Лабораторная работа № 4

СОЗДАНИЕ ОРИГИНАЛА ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ КАРТЫ НА СТЕРЕОГРАФЕ СЦ-1

Цель работы: приобретение навыков обработки снимков на аналоговых фотограмметрических приборах.

Исходные материалы и оборудование: аэронегативы, планшет с нанесёнными опорными точками, стереограф СЦ-1.

Задание: 1. Изучить устройство стереографа СЦ-1.
2.Создать оригинал топографического плана масштаба 1:2 000.

Устройство стереографа СЦ-1

Стереограф СЦ-1 – универсальный стереофотограмметрический прибор второго класса точности, предназначенный для обработки плановых аэрофотоснимков размером 18×18 см и 23×23 см (рис. 7). Влияние углов наклона снимков учитывается с помощью коррекционных плоскостей, которые вводят поправки в координаты точек снимков путём изменения фокусных расстояний проектирующих камер.

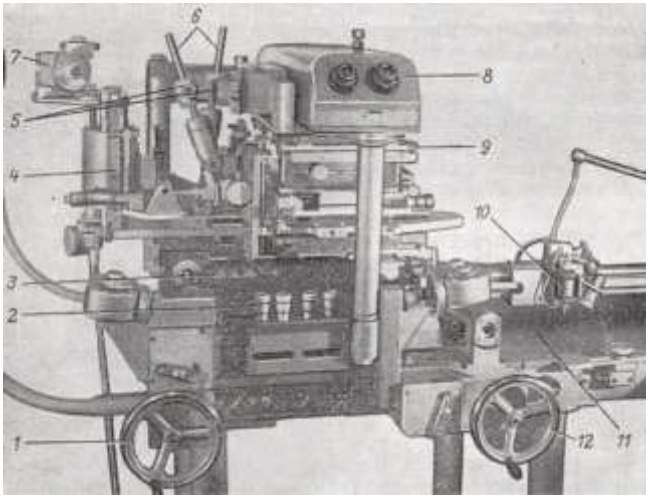


Рис. 7. Стереограф СЦ-1:
1 – штурвал X; 2 – винты наклона проектирующих плоскостей на углы α и ω; 3 – коррекционная плоскость левого снимка; 4 – базисная каретка; 5 – центры проекций; 6 – проектирующие рычаги; 7 – счётчик высот; 8 – оптическая система; 9 – снимкодержатель; 11 – координатограф; 12 – штурвал Y

Технология создания плана

Основными процессами построения одиночной модели на аналоговых фотограмметрических приборах являются: подготовительные работы; взаимное ориентирование снимков; внешнее (геодезическое) ориентирование модели; съемка рельефа и контуров.

Подготовительные работы включают подбор исходных материалов и данных, расшифровку показаний специальных приборов при аэрофотосъемке (статоскопа, высотомера и др.), расчет установок прибора и подготовку его к работе.

Исходными данными для обработки снимков и построения модели являются параметры съемочной камеры, копии аэронегативов на стекле (диапозитивы), контактные снимки с плановыми и высотными опорными точками, каталоги координат этих опорных точек, материалы дешифрирования, основа с нанесенными на нее опорными точками и др.

Расчетными установками прибора являются базис проектирования, фокусное расстояние прибора, вертикальный и горизонтальный масштабы модели.

Подготовительные работы завершаются укладкой снимков в кассеты прибора, их центрированием и установкой на всех шкалах отсчетов, соответствующих местам нулей.

Взаимное ориентирование снимков сводится к решению уравнения взаимного ориентирования или методом приближений, устраняя поперечные параллаксы на шести стандартно расположенных точках.

Внешнее (геодезическое) ориентирование модели выполняют по опорным точкам, расположенным по углам рабочей площади стереопары. Для ориентирования модели необходимо как минимум две точки с известными плано-

выми, координатами и высотами, и одна – с известной высотой. Практически на каждую стереопару используют по 4 и более точек.

На первом этапе ориентирования масштаб модели приводят к заданному (операция масштабирования), а на втором – выполняют наклон плоскости *OXY* фотограмметрической системы до совмещения ее с плоскостью $O_ГX_ГY_Г$ системы местности (горизонтирование).

Внешнее ориентирование считают законченным, если несовпадение точек основы с их проекциями при наблюдении модели не превышают 0,3 мм, а расхождения высот контрольных точек не превышают 0,2 сечения рельефа.

Съемку рельефа и контуров выполняют после завершения взаимного и внешнего ориентирования. Рисовку выполняют пишущим узлом координатографа на пластике или на бумажной основе, вначале элементов гидрографии, затем – горизонталей, и, наконец, контуров.

При рисовке горизонталей на счетчике высот устанавливают нужную отметку, и, наблюдая стереоскопическую модель и вращая штурвалы *X* и *Y*, перемещают измерительную марку по поверхности модели. При рисовке элементов гидрографии и контуров измерительную марку удерживают на поверхности стереомодели, изменяя ее высоту вращением ножного штурвала.

Отбор отображаемых элементов и другие параметры создаваемого плана (густота урезов, подписываемых высот и пр.) устанавливаются в соответствии с редакционными указаниями и действующими инструкциями по стереотопографической съемке.

<u>Контрольные вопросы</u>

1. Технология комбинированного метода создания карт и планов.
2. Способы стереотопографического метода создания карт и планов.
3. Что включают подготовительные работы при создании планов на стереографе?
4. Как выполняется взаимное ориентирование снимков на стереографе?
5. Как выполняется внешнее ориентирование снимков на стереографе?

Лабораторная работа № 5

ОБРАБОТКА НАЗЕМНЫХ СНИМКОВ КАРЬЕРА НА СТЕРЕОКОМПАРАТОРЕ

Цель работы: приобретение навыков обработки наземных снимков на стереокомпараторе.

Исходные материалы и оборудование: наземные снимки, фототеодолит, стереокомпаратор СК-2.

Задание: Изучить устройство фототеодолита и стереокомпаратора, произвести измерения координат и продольных параллаксов точек по наземным снимкам карьера на СК-2.

СОДЕРЖАНИЕ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить устройство фототеодолита и указать название частей (табл. 3).

1. Изучить устройство стереокомпаратора и указать название частей и точность отсчётов по шкалам (табл. 4).

2. Ориентировать снимки на приборе и произвести обмер здания. Исходные данные согласно вариантам приведены в таблице 5.

Результаты измерений и вычислений записать в Журнал измерений (табл. 6).

Таблица 3

Устройство стереокомпаратора СК-2

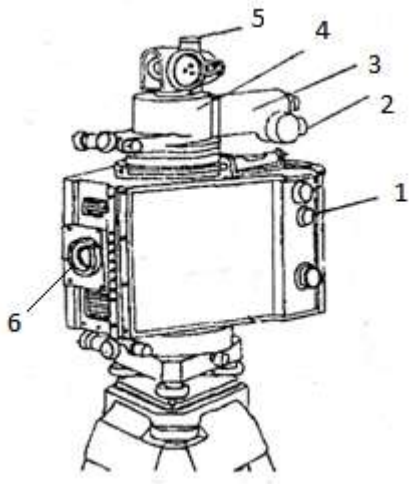
Схема стереокомпаратора	Название частей
	

Таблица 4

Устройство стереокомпаратора СК-2

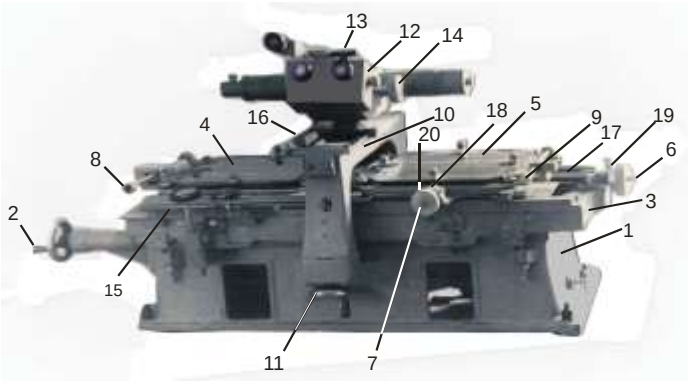
Схема стереокомпаратора	Название частей
 Точность отсчетов по шкалам продольных параллаксов (p) ……. поперечных параллаксов (q) ……. перемещения основной каретки (X) ….. перемещения бинокуляра (Y) ……	

Таблица 5

Исходные данные

Вариант	$B_ф$, м	H_a, м	i, м
1	140,00	160,00	1,85
2	140,10	160,10	1,80
3	140,20	160,20	1,75
4	140,30	160,30	1,70
5	140,40	160,40	1,65
6	140,50	160,50	1,60
7	140,60	160,60	1,55
8	140,70	160,70	1,50
9	140,80	160,80	1,45
10	140,90	160,90	1,40
11	141,00	161,00	1,35
12	141,10	161,10	1,30

Таблица 6

Журнал измерений

MO_p = _____				MO_x = _____			MO_z = _____			$H_a + i$ = _____		
№№ точек	Положение точек	Отсчет V_p	$p = MO_p - V_p$	$\frac{B}{P}$	$Y_ф = \frac{B}{P} f_k$	Отсчет V_x	$x = V_x - MO_x$	$X_ф = \frac{B}{P} x$	Отсчет V_z	$z = V_z - MO_z$	$Z_ф = \frac{B}{P} z$	$Z = Z_ф + H_a + i$

<u>Контрольные вопросы</u>

1. Охарактеризовать виды наземной съемки.
2. Назвать элементы ориентирования наземных снимков.
3. В чём заключаются полевые работы при фототеодолитной съемке.
4. Как рассчитать глубину участка съёмки.?
5. Как выбрать базис фотографирования?

Лабораторная работа № 6

СОЗДАНИЕ ПРОЕКТА, ФОТОТРИАНГУЛЯЦИЯ НА ЦФС Photomod

Цель работы: приобретение навыков развития и уравнивания фотограмметрических сетей цифровым способом.

Исходные материалы и оборудование: цифровые аэрофотоснимки, каталог координат опорных точек, элементы внешнего ориентирования снимков, данные фотокамеры, ЦФС Photomod.

Задание: выполнить фототриангуляцию по результатам съёмки с БПЛА.

СОДЕРЖАНИЕ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Развитие и уравнивание сети фототриангуляции выполнить в следующей последовательности:

- создание проекта
- формирование блока изображений
- внутреннее ориентирование
- импорт элементов внешнего ориентирования
- измерение сети
- уравнивание блока

1. Создание проекта

Перед началом работы в системе требуется создать профиль для размещения проектных ресурсов – конфигурационных файлов проекта, файлов изображений, файлов обработки проекта/группы проектов. Профиль представляет собой дерево ресурсов, которое предполагает следующую структуру:

• Корень – виртуальное имя профиля.

• Ветви верхнего уровня – виртуальные папки профиля – это виртуальные названия для физических локальных или сетевых папок/дисков. При этом в качестве виртуальной папки может быть определена одна физическая папка/диск или группа папок/дисков (группа хранилищ).

• Ресурсы – все данные профиля – все вложенные папки и файлы каждой виртуальной папки профиля. Таким образом, ресурсы профиля размещаются на любых серверах, рабочих станциях, дисках сети.

Профили подразделяются на локальные и сетевые для организации индивидуальной или совместной работы над проектами соответственно. *Для создания профилей* и организации структуры ресурсов каждого профиля используется программа **Control Panel**.

Для создания проекта БПЛА выполните следующие действия:

1. Выберите активный профиль.

2. Запустите систему.

3. Откройте окно **Новый проект** одним из следующих способов:

• Выберите **Проект › Открыть/Управление**. Открывается окно **Управление проектами**. Нажмите на кнопку **Создать**.

• Выберите **Проект › Новый**.

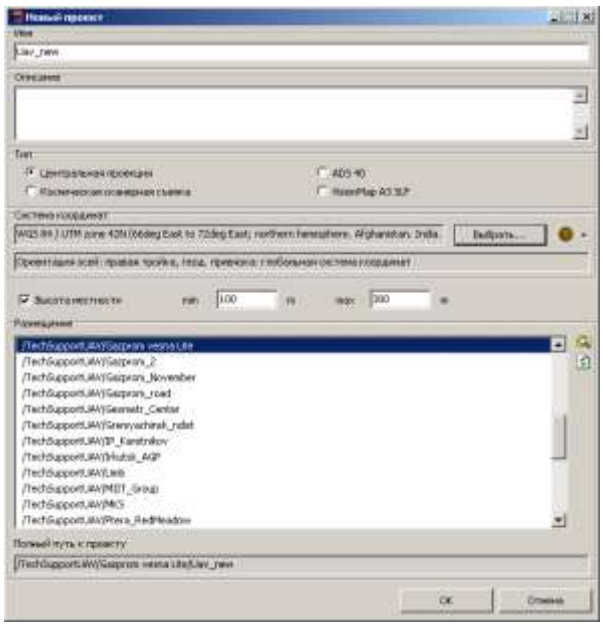


Рис. 8. Создание проекта БПЛА

4. Введите имя нового проекта в поле ввода **Имя**.

5. [опционально] Введите в разделе **Описание** краткую характеристику, особенности проекта, замечания и т. д.

6. Выберите **Центральная проекция** в разделе **Тип**.

7. Задайте систему координат с помощью кнопки **Выбрать** в разделе **Система координат**.

8. Установите флажок **Высота местности** и укажите хотя бы приблизительный перепад высот местности на изображениях проекта в полях **min** и **max**.

9. Выберите папку ресурсов активного профиля для размещения файлов проекта в списке **Размещение**. В поле ввода **Полный путь к проекту** отображается путь и имя проекта.

10. Нажмите ОК для завершения создания проекта. В указанной папке проекта создаются служебные папки и конфигурационные файлы. Автоматически создается 1-й маршрут для загрузки изображений.

2. Формирование блока

Перед загрузкой изображений БПЛА в проект рекомендуется предварительно подготовить их с помощью программы Raster Converter: выполнить радиометрическую коррекцию (при необходимости), преобразовать изображения

в файлы внутреннего формата *MS-TIFF*, применить к выходным файлам сжатие *JPEG с качеством 85%*, сохранить файлы преобразованных изображений *в отдельной папке ресурсов активного профиля* (но не в папке проекта).

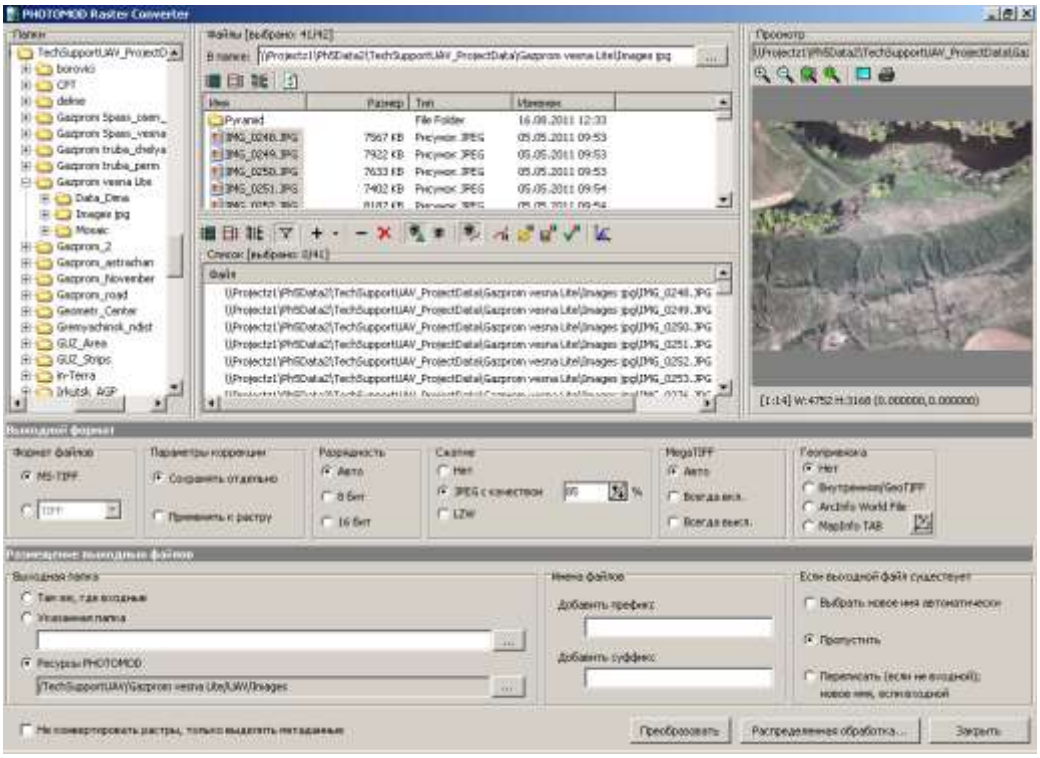


Рис. 9. Преобразование изображений в программе Raster Converter

Для загрузки изображений в проект и формирования блока выполните следующие действия:

1. Выберите **Окна › Редактор блока** (для удобства работы). Открывается окно **Редактор блока**.

2. Выберите **Блок › Добавить изображения из ресурсов** или нажмите на кнопку в окне **Редактор блока** для добавления изображений. Открывается окно **Открыть**, которое отображает все ресурсы активного профиля.

3. Выберите в списке справа Изображение в формате TIFF. Выберите файлы изображений и нажмите **Открыть**. Выполняется загрузка всех изображений в 1-й маршрут.

3. Внутреннее ориентирование

Выполнение внутреннего ориентирования предполагает ввод/импорт параметров камеры, определение направления полета и задание угла поворота осей камеры для изображений проекта.

Порядок выполнения внутреннего ориентирования.

1. Выберите **Ориентирование › Импорт ориентирования из метаданных** для извлечения данных камеры из EXIF-метаданных в файлах изображений. Открывается окно **Импорт ориентирования из метаданных**.

2. Установите флажки **Импортировать внутреннее ориентирование** и **Импортировать предварительное внешнее ориентирование** (при наличии данных внешнего ориентирования в EXIF-метаданных). Нажмите ОК.

3. Выберите **Ориентирование › Управление камерами** для уточнения параметров камеры и определения направления осей камеры для изображений проекта. Открывается окно **Управление камерами проекта**.

4. Выберите камеру в списке и нажмите на кнопку . Открывается окно **Камера** для просмотра и редактирования данных камеры. Введите дополнительные данные о камере (при наличии паспорта камеры) и нажмите ОК.

5. Определите направления полета, используя окно просмотра изображений, и задайте поворот осей камеры для изображений проекта следующим образом:

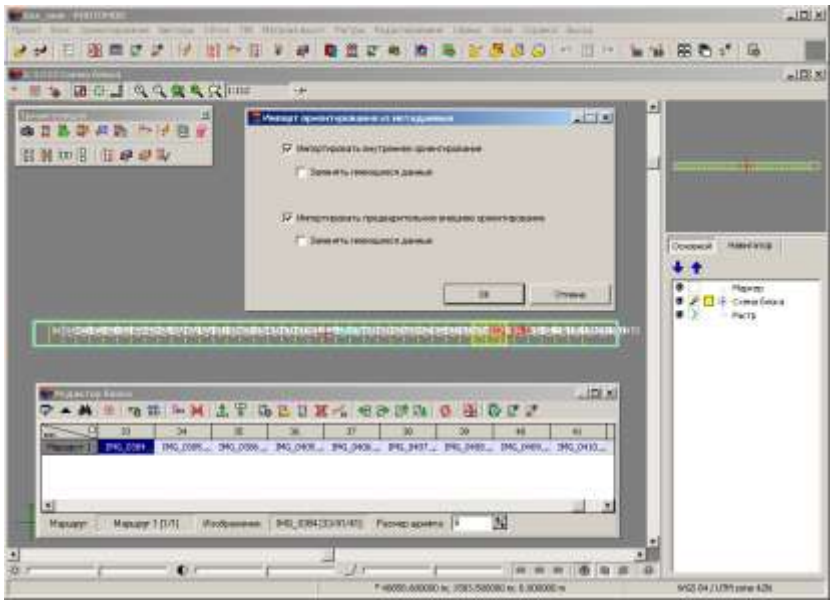


Рис. 10. Импорт ориентирования из EXIF-метаданных

6. Выделите в таблице изображения, для которых требуется разворот осей.

7. Установите флажок **Задать поворот осей камеры на растре для выбранных изображений** и укажите угол поворота таким образом, чтобы ось X совпадала с направлением полета.

8. Нажмите на кнопку **Выполнить**. Автоматически выполняется внутреннее ориентирование.

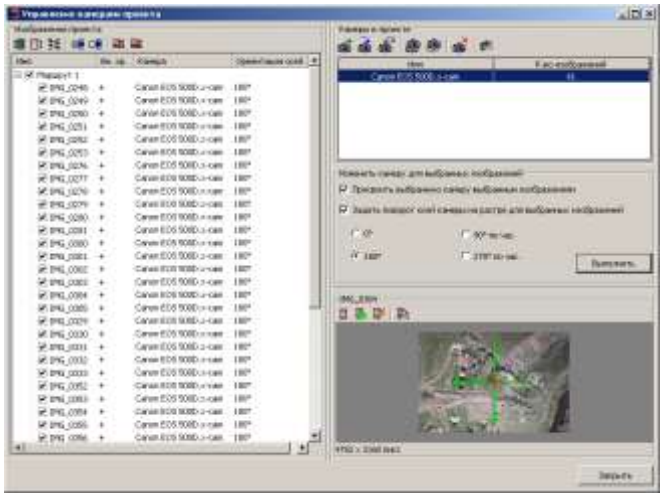


Рис. 11. Выполнение внутреннего ориентирования

4. Импорт элементов внешнего ориентирования

Элементами внешнего ориентирования (ЭВО) являются координаты центров проекций и 3 угла, определяющие в совокупности реальное положение снимков в пространстве.

При наличии данных внешнего ориентирования для проекта БПЛА осуществляется импорт этих данных в проект. ЭВО могут присутствовать в EXIF-метаданных файлов изображений или отдельно в виде каталога в файле текстового формата.

Импорт каталога внешнего ориентирования из файла текстового формата осуществляется следующим образом.

1. Выберите **Ориентирование › Каталог элементов внешнего ориентирования** или нажмите на кнопку основной панели инструментов. Открывается окно **Элементы внешнего ориентирования**.

2. Нажмите на кнопку для импорта ЭВО. Открывается окно **Открыть**. Выберите файл с данными внешнего ориентирования и нажмите ОК. Открывается окно **Импорт элементов внешнего ориентирования — Шаг 1 из 2: Файл**. Настройте шаблон строки в соответствии с типом данных в столбцах текстового файла.

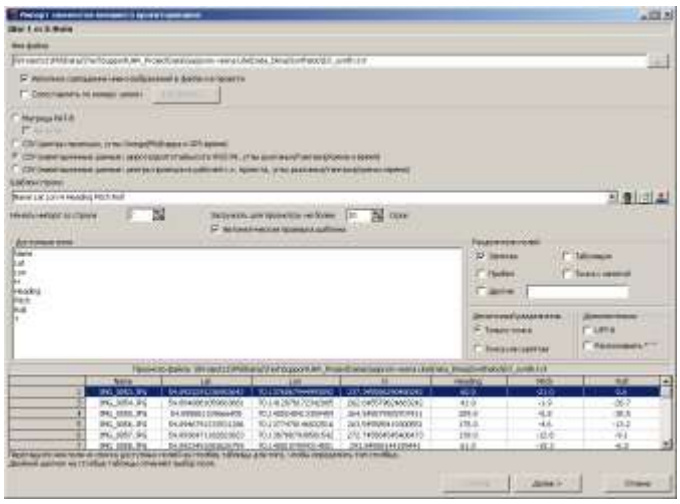


Рис. 12. Настройка шаблона строки файла для импорта ЭВО

3. Нажмите на кнопку **Далее**. Открывается окно **Импорт элементов внешнего ориентирования — Шаг 2 из 2: Параметры импорта**. Задайте параметры импорта: единицы измерения углов, знак углов в случае их неправильного определения автопилотом, а также точность измерений центров проекции и углов внешнего ориентирования.

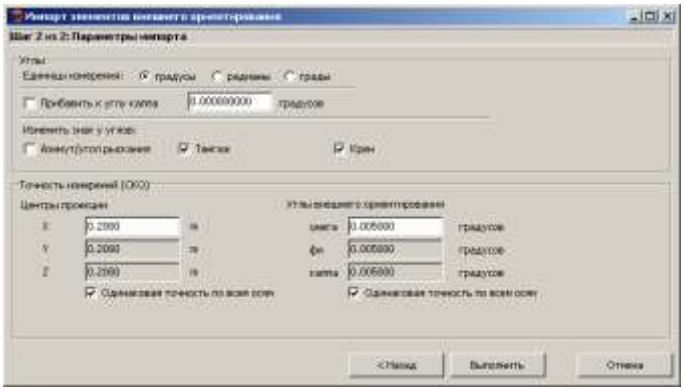


Рис. 13. Параметры импорта ЭВО

4. Нажмите на кнопку **Выполнить** для закрытия окна и импорта ЭВО. Данные внешнего ориентирования, полученные в результате импорта, отображаются в таблице окна **Элементы внешнего ориентирования**.

5. Нажмите на кнопку **Применить** в окне **Элементы внешнего ориентирования** для сохранения каталога ЭВО в проекте.

6. Нажмите ОК для закрытия окна и автоматического перестроения схемы блока по внешнему ориентированию (построение первичного накидного монтажа).

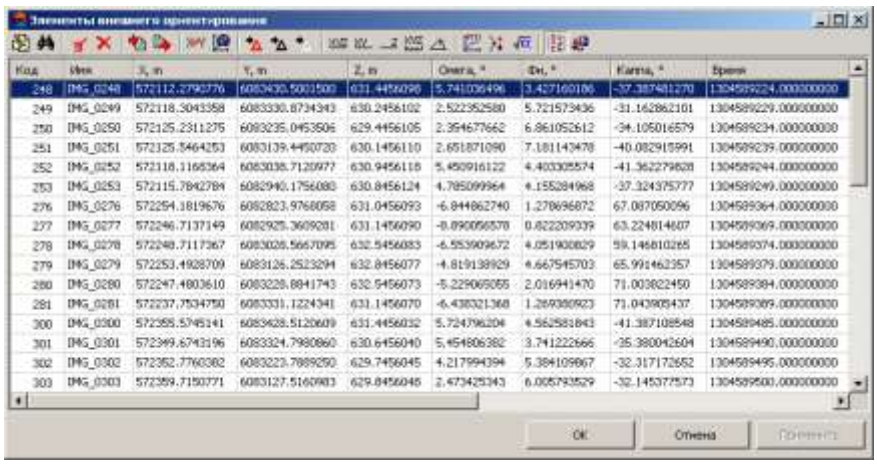


Рис. 14. Каталог элементов внешнего ориентирования

Для устранения грубых ошибок построения схемы блока по ЭВО выполните следующие действия:

• Уточните параметры накидного монтажа. Для этого выполните следующие действия:

1) Нажмите на кнопку основной панели инструментов. Открывается окно **Накидной монтаж**.
2) Установите режим **По внешнему** и нажмите на кнопку **Применить**.

• Осуществите импорт ЭВО из файла текстового формата повторно с уточнением параметров импорта.

• В случае если угол курса измерен не от осевого меридиана, а от направления полета, выполните следующие действия:

1) Выберите **Блок › Разбить на маршруты › По внешнему ориентированию**. Открывается окно **Разбиение на маршруты по внешнему ориентированию**.

2) Задайте направление движения по маршрутам и внутри маршрутов. Нажмите ОК.

3) Нажмите на кнопку основной панели инструментов. Открывается окно **Элементы внешнего ориентирования** с каталогом ЭВО.

4) Нажмите на кнопку для установки угла каппа по направлению траектории для всех или выделенных изображений. Нажмите ОК.

Схема блока, построенная по внешнему ориентированию, является первичным накидным монтажом и требует дальнейшего уточнения по связующим/опорным точкам.

5. Измерение сети

На этапе измерения сети осуществляется измерение связующих точек в автоматическом режиме и выполнение взаимного ориентирования, а также измерение опорных точек (при наличии координат).

Для автоматического измерения *связующих точек* и взаимного ориентирования выполните следующие действия:

1. Осуществите автоматическую триангуляцию БПЛА для уточнения первичной схемы блока. Для этого выполните следующие действия:

1) Выберите **Ориентирование › Автоматическая триангуляция БПЛА**. Открывается окно **Автоматическая триангуляция БПЛА**. Используйте параметры по умолчанию. Нажмите ОК.

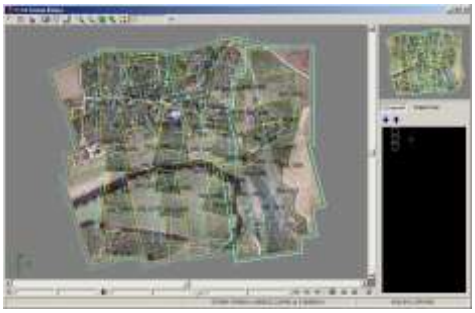


Рис. 15. Схема блока после автоматической триангуляции БПЛА

2) Выберите **Ориентирование › Отчет по взаимному ориентированию** или нажмите на кнопку для оценки первичной триангуляции в отчетепо взаимному ориентированию. Ошибки триангуляции БПЛА учитываются

при настройке параметров автоматического измерения связующих точек.

2. Выполните автоматическое измерение связующих точек с использованием встроенного набора параметров для БПЛА. Для этого выполните следующие действия:

1) Выберите **Ориентирование › Автоматическое измерение связующих точек** или нажмите на кнопку . Открывается окно **Автоматическое измерение связующих точек** для настройки параметров измерения точек.

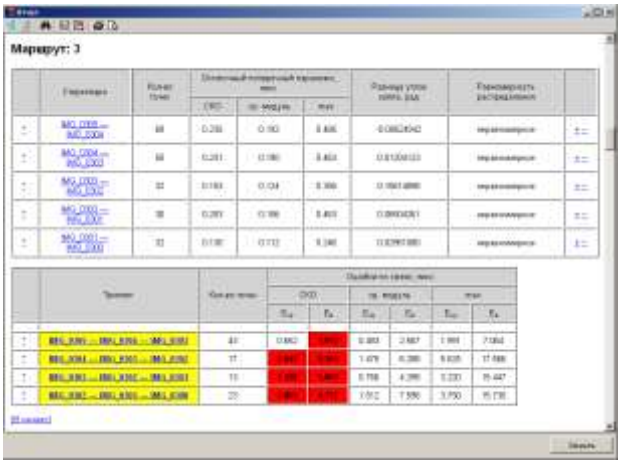


Рис. 16. Анализ ошибок автоматической триангуляции БПЛА

2) Настройте основные и дополнительные параметры для автоматического измерения связующих точек с учетом следующих рекомендаций:

• В качестве базового набора параметров измерения связующих точек для проектов БПЛА рекомендуется использовать готовый набор параметров БПЛА, который гарантирует удовлетворительный результат даже при плохом качестве изображений. Для загрузки набора параметров БПЛА нажмите на стрелочку рядом с кнопкой для открытия дополнительного меню и выберите **БПЛА**.

• Следует иметь ввиду, что каждый полет индивидуален, используются разные БПЛА, разные камеры, разные по точности бортовые GPS/IMU. Как следствие выходные изображения имеют разное качество и геометрию в пространстве. Поэтому настройка параметров автоматического измерения производится с учетом особенностей конкретного проекта.

3) Выберите **Ориентирование › Отчет по взаимному ориентированию** или нажмите на кнопку для анализа и исправления ошибок измерений в отчете по взаимному ориентированию.

4) Повторите при необходимости пункты 2-3, подбирая оптимальные параметры измерения связующих точек и контролируя результат измерений в отчете по взаимному ориентированию.

> *Например, для изображений хорошего качества можно задать более «жесткие» параметры и использовать два запуска процедуры автоматического измерения точек: сначала для измерения связующих точек внутри маршрутов, а затем — между маршрутами.*

В примере ниже, исходя из хорошего качества изображения, задаются более «жесткие» параметры и используется два запуска процедуры автоматического измерения точек: сначала измеряются связующие точки внутри маршрутов, а затем – между маршрутами.

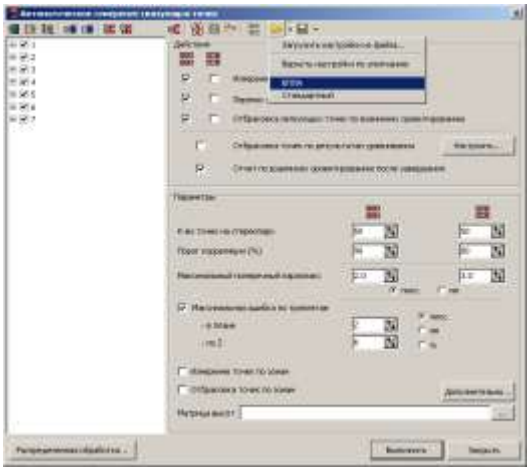


Рис. 17. Пример набора параметров измерения связующих точек для проекта БПЛА

Для измерения *опорных точек* выполните следующие действия:

1. Выберите **Ориентирование › Каталог опорных точек** или нажмите на кнопку для ввода координат опорных точек вручную или импорта каталога координат опорных точек из файла текстового формата.

2. Измерьте опорные точки на изображениях проекта в модуле **Измерение точек**.

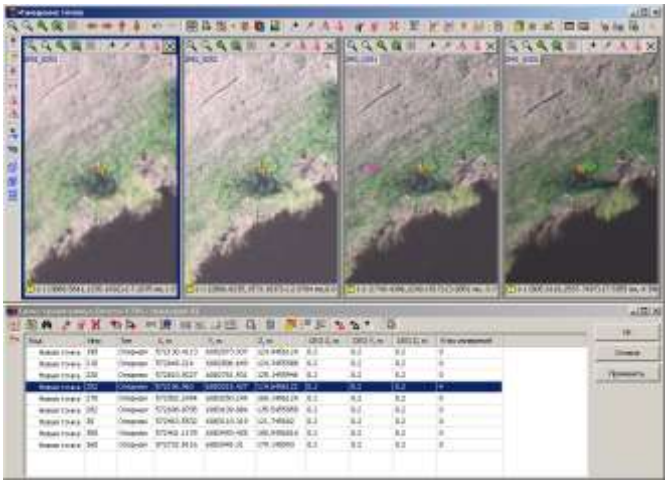


Рис. 18. Измерение опорных точек в модуле Измерение точек

6. Уравнивание блока

Для уравнивания блока изображений выполните следующие действия.

1. Нажмите на кнопку основной панели для обновления первичной схемы блока (уточнения накидного монтажа) по измеренным связующим и опорным точкам.

2. Выберите **Ориентирование › Уравнивание блока** или нажмите на кнопку основной панели инструментов для запуска модуля уравнивания. Открывается главное окно модуля **Уравнивание блока** и производится автоматическая загрузка данных, собранных на этапе измерения сети.

3. Нажмите на кнопку **Параметры** основной панели инструментов модуля. Открывается окно **Параметры**.

4. Задайте следующие параметры на закладке **Уравнивание** для *первого* запуска процесса уравнивания :

1) Выберите вариант **по схеме блока** в разделе **Метод расчета начального приближения**.

2) Нажмите на кнопку **Настройка начального приближения**. Открывается окно **Параметры расчета начального приближения**. Установите флажки **Использовать координаты опорных точек** и **Использовать координаты центров проекции**. Нажмите ОК для закрытия окна.

3) Выберите **метод связок** в разделе **Метод уравнивания**.

4) Нажмите на кнопку **Настройка уравнивания**. Открывается окно **Параметры метода связок**. Установите флажки **Использовать координаты опорных точек** и **Использовать координаты центров проекции**. Выберите

вариант **в пространстве 3D** в разделе **Минимизировать ошибки**. Нажмите ОК для закрытия окна.

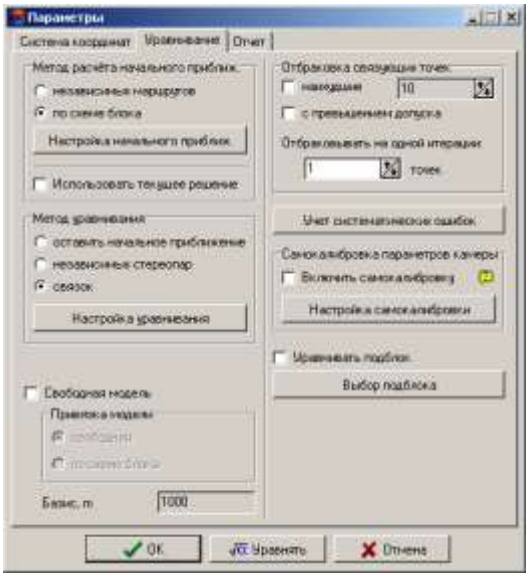


Рис. 19. Параметры уравнивания для первого запуска

5. Нажмите **Уравнять** для запуска процесса уравнивания.

6. Для анализа результатов уравнивания используйте визуальный контроль ошибок на схеме блока на закладках **Модели** и **Снимки**, краткий отчет об ошибках (кнопка) или подробный отчет по уравниванию блока (кнопка **Отчет**).

7. Подбирайте параметры уравнивания, анализируйте и устраняйте ошибки для получения удовлетворительного результата уравнивания.

После внесения любых изменений в данные измерений точек при работе в модуле **Уравнивание блока** требуется запустить процесс уравнивания.

> *Если планируется использовать предыдущие результаты уравнивания в новом запуске процесса уравнивания, то установите флажок* ***Использовать текущее решение*** *на закладке* ***Уравнивание*** *окна* ***Параметры****.*

<u>Контрольные вопросы</u>

1. Для каких целей выполняют фототриангуляцию?
2. Каково назначение опорных и связующих точек при фототриангуляции?
3. В чём заключается внутреннее ориентирование?
4. По каким данным выполняется внешнее ориентирование?

Лабораторная работа № 7

ВЕКТОРИЗАЦИЯ ОБЪЕКТОВ НА ЦФС Photomod ДЛЯ СОЗДАНИЯ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНА

Цель работы: приобретение навыков векторизации в стереоскопическом режиме.

Исходные материалы и оборудование: цифровая модель местности, анаглифические очки, СПО Photomod Lite.

Задание: выполнить векторизацию объектов для создания топографического плана.

СОДЕРЖАНИЕ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Настройка стереоизображения для лучшего стереоэффекта

При работе в стереорежиме возникает задача настройки глубины стерео изображения для достижения наилучшего стереоэффекта в интересующей области исследуемого объекта. Эта задача особенно актуальна при работе с «глубокими» изображениями, т.е. с изображениями, имеющими большой разброс продольных (горизонтальных) параллаксов в области стереонаблюдения.

Для настройки стереоэффекта установите маркер редактирования в интересующую область и спроецируете его на поверхность рельефа или объекта (см. раздел Управление маркером). Затем нажмите клавишу **F2** или кнопку 2D-окна. Программа преобразует стереоизображения таким образом, чтобы нулевые значения продольного параллакса были в точке маркера, а наилучший стереоэффект – в окрестности этой точки или на её «глубине».

Для восстановления базовой «глубины» стереоэффекта нажмите клавишу **F3** или кнопку 2D-окна.

Для смены фазы стереорежима (т.е. для переключения между левым и правым снимком) нажмите клавишу **F11** или кнопку в 2D-окне.

Кроме того, для изменения глубины стерео изображения используйте сочетания клавиш **Shift-PgUp/PgDn** или **Shift-колесо**.

2. Создание векторного слоя с классификатором

Слой с векторными данными представляет собой векторные объекты (точки, полилинии, полигоны) с классификатором или без тематической классификации.

Обычный векторный слой с векторными данными представляет собой векторные объекты, не имеющие атрибутов (без тематической классификации). Для создания векторного слоя без классификатора служит команда меню **Век-**

тора | Создать слой. При этом в окне **Диспетчер слоев** (см. раздел Окно Диспетчер слоев) появляется новый слой (**Вектора**) с порядковым номером слоя и расширением *x-data*.

Векторный слой с классификатором представляет собой векторные объекты, привязанные к иерархическому классификатору системы **PHOTOMOD**.

Для создания векторного слоя с классификатором используется команда меню **Вектора | Создать слой с классификатором**, при этом в окне **Диспетчер** (см. раздел Окно Диспетчер слоев) появляется новый слой (Вектора) с порядковым номером слоя и расширением *x-data* и автоматически открывается окно классификатора (см. раздел Классификатор).

Все векторные объекты, создаваемые в слое с классификатором, привязываются к записям в классификаторе. Классификатор представляет собой набор стандартных атрибутов, используемых для тематической классификации объектов. Также для открытия окна классификатора используется команде меню **Окна | Классификатор**.

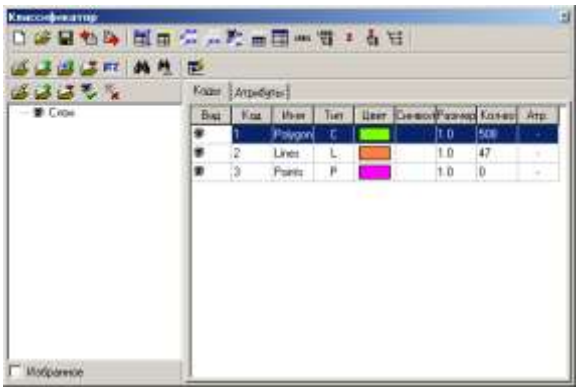


Рис. 20. Окно классификатора

В левой части находится список тематических слоёв проекта. Правая часть содержит список кодов векторных объектов и имеет две закладки: **Коды** и **Атрибуты**. На закладке **Коды** имеется таблица со следующими столбцами:

- **Вид** – показывает видимость объектов с выбранным кодом в 2D окне;
- **Код** – код объекта;
- **Имя** – произвольный текст, длиной не более 64 символов, позволяет присваивать каждому коду (группе объектов с выбранным кодом) уникальное имя – например «Грунтовые дороги»;
- **Тип** – тип объекта. Может иметь следующие значения: **P** – точка, **L** – полилиния, **C** – полигон;
- **Цвет** – цвет, который используется для отображения объекта;
- **Символ** – ASCII символ, соответствующий коду объекта. Используется для точечных объектов и может быть выбран из списка символов в имеющейся библиотеке;
- **Размер** – вещественное число, описывающее размер векторного объекта в используемой реальной системе координат. Для точек этот параметр

определяет размер символов, которыми они показываются на изображении;

- **Количество** – количество объектов, имеющих данный код
- **Атр**. – количество атрибутов у объекта.

В столбцах **Код**, **Имя**, **Тип** и **Количество** возможна сортировка записей щелчком мыши по заголовку.

Закладка **Атрибуты** в классификаторе предназначена для создания и редактирования атрибутивной информации. Если значок слева от названия слоя или кода объекта активен, то объекты, принадлежащие данному коду или слою, будут видимыми в 2D окне. Таким образом, щелчок по этой кнопке (или нажатие кнопок и находящихся над списком слоев) включает/выключает видимость выбранных объектов или слоёв в 2D окне.

Классификатор является инструментом систематизации векторных объектов. Можно, например, выделить все объекты одного кода и удалить их, или отображать различные классы объектов разными цветами. Коды векторных объектов используются при экспорте векторов в различные обменные форматы.

Для создания классификатора выберите пункт меню **Окна | Классификатор** и в открывшемся окне нажмите кнопку (**Новый классификатор**). Создание нового классификатора начинают с создания слоёв.

Рис. 21. Создание каталога слоёв в классификаторе

Создав список слоёв объектов, приступают к созданию списка объектов, принадлежащих слою с их кодами и атрибутами.

Для создания нового кода в классификаторе нажать кнопку (**Добавить код…**) верхнего кнопочного меню.

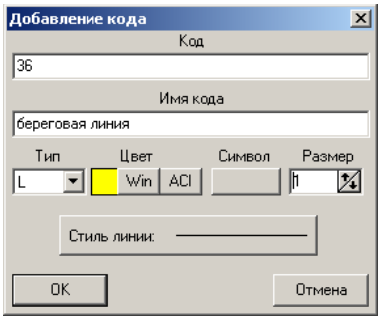


Рис. 22. Создание нового кода

В этом окне введите уникальный код объекта, имя объекта, а также присвойте объекту тип и соответствующие характеристики, а также присвойте объекту тип и соответствующие характеристики его отображения в 2D окне:

- для точечного объекта (тип P) – символ, цвет символа и размер;
- для линейного объекта (тип L) и полигона (тип C) – цвет линии и стиль.

3. Создание атрибутов

Для каждого кода векторных объектов можно добавить произвольные атрибуты, используя закладку **Атрибуты** в окне классификатора. Открывшаяся панель предназначена для создания таблицы атрибутов, полями которой являются:

- **Имя** – произвольное имя поля
- **Тип** – тип атрибута
- **Размер** (в байтах) – для численных типов атрибутов определяется автоматически, в противном случае задаётся пользователем (например, для текстовых атрибутов)
- **Точность** – число знаков после запятой для атрибутов типа float.

Для создания и редактирования таблицы атрибутов нажмите кнопку (**Редактировать атрибут)**, когда выбрана закладка **Атрибуты**, после чего откроется окно для редактирования параметров выделенного поля таблицы атрибутов.

Атрибутам, имеющим значение integer, присваиваются значения атрибутов, используя кнопки панели **Список значений**.

Рис. 23. Редактирование атрибута объекта

На закладке **Атрибуты** в классификаторе имеется контекстное меню, появляющееся после щелчка правой клавиши мыши и содержащее следующие команды:

- **Копировать атрибут** – позволяет копировать выбранный атрибут в буфер обмена;

- **Копировать все атрибуты кода** – позволяет копировать все атрибуты текущего кода в буфер обмена;
- **Вставить атрибуты** – позволяет вставлять атрибут(ы) из буфера обмена в список атрибутов текущего кода. Удобно таким образом переносить нужные атрибуты из других кодов таблицы кодов. Если необходимо перенести атрибуты из одного классификатора в другой, можно вставить атрибут из буфера обмена в текстовый файл, и, затем, открыв другой классификатор, в выбранный код объекта;
- **Присвоить высоту из атрибута** – присваивает объектам выбранного кода высоту (координату Z) из атрибута, либо введенного пользователем, либо полученным при импорте.

Для ввода значений атрибутов используется команда меню **Окна/Атрибуты объектов**. В открывшемся окне выбирается закладка **Атрибуты**. Вводятся значения атрибутов, щёлкнув по серому полю таблицы в колонке **Значение**.

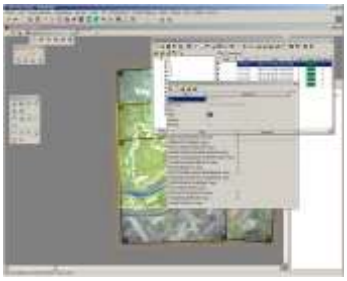


Рис. 24. Атрибуты векторных объектов

Для начала редактирования значения атрибута в ячейке таблицы выделите ячейку щелчком мыши и нажмите клавишу **F2**. Для окончания редактирования и сохранения введенного значения нажмите **Enter** или просто перейдите к другой ячейке значения атрибута, а для выхода без сохранения введенного значения нажмите **Esc**.

4. Создание подписей

Каждый векторный объект можно снабдить специальной подписью (label), которая будет визуализирована в 2D окне как подпись к точечному объекту или к вершине линейного объекта (если включена соответствующая опция в настройках. Такая подпись также будет визуализирована рядом со своим объектом после экспорта в файл DXF системы **AutoCAD**.

Для создания подписи выберите код объекта в классификаторе и нажмите кнопку (**установить заметку для текущего кода**) верхнего кнопочного меню классификатора.

Рис. 25. Создание подписи

В появившемся списке выберите источник (столбец в Списке кодов выбранного слоя), данные из которого будут помещены в подпись. Если выбран вариант **Значение атрибута**, то в ниспадающем меню **Атрибуты** выберите тот атрибут кода, который будет отображаться в виде подписи к объекту в 2D окне или в программе **AutoCAD** после экспорта объектов выбранного кода в файл DXF.

Если необходимо присвоить подпись всем объектам выбранного слоя, нажмите кнопку
(**установить заметку для всех кодов группы**). При этом подпись присваивается всем объектам в выбранном слое, поэтому присваивать её нужно после создания всех объектов перед их непосредственным экспортом в DXF.
После экспорта векторных объектов, имеющих подписи, в формат DXF (команды меню **Вектора | Импорт | DXF**, **Вектора | Экспорт | DXF** см. раздел Экспорт векторных объектов) и открытия этого слоя в системе **AutoCAD** все объекты на экране будут иметь подпись с соответствующим содержанием.

Записи классификатора могут быть привязаны к векторным объектам двумя способами:

- в процессе создания векторного объекта – выберите нужный код в классификаторе и начните векторизацию объекта. Код будет привязан к нему автоматически
- назначение кода существующему объекту. Если выбран векторный объект (группа объектов) в 2D окне, а также нужный код в классификаторе, нажмите кнопку (**присвоить код выбранным объектам**).

Список векторных объектов, имеющихся в проекте, можно отобразить в окне **Список объектов**, которое открывается по команде меню **Окна | Список объектов**.

Рис. 26. Выбор объекта в списке объектов и в 2D окне

В окне показываются номера объектов, их коды, имена, типы и атрибуты. Если установлен флажок **Выбрать объект на изображении**, щелчок по записи в таблице выделяет объект в 2D окне.

Список объектов можно сохранить в файл .dbf нажатием кнопки , находящейся в верхней части окна.

5. Создание векторных объектов

Векторные объекты (трёхмерные точки, линии и полигоны, CAD-объекты) используются главным образом для встраивания в TIN с целью его уточнения. К векторным объектам также относится разметка (см. раздел Разметка).

К типам 3D векторных объектов, с которыми работает **PHOTOMOD**, относятся:

- ***точка*** – точечный трёхмерный объект, определяемый в пространстве координатами X, Y, Z;
- ***полилиния*** – сложный объект, состоящий из набора узлов (*вершин*), соединённых *сегментами*. В случае прямолинейных сегментов полилиния представляет собой *ломаную*, дуговых сегментов – *кривую* (см. раздел Режим создания гладких кривых). Полилиния может быть замкнутой и незамкнутой. В случае создания замкнутой полилинии её первая и последняя точка совпадают пространственно;
- ***полигон*** – в системе PHOTOMOD полигоны представляет собой замкнутую полилинии, для удобства создания которых предусмотрен отдельный инструмент, позволяющий автоматически замыкать “полигоны” по завершении рисования. Однако объекты типа полигон, определенного в атрибутах на слое с классификатором будут восприниматься при экспорте как площадные объекты;
- ***CAD объекты*** – стандартные геометрические фигуры, см. раздел Создание CAD-объектов.

При создании векторных объектов используются инструменты управления стереомаркером.

Для входа в режим создания и редактирования векторных объектов выберите слой **Вектора** в **Диспетчере** или создайте его (**Вектора/Создать слой** или **Вектора/ Создать слой с классификатором**).

Рис. 27. Создание векторных объектов

Для создания точки:

- войдите в режим создания точек (нажав клавишу **P** или кнопку панели инструментов **(режим ввода точечных объектов)**;
- поместите маркер в нужное место;
- нажмите **Insert** для ввода точки.

Для создания полилинии:

- войдите в режим создания полилиний (нажав клавишу **L** или кнопку панели инструментов **(режим ввода незамкнутых полилиний)**;
- для каждой вершины линии:
- поместите маркер в нужное место;
- нажмите **Insert** для ввода вершины;
- нажмите **Enter** или **Esc** для завершения создания полилинии.

Для замыкания полилинии в процессе её создания выберите команду **Вектора | Топология | Замкнуть полилинию** (или сочетание клавиш **Shift-C**) после ввода последней вершины.

Для создания полигона:

- войдите в режим создания полигонов (нажав клавишу **G** или кнопку панели инструментов **(режим ввода полигонов)**
- для каждой вершины полигона:
- поместите маркер в нужное место (см. раздел Управление маркером);
- нажмите **Insert** для ввода вершины;
- нажмите **Enter** или **Esc** для автоматического замыкания и завершения создания полигона.

Создание ортогональных объектов

При векторизации некоторых типов объектов – например, зданий, необходимо, чтобы полилиния или полигон состояли из сегментов, расположенных под прямым углом.

Включение прямоугольного режима осуществляется:

- нажатием клавиши **A** (латинской) – если необходимо, чтобы часть линии была прямоугольной, при вводе очередного сегмента линии нажмите и удерживайте эту клавишу, для продолжения линии в обычном режиме отпустите клавишу;
- кнопки панели инструментов – для включения постоянного ортогонального режима векторизации.

Режим ортогональной линии используется при создании, как полилиний, так и полигонов.

Для того чтобы замкнуть полилинию в прямоугольном режиме, воспользуйтесь командой меню **Вектора | Топология | Замкнуть полилинию** (которая

дублируется сочетанием клавиш **Shift-C**) после ввода последней вершины, после этого нажмите клавишу **Esc**.

Создание CAD-объектов

Для создания векторных объектов стандартной геометрической формы используется дополнительное меню, вызываемое по команде **Редактирование | Режим ввода объектов | CAD-объекты**.

Нажатие кнопки открывает нижнюю часть окна, содержащую настройки параметров для каждого типа объекта, в соответствии с которыми он будет создан. В ниспадающем списке выберите один из способов построения, описанных ниже для каждого типа объектов.

В системе **PHOTOMOD** CAD-объекты, представленные в виде кривых, аппроксимируются ломаными линиями, поэтому кривизну объекта можно изменять, задавая **точность** аппроксимации – максимальное расстояние от звена ломаной до кривой на участке между двумя ближайшими вершинами. **Точность** построения задается для объектов, содержащих участки кривых (эллипс, окружность, дуга, сектор, сегмент) и имеет значение по умолчанию – 0.5, в единицах измерения текущего проекта.

Примечание: для построения в слое с классификатором линейных CAD-объектов (дуг) в классификаторе должен быть выбран соответствующий тип (L), а для площадных – тип (C).

После выбора типа и параметров объекта создайте его в 2D окне. По окончании построения нажмите клавишу **Enter**, для отмены создания объекта – **Esc**.

Можно также преобразовать уже имеющийся векторный объект(ы) в геометрическую фигуру, как описано в разделе Преобразование объекта в геометрическую фигуру.

Для загрузки векторных объектов используется команда меню **Вектора/Открыть**, открывающая окно **Открыть** для выбора векторных файлов (*.x-data) в ресурсах активного профиля. При этом при выборе нескольких файлов предлагается два варианта загрузки: загрузить все в один слой или загрузить каждый файл в отдельный слой. При этом в **Диспетчере слоев** появляются соответствующие слои **Вектора.**

Если в текущем проекте уже загружен один или несколько векторных слоев, то при загрузке другого слоя открывается следующее окно:

Рис. 28. Окно Загрузка

- **Очистить слой и продолжить загрузку в него** – векторные данные активного слоя заменяются открывающимися векторами.
- **Создать новый слой и продолжить загрузку данных в него** – векторные данные загружаются в новый слой.
- **Добавить в слой новые данные, не удаляя имеющиеся** – векторные данные добавляются при загрузке к объектам активного векторного слоя.

Команда меню **Вектора / Предыдущие** позволяет быстро открыть векторные ресурсы, которые недавно загружались.

Для сохранения и перезаписи текущего слоя с векторными данными используется команда **Вектора / Сохранить** и **Вектора / Сохранить как** для сохранения его под новым именем.

Для того чтобы вернуться к состоянию векторного слоя на момент последнего сохранения воспользуйтесь командой меню **Вектора / Вернуться к сохраненному**.

Контрольные вопросы

1. Что представляет собой слой с векторными данными?
2. Что представляет собой классификатор?
3. Какие поля предусмотрены при создании таблицы атрибутов?
4. Как создать полилинии?
5. Как создать полигон?

Лабораторная работа № 8

ПОСТРОЕНИЕ ЦМР НА ЦФС Photomod

Цель работы: приобретение навыков построения ЦМР.

Исходные материалы и оборудование: пространственные векторные объекты, созданные в процессе векторизации; ЦФС Photomod.

Задание: 1. Построить TIN.
2. Построить горизонтали по TIN.

СОДЕРЖАНИЕ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Общие положения

Основным видом цифровой модели рельефа (ЦМР) является нерегулярная пространственная сеть треугольников – **TIN** (Triangulated Irregular Network). **TIN** может быть преобразован в регулярную сеть с образованием **матрицы высот** или представлен как совокупность **горизонталей**.

TIN в системе **PHOTOMOD** строится на основе базовых слоев, содержащих векторные объекты – точки, полилинии и полигоны, и перестраивается “на лету” при редактировании базовых векторных слоев. Кроме того, при создании TIN можно включить построение квазигоризонталей – изолиний с заданным шагом, проходящих через стороны треугольников TIN. Квазигоризонтали являются неотъемлемой частью TIN и так же динамически перестраиваются вместе с TIN при редактировании векторных объектов базовых слоев. То есть TIN не существует без “векторов” и его нельзя отредактировать (непосредственно ребра и вершины треугольников сети), так как TIN содержит только относительные пути к базовым слоям, а также шаг квазигоризонталей. При сохранении/открытии TIN сохраняются/загружаются все базовые векторные слои.

Исходными данными для создания TIN служат пространственные векторные объекты (точки, полилинии и полигоны), созданные в процессе стереовекторизации. Основой TIN могут являться *пикеты* – точечные векторные объекты, не несущие смысловой нагрузки, созданные на рельефе по регулярной сетке или в произвольном порядке и покрывающие выбранную область построения TIN. Для достижения хороших результатов при создании TIN рекомендуется также использовать *структурные линии* – векторные полилинии вдоль характерных форм рельефа таких, например, как хребты и тальвеги, а также линейные объекты антропогенного происхождения, например, вдоль дорог.

TIN строится с учетом *всех объектов всех выбранных векторных слоев* (базовых слоев) и динамически перестраивается при любом изменении базовых слоев – добавлении/удалении/ редактировании “векторов” на указанных слоях.

Рис. 29. Исходные данные для построения TIN – векторные объекты

2. Подготовка базовых слоев для создания TIN

Подготовка базовых слоев для создания TIN подразумевает определение набора слоев с векторными объектами, полученными в результате стереовекторизации.

В качестве основы TIN также могут использоваться векторные слои, содержащие:

- *Пикеты* – точечные объекты, созданные на рельефе по регулярной сетке или в произвольном порядке.

- *Структурные линии* – векторные полилинии/полигоны, нарисованные вдоль характерных протяженных форм рельефа (таких, например, как бровки, хребты и тальвеги), а также вдоль дорог.
- *Точки триангуляции* – связующие/контрольные/опорные точки, полученные на этапе измерения сети.

После подготовки базовых слоев, определения границ TIN, можно переходить к построению TIN. Построенный TIN будет перестраиваться динамически при любом редактировании векторных объектов тех слоев, на основании которых он построен.

3. Создание пикетов

Пикеты – это точечные векторные 3D объекты, созданные на поверхности рельефа. Пикеты наряду с другими векторными слоями используются в качестве базового слоя при построении TIN. Пикеты можно создавать с помощью коррелятора. В системе **PHOTOMOD** предусмотрены три режима создания пикетов:

- ***Вручную в стереорежиме (без помощи или с использованием коррелятора)***. Для добавления точки поместите маркер на любую точку поверхности модели и нажмите клавишу **Insert**. При добавлении пикета с помощью коррелятора, нажмите клавишу **Пробел** для анализа корреляции (в строке состояния), после которого добавьте пикет (**Insert)** или нет. Параметры коррелятора настраиваются в окне настроек (**Сервис / Параметры / Коррелятор)**.
- ***В полуавтоматическом режиме профилирования (без помощи или с использованием коррелятора)***, который предполагает предварительное построение регулярной сетки и последовательное прохождение всех узлов регулярной сетки на предмет добавления пикета вручную с коррелятором или без или пропуска узла. Параметры коррелятора для режима профилирования также задаются в окне настроек
- ***В автоматическом режиме с использованием коррелятора***. Этот способ также предполагает создание регулярной сетки узлов, в окрестностях которых коррелятор будет пытаться вычислить пространственные координаты и создать пикеты. Автоматический способ предоставляет широкие возможности: автоматический обход узлов сетки, настройка от одного до трех обходов узлов с разными параметрами коррелятора, контроль точности, отбраковка и фильтрация пикетов, сохранение оценки качества. Параметры коррелятора при автоматическом расчете пикетов настраиваются в окне **Расчет пикетов**.

4. Создание сетки

Для создания пикетов в автоматическом режиме с использованием коррелятора или в полуавтоматическом режиме профилирования необходима регулярная сетка с заданным шагом – частотой нанесения узлов, в окрестностях ко-

торых будут рассчитываться пространственные координаты и создаваться пикеты.

Сетку можно построить на весь блок изображений, любую часть блока или на выбранную стереопару. Форма границ сетки может быть любой – прямоугольник или произвольный полигон.

Для создания сетки выполните команду меню **Сетка / Создать** (дублируется кнопкой в панели инструментов **PHOTOMOD Core**). При этом в **Диспетчере слоев** появляется новый слой *Сетка*. Для создания сетки с произвольной границей используйте режим группового выделения полигоном (кнопка) и при нажатой кнопке **Shift** определите левой кнопкой мыши все узлы границы – области построения сетки. Завершите создание произвольных границ сетки двойным щелчком мыши. Например, при определении области сетки можно руководствоваться разметкой

Сразу после явного определения границ сетки создается сеть узлов с заданными ранее или используемыми по умолчанию параметрами. В окне Диспетчер слоев можно изменить параметры отображения сетки. Для этого щелкните мышью по цветному квадратику слева от слоя. Открывается окно **Параметры отображения слоя**, которое позволяет настроить цвет узлов и границ сетки, а также тип и размер символа для отображения узлов сетки. Дополнительные параметры отображения сетки – настройка показа сетки в виде сплошной заливки и размер узлов – находятся в окне **Настройки** на закладке **Сетка** (**Сервис / Параметры**).

В окне **Настройки**, вызываемом командой меню **Сервис / Параметры**.

Для изменения параметров созданной сетки (слой должен быть активен) выполните команду меню **Сетка / Свойства**. Откроется окно **Свойства сетки.**

Рис. 30. Параметры регулярной сетки узлов

- **Шаг по X** и **Шаг по Y** – частота нанесения узлов соответственно по осям X и Y в метрах;
- **Угол поворота** – угол поворота сетки в градусах – означает угол поворота сети узлов, а не области (полигона), определяющей границы построения сетки. Параметр нужен при сильных наклонах снимков относительно геодезической системы координат;
- **Уровень Z** – уровень сетки над рельефом (в метрах) для правильного отображения сетки (при котором создаваемые пикеты не будут визуально “улетать” от узлов).

Для просмотра сетки нажмите кнопку **Применить**. Для изменения параметров нажмите **ОК**.

Созданную сетку можно сохранить в ресурсах текущего профиля. Для этого предусмотрена команда меню **Сетка / Сохранить** (**Сохранить как**). Сетка сохраняется в файл с расширением *x-grid*. Для открытия ранее сохраненной сетки выполните команду меню **Сетка / Открыть**.

5. Автоматический расчет пикетов

В системе предусмотрена возможность *автоматического расчета пикетов* с помощью *коррелятора* в областях перекрытия снимков стереопар по *регулярной сетке узлов.* Под *автоматическим расчетом пикета* понимается автоматическое вычисление пространственных координат XYZ точки в области перекрытия снимков и последующее создание *векторного точечного объекта* в этой точке.

Полученные *пикеты* используются как векторная основа для создания ЦМР.

Принцип *автоматического расчета пикетов* заключается в следующем. Для каждой выбранной *ориентированной стереопары* автоматически выполняется обход всех *узлов сетки*, попадающих в область перекрытия снимков *стереопары*, и попытка вычислить пространственные координаты в окрестности каждого *узла сетки* с помощью *коррелятора*. В случае успешной корреляции осуществляется контроль точности координат каждой найденной точки, по результатам которого точка либо добавляется в целевой векторный слой как векторный точечный объект либо исключается. В случае если не удалось вычислить пространственные координаты в окрестности какого-либо *узла сетки*, он пропускается и осуществляется переход к следующему *узлу сетки*.

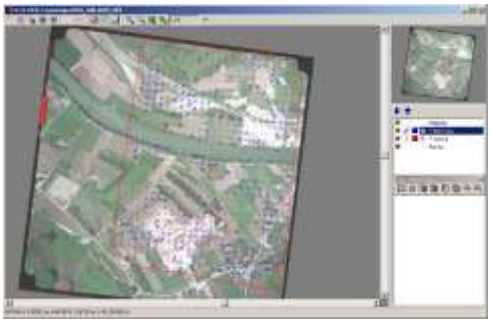


Рис. 31. Автоматический расчет пикетов на выбранной стереопаре

Выполнение автоматического расчета пикетов

Перед началом работы выполните следующие подготовительные действия:

1. Определите *область поиска* – стереопары блока для автоматического расчета пикетов.

2. Постройте регулярную сетку узлов для выбранной *области поиска*.
3. Выделите изображения, входящие в состав выбранных стереопар, в **2-D окне (блок)** или откройте выбранную стереопару в **2-D окне (стереопара)**.

Для автоматического расчета пикетов выберите пункт меню **Вектора / Расчет пикетов**. Если слой сетки был создан и активизирован предварительно, то сразу откроется окно **Расчет пикетов**. Иначе, перед открытием окна **Расчет пикетов** автоматически создается сетка *на весь блок изображений* и открывается окно **Свойства сетки** для определения параметров сетки.

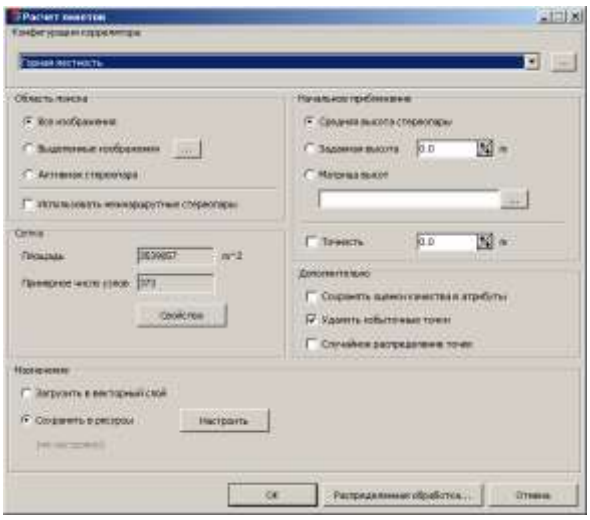


Рис. 32. Окно Расчет пикетов

6. Открытие базовых слоев

Для открытия базовых векторных слоёв, необходимых для построения TIN, используется команда **Вектора / Открыть**. Выбрать файл с векторными данными в ресурсах профиля (файл с расширением x-data). Нажать кнопку **Открыть**. При этом, если какие-либо векторные слои уже были открыты, откроется окно **Загрузка**, в котором надо определить, в каком слое будут открываться векторные объекты.

Рис. 33. Окно загрузки

Возможны следующие варианты загрузки векторных данных.

- **Очистить и продолжить загрузку в него** – активный векторный слой очищается от данных и в него загружаются объекты выбранного файла. При этом слой переименовывается в соответствии с именем загружаемого файла.

Если при загрузке ни один из ранее открытых векторных слоёв не активен, то предлагается последний открытый векторный слой.

- **Создать новый слой и продолжить загрузку данных в него** – для объектов выбранного файла создается новый слой с именем, которое формируется следующим образом: “Имя выбранного файла.x-data (Вектора (N))”, где N – порядковый номер очередного векторного файла.
- **Добавить в слой Вектора (N) новые данные, не удаляя имеющиеся** – не очищает активный векторный слой с номером N, а добавляет в него векторные объекты выбранного слоя. Если при загрузке ни один из ранее открытых векторных слоев не активен, то предлагается последний открытый векторный слой.

При загрузке сразу нескольких файлов с векторными объектами предлагается также загрузка всех объектов всех выбранных векторных файлов в один новый слой или создание отдельных слоёв для каждого векторного файла.

7. Построение TIN

После формирования и открытия базовых векторных слоёв можно приступить к созданию TIN. При этом, можно заранее определить границы будущего TIN.

Для построения TIN служит команда меню **TIN / Построить**, при выполнении которой открывается окно Создать TIN.

Окно **Создать TIN** вызывается командой меню **TIN / Построить** и содержит следующие параметры:

Рис. 34. Окно Создать TIN

В разделе **Исходные данные** содержится список всех открытых векторных слоев (по умолчанию все выбраны в списке). Выберите базовые слои, на основе которых будет создаваться и динамически перестраиваться TIN. Для выбора базовых слоев также можно использовать инструменты **Выбрать все** и **Отменить выбор для всех**.

Квазигоризонтали – изолинии, динамически рисующиеся по сторонам треугольников TIN. Квазигоризонтали являются неотъемлемой частью TIN и так же перестраиваются “на лету” вместе с TIN при редактировании базовых слоев. Квазигоризонтали как правило используются для дополнительного контроля качества построения TIN и выявления грубых ошибок. При необходимости, включите опцию **Отображать** и задайте начальный уровень и шаг изолиний в метрах.

Раздел **Граница** позволяет:

– определить тип TIN на границе – выпуклый или невыпуклый. В этом случае, TIN будет “покрывать” все векторные объекты базовых слоев.

– построить TIN по заданной границе - полигону (полигонам) указанного векторного слоя. TIN будет рассчитываться только в пределах указанных областей-полигонов. TIN, построенный по полигонам, будет выпуклым на границе.

Нажмите ОК. В случае, если в **Диспетчере слоев** уже содержится TIN, откроется окно **Загрузка** с опциями выбора загрузки – очистить текущий слой с TIN и загрузить в него или загрузить в новый слой.

Настроить параметры отображения TIN в 2D-окне можно в окне **Настройки** (команда меню **Сервис / Параметры**) на закладке **TIN**. Параметры позволяют настроить отображение TIN в виде раскрашенных по высоте треугольников или в виде сплошной заливки. Также можно настроить “сглаживание” квазигоризонталей и ребер треугольников TIN при отображении (улучшить визуальное восприятие). См. раздел Настройки отображения TIN.

Также построенный TIN можно посмотреть в 3D окне, которое содержит множество инструментов для трехмерной визуализации (вращение, перемещение, различные способы отображения модели и т.д.) Для этого выполните команду меню **Окна / 3D окно**. См. также описание настроек 3D окна в раздел 3D Окно.

Для сохранения TIN используется команда **TIN / Сохранить** или **TIN / Сохранить как**. TIN сохраняется в ресурсах профиля в файле с расширением x-tin, который содержит относительные пути к векторным ресурсам – базовым слоям, а также шаг квазигоризонталей. При сохранении TIN базовые слои, если они не сохранены, сохраняются автоматически.

Для загрузки TIN используется команда меню **TIN / Открыть**. Выберите в ресурсах профиля TIN для загрузки (файл с расширением x-tin) и нажмите кнопку **Открыть**. TIN загружается вместе с базовыми векторными слоями (если они уже не открыты). Можно загрузить несколько TIN, поместив их в отдельные слои. А можно при загрузке очередного TIN заменить существующий TIN.

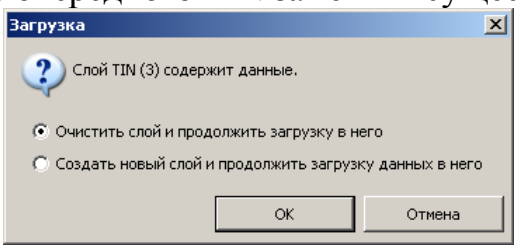


Рис. 35. Окно загрузка

Перед закрытием выбранного TIN (меню **TIN | Закрыть**) предлагается сохранить его в ресурсах профиля, затем предлагается также закрыть сопровождающие его базовые слои.

При закрытии одного из базовых слоев, закрывается и сам TIN. Перед закрытием предлагается сохранить его в ресурсах профиля.

8. “Редактирование” TIN

В системе **PHOTOMOD** TIN не существует без “векторов” и его нельзя отредактировать (т.е. его вершины и ребра), так как TIN содержит только относительные пути к базовым векторным слоям, а также шаг квазигоризонталей. Внести изменения в сеть треугольников (TIN) возможно только при редактировании основы – векторных объектов базовых слоев. TIN вместе с квазигоризонталями перестраивается “на лету” при редактировании базовых слоев. См. разделы Редактирование векторных объектов.

Для “редактирования” TIN в системе **PHOTOMOD** предусмотрены следующие средства:

- **Фильтрация** – прореживание, фильтр выбросов и фильтр по Z-диапазону, которые применяются к объектам базовых векторных слоев.
- **Проверка топологии** – поиск близлежащих вершин TIN (т.е. соответствующих им точек или узлов полилиний/полигонов базовых векторных слоев) и исправление топологии.

Для редактирования TIN имеются три фильтра – прореживание, фильтр выбросов и фильтр по Z-диапазону. В случае применения прореживания и фильтра выбросов происходит удаление “плохих” пикетов (векторных точечных объектов), которые являются вершинами TIN. То есть удаление вершины TIN означает удаление соответствующей ей векторной точки. В случае применения фильтрации по высоте происходит удаление точечных объектов, а также узлов полилиний/ полигонов, значение Z-координаты которых не попадает в заданный диапазон.

9. Построение горизонталей по TIN

Исходным данными для построения горизонталей является модель рельефа, представленная в виде нерегулярной сети треугольников (TIN) или регулярной матрицы высот (DEM). Кроме того предусмотрена возможность построения горизонталей по гладкой модели на основании объектов векторных слоев с заданной точностью (см. раздел Построение горизонталей по гладкой модели).

Для построения горизонталей по TIN выберите команду **Вектора / Построить горизонтали / По TIN**. Открывается окно **Построить горизонтали по TIN**.

Рис. 36. Параметры построения горизонталей

Настройте следующие параметры:

- **Начальный уровень** – минимальный уровень по Z, начиная с которого будут строиться горизонтали. Информацию о перепаде высот TIN (Zmin, Zmax) можно посмотреть в окне статистики, открывающемся из выпадающего меню по щелчку правой кнопкой по слою TIN или при выполнении команды меню **Редактирование | Информация о слое**.
- **Шаг** – высота сечения рельефа в метрах.
- **Основные горизонтали** – шаг основных горизонталей (рассчитывается автоматически). Если не задано построение дополнительных горизонталей, то шаг основных горизонталей равен высоте сечения рельефа.
- **Утолщенные горизонтали** – построение утолщенных горизонталей с шагом, составляющим 5 шагов основных горизонталей (рассчитывается автоматически).
- **Дополнительные горизонтали** – построение дополнительных горизонталей с шагом равным шагу основных горизонталей (шаг основных горизонталей при этом пересчитывается и составляет 2 высоты сечения рельефа).
- **Сглаживание** – опция для создания горизонталей в виде гладких кривых с заданной степенью сглаживания (с помощью ползунка).
- **Пропускать горизонтали длиной менее (м)** – позволяет исключить очень короткие горизонтали.
- **Нажмите ОК**. Создается слой *Вектора* и запускается процесс построения горизонталей.

Для редактирования построенных горизонталей используйте обычные инструменты редактирования векторных объектов.

Горизонтали представляют собой обычные векторные объекты – полилинии, созданные на отдельном слое *Вектора*. Поэтому для сохранения слоя с горизонталями сделайте его активным в **Диспетчере слоев** и выполните команды **Вектора / Сохранить** для перезаписи текущего файла и **Горизонтали / Сохранить как** для определения имени файла и места размещения в ресурсах профиля.

Для открытия горизонталей используется команда меню **Вектора / Открыть**. Открывается окно ресурсов профиля. Выберите векторный файл с горизонталями. Векторные ресурсы имеют расширение x-data. Можно открыть не-

сколько ресурсов с горизонталями одновременно, поместив их в различные слои.

Возможны следующие способы открытия горизонталей:

- **Очистить слой и продолжить загрузку в него** – активный векторный слой очищается от данных и в него загружаются выбранные горизонтали. При этом слой переименовывается в соответствии с именем загружаемого файла. Если при загрузке ни один из ранее открытых векторных слоев не активен, то предлагается очистить последний открытый векторный слой.
- **Создать новый слой и продолжить загрузку данных в него** – для горизонталей создается новый слой с именем, которое формируется следующим образом: “Имя выбранного файла.x-data (Вектора (N))”, где N – порядковый номер очередного векторного файла.
- **Добавить в слой Вектора (N) новые данные, не удаляя имеющиеся** – горизонтали добавляются к объектам активного слоя. Если при загрузке ни один из ранее открытых векторных слоев не был активен, то предлагается последний открытый векторный слой.

10. Операции с горизонталями

Построенные горизонтали представляют собой векторные полилинии, состоящие из прямолинейных сегментов (ломаные) или дуговых сегментов (кривые), поэтому к ним применимы все операции редактирования полилиний/кривых. См. разделы Редактирование векторных объектов, в том числе Редактирование полилинии / полигона и Редактирование кривых.

Кроме того предусмотрены следующие операции с горизонталями:

- контроль горизонталей на пересечения и самопересечения (см. раздел Контроль пересечений горизонталей);
- контроль построения горизонталей по пикетам загруженного векторного слоя (см. раздел Контроль горизонталей по пикетам);
- автоматическая сшивка горизонталей (см. раздел Сшивка горизонталей);
- контроль сшивки горизонталей (см. раздел Проверка сшивки горизонталей) – поиск и устранение разрывов между горизонталями.

Контроль пересечений горизонталей

В результате сглаживания горизонталей могут возникнуть их пересечения и самопересечения.

Для проверки горизонталей на пересечения выполните команду **Вектора | Операции с горизонталями | Контроль пересечений горизонталей**. Если необходимо проверять пересечения только соседних горизонталей, установите флажок **Проверять только соседние горизонтали** перед запуском процедуры

поиска пересечений. После окончания процесса открывается список, содержащий координаты точек пересечений горизонталей.

Выбор точки в списке (щелчком мыши) приводит к отображению пересечения в 2D-окне (позиционированию маркера в точку пересечения) для последующего редактирования (см. раздел Редактирование векторных объектов).

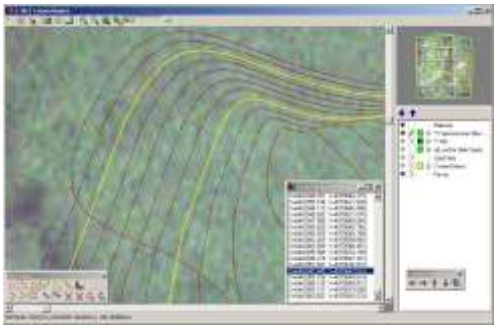


Рис. 37. Контроль пересечений горизонталей

Контроль горизонталей по пикетам

После построения горизонталей можно проверить их, сравнив с имеющимися пикетами на ту же территорию. Для выполнения процедуры контроля слои горизонталей и пикетов должны быть открыты. Выполните команду меню **Вектора / Операции с горизонталями | Контроль горизонталей по пикетам**. После выполнения команды укажите последовательно в соответствующих окнах слой горизонталей, слой пикетов и задайте максимальное отклонение по Z в метрах.

Принцип контроля горизонталей по пикетам следующий. Строится *“внутренний” TIN* (сеть треугольников по узлам горизонталей) и в точке с координатами X,Y каждого пикета сравнивается высота этого TIN с Z-координатой пикета.

По окончании процедуры сравнения высот появляется список найденных ошибок. В списке отображаются последовательный номер **N** и **X**,**Y**,**Z**-координаты пикета, далее указывается Z-диапазон соседних горизонталей (**Ext**), между которыми найден этот пикет. Последнее поле – поле ошибок, выявленных в результате сравнения. Ошибки бывают двух типов:

- пикет по высоте “вылетает” (Z-координата пикета выходит за пределы Z-диапазона соседних горизонталей). В этом случае поле ошибок остается пустым (высота TIN в точке не вычисляется).
- разница высот TIN и пикета превышает установленное максимальное отклонение. В этом случае в поле отображается вычисленная в точке Z-координата TIN (**Z’**).

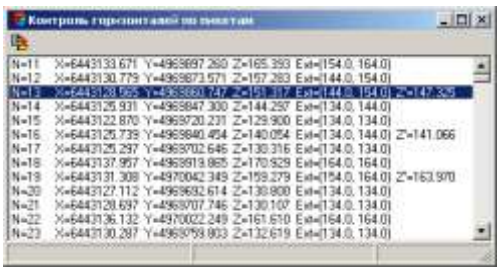


Рис. 38. Ошибки, выявленные при максимальном отклонении в 1м

Щелчок мыши по записи в списке приводит к отображению пикета и соседних горизонталей и перемещению маркера в выбранный пикет в 2D-окне для редактирования положения горизонталей в стереорежиме. Для сохранения списка ошибок в текстовый файл используется кнопка .

<u>Контрольные вопросы</u>

1. Виды ЦМР.
2. Исходные данные для построения TIN.
3. Порядок работы при создании TIN.
4. Порядок построения горизонталей по TIN.

Лабораторная работа № 9

ФОРМИРОВАНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНА М-БА 1:2 000 В ПРОГРАММЕ AutoCad

Цель работы: приобретение навыков формирования электронного топографического плана.

Исходные материалы и оборудование: пространственные векторные объекты, созданные в процессе векторизации; горизонтали, построенные по TIN; компьютерный класс; программа AutoCad.

Задание: Сформировать электронный топографический план, руководствуясь “ Условными знаками для топографических планов масштабов 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000, 1:500”, изд. 2000 г.

СОДЕРЖАНИЕ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Формирование плана выполнить в следующей последовательности:

1. Экспорт слоя векторы и слоя горизонтали в AutoCad.
2. Оформление топографического плана.
3. Приведение плана к масштабу 1:2 000.

4. Вывод электронного плана на печать.

1. Экспорт слоя векторы и слоя горизонтали в AutoCad

Экспорт слоёв производится в формате DXF: **Векторы / Экспорт / DXF**. В AutoCad при сборе слоёв создаётся искомая модель.

2. Оформление топографического плана

Оформление плана заключается в вычерчивании ситуации, рельефа, крестов координатной сетки, а также зарамочном оформлении инструментами AutoCad в соответствии с действующими условными знаками.

3. Приведение плана к масштабу 1:1 000

Перейти с вкладки **Модель** на вкладку **Лист**.

Для выставления масштаба необходимо правее надписи **Модель** нажать на масштаб видового экрана.

Рис. 39. Выставление масштаба

Если в перечне нет необходимого масштаба, то нажать **Пользовательский**.

Рис. 40. Редактирование масштаба

Нажать **Добавить** и в открывшемся окне ввести необходимые параметры.

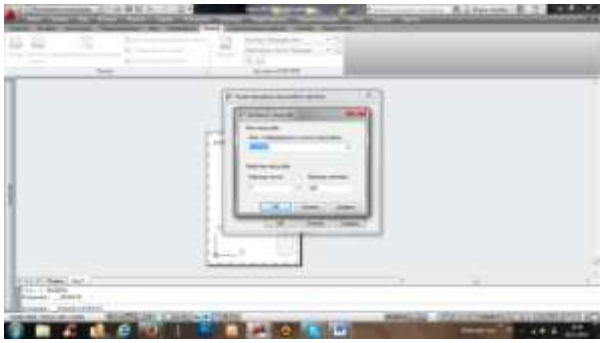


Рис. 41. Окно Добавить масштаб

Нажать **Ок**.
В списке появится созданный масштаб.
Нажать **Ок**.

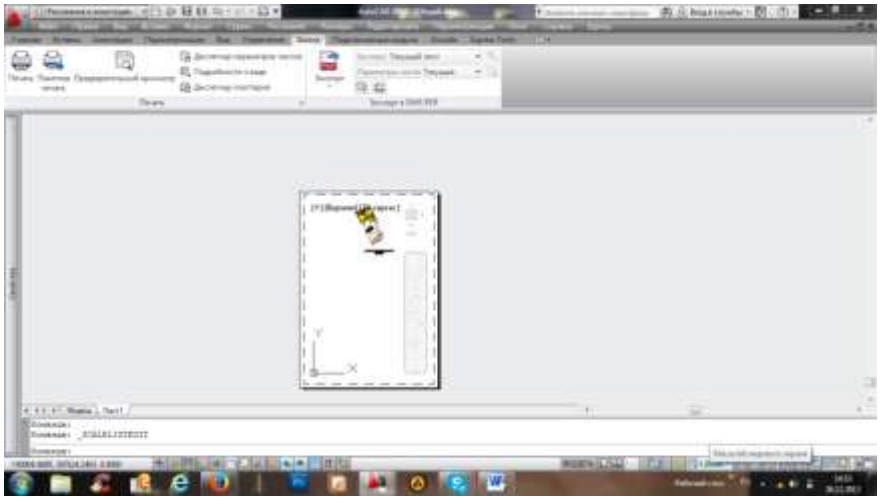


Рис. 42. Видовой экран

Нажать на масштаб видового экрана и в открывшемся списке выбрать необходимый. Затем нажать **Модель** и выйти из модели листа.

4. Вывод электронного плана на печать

Сформированный и оформленный план отпечатать на принтере (размер А4) в установленном масштабе (рис. 43).

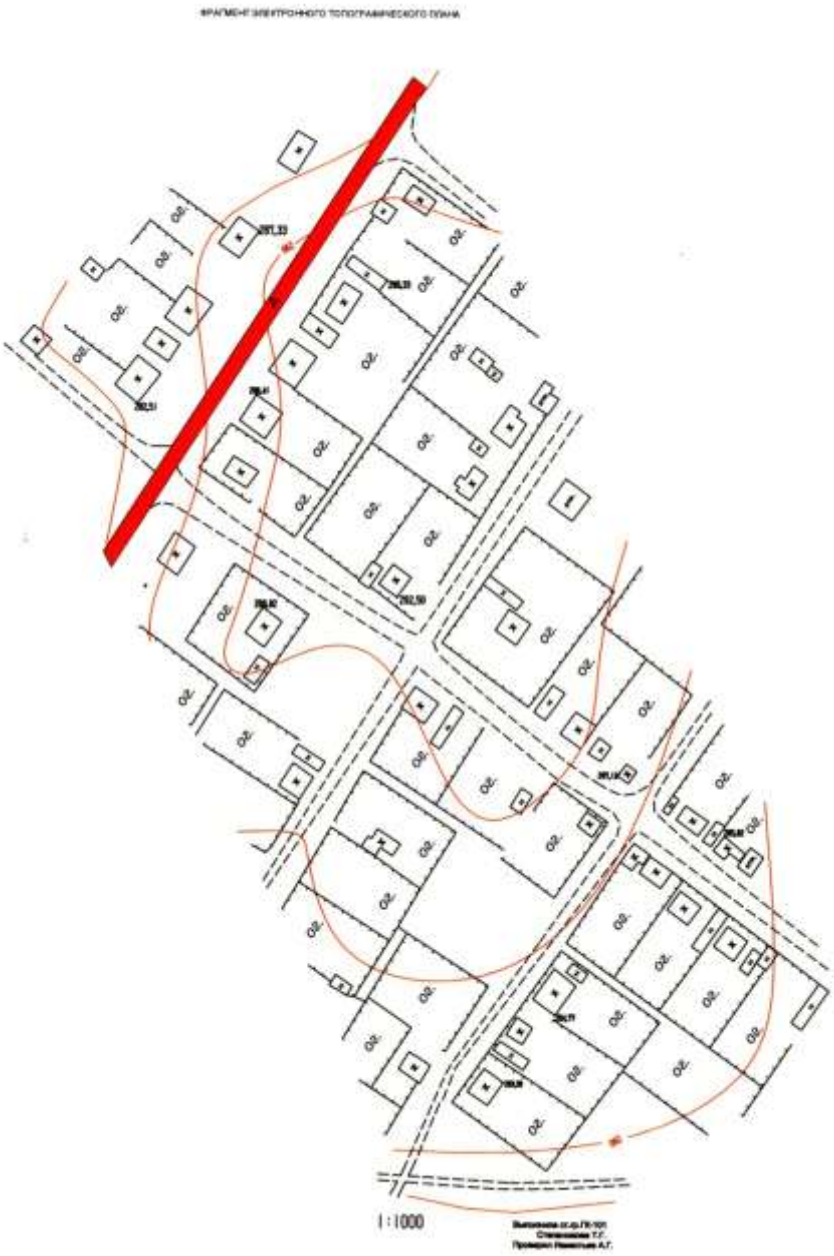


Рис. 43. Фрагмент топографического плана

<u>Контрольные вопросы</u>

1. Как экспортировать слои в AutoCad?
2. Как выставить требуемый масштаб?

Рекомендуемая литература

1. Назаров, А. С. Фотограмметрия. – Минск: ТетраСистемс, 2010.

2. Обиралов А. И. Фотограмметрия и дистанционное зондирование / А. И. Обиралов, А. Н. Лимонов, Л. А. Гаврилова. – Москва: КолосС, 2006.

3. Изместьев, А. Г. Обработка снимков на стереокомпараторе: мет. указания к лабораторным работам по дисциплине «Фотограмметрия и дистанционное зондирование» и дисциплине «Основы аэрогеодезии и современные методы изысканий автомобильных дорог» [Электронный ресурс] для студентов направления 120700.62 «Землеустройство и кадастры», профиля «Городской кадастр», и для студентов направления 270800.62 «Строительство», профиля 270815.62 «Автомобильные дороги» / А. Г. Изместьев; КузГТУ. – Электрон. дан. – Кемерово, 2014.

4. Изместьев, А. Г. Дистанционные методы зондирование Земли: учеб. пособие [Электронный ресурс]: для студентов направления подготовки 21.05.04. «Горное дело», образовательная программа «Маркшейдерское дело» / А. Г. Изместьев; КузГТУ. – Электрон. дан. – Кемерово, 2016.