

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный университет геодезии и картографии»
(МИИГАиК)

Учебно-методическое пособие по дисциплине
ГЕОДЕЗИЯ:
методические указания по выполнению курсовой работы
для студентов заочной формы обучения

по направлению подготовки 21.03.03 Геодезия и дистанционное зондирование

Составители: Алексашина Е.В., доцент кафедры геодезии, к.т.н.
Клыпин И.А., доцент кафедры геодезии, к.т.н.
Козлова Е.А., старший преподаватель кафедры геодезии

*Рекомендовано к использованию в учебном процессе МИИГАиК
решением Редакционно-издательского совета
(протокол №__ от «__» _____ 2021 г.)*

Рецензенты: Литвиненко М.В., декан факультета дистанционных форм обучения
МИИГАиК, д.п.н.
Лапшин А.Ю., начальник отдела космической геодезии ФГБУ
«Центр геодезии, картографии и ИПД» (бывш. ЦНИИГАиК), к.т.н.

Москва, 2021 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ТРЕБОВАНИЯ К ЗНАНИЯМ, УМЕНИЯМ, КОТОРЫЕ СТУДЕНТ ДОЛЖЕН БУДЕТ ПРОДЕМОНСТРИРОВАТЬ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ УЧЕБНО-ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ХОДЕ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ.....	3
УСЛОВИЯ ДОПУСКА РАБОТЫ К ЗАЩИТЕ И ОБЩИЙ ПОРЯДОК ДОПУСКА ВЫПОЛНЕННЫХ СТУДЕНТАМИ РАБОТ К ЗАЩИТЕ.....	4
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПЛАНОВО-ВЫСОТНОГО ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ	5
1.1. Проект аэрофотосъёмки и размещения планово-высотных опознаков	6
1.2. Проект геодезической сети сгущения	12
1.3. Проектирование съёмочной сети	20
ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ “КРЕДО”	32
Начало работы над проектом.....	32
Графическое представление проекта аэрофотосъёмки.....	33
Размещение планово-высотных опознаков.....	35
Нанесение на карту исходных пунктов	35
Нанесение на карту пунктов геодезической сети сгущения	36
Проверка видимости между запроектированными пунктами полигонометрических ходов.....	36
Проверка видимости по линиям запроектированных прямых и обратных угловых засечек и по линиям теодолитных ходов	41
Оценка проекта полигонометрического хода	42
Оценка проекта теодолитных ходов	44
Оценка проекта прямых и обратных многократных засечек	44
ЗАДАНИЕ ДЛЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ.....	46
ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ.....	48
ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	50
Приложение 1. Иллюстрации к проектированию с использованием программных продуктов “КРЕДО”	52
Приложение 2. Индивидуальные варианты	54
Приложение 3. Условные обозначения на схеме проекта	56
Приложение 4. Схема проекта геодезической сети сгущения и съёмочной сети ..	57
Приложение 5. Макет титульного листа курсовой работы	58

ВВЕДЕНИЕ

Для студентов II курса направления 21.03.03 «Геодезия и дистанционное зондирование» учебным планом-графиком предусмотрено самостоятельное выполнение итоговой курсовой работы по дисциплине «Геодезия». Выполнение задания требует от студента применения всего комплекса знаний и навыков по предмету.

Курсовая работа представляет собой проект сети сгущения геодезического обоснования и планово-высотной привязки опознаков для производства стереотопографической съёмки. Проект выполняется на основе топографической карты масштаба 1:25000 с высотой сечения рельефа 5 метров. По материалам съёмки будут созданы карты масштаба 1:5000 с высотой сечения рельефа 2 метра.

Актуальная версия учебно-методического пособия всегда представлена в системе дистанционного обучения МИИГАиК.

ТРЕБОВАНИЯ К ЗНАНИЯМ, УМЕНИЯМ, КОТОРЫЕ СТУДЕНТ ДОЛЖЕН БУДЕТ ПРОДЕМОНСТРИРОВАТЬ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ УЧЕБНО-ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ХОДЕ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

По результатам самостоятельной учебно-познавательной деятельности в ходе выполнения курсовой работы студент должен:

Знать	методы по производству геодезических работ, связанных с геодезическим обеспечением аэрофотосъёмочных работ, по практическому применению формул и алгоритмов при решении конкретных технических задач
Уметь	создавать и проектировать геодезическую основу для аэрофотосъёмки; выполнять предрасчёт точности полученных геодезических построений

УСЛОВИЯ ДОПУСКА РАБОТЫ К ЗАЩИТЕ И ОБЩИЙ ПОРЯДОК ДОПУСКА ВЫПОЛНЕННЫХ СТУДЕНТАМИ РАБОТ К ЗАЩИТЕ

Порядок допуска к защите контрольной работы во время очных занятий на сессии:

<i>Результат проверки</i>	<i>Действия студента</i>
Работа допущена к защите без исправлений	Сделав исправления в работе, где это указано преподавателем, студент не присылает повторно работу на проверку, а приносит исправленную работу на очные занятия в распечатанном виде для защиты
Работа допущена к защите с исправлениями	
Работа не допущена к защите	Сделав исправления в работе, где это указано преподавателем, студент присылает работу на проверку повторно , до тех пор, пока работа не будет допущена к защите без исправлений или с незначительными исправлениями.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПЛАНОВО-ВЫСОТНОГО ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ

Суть топографической съёмки состоит в определении местоположения характерных элементов ситуации и рельефа. Местоположение зависит от системы координат для горизонтальной съёмки и от системы высот для вертикальной съёмки. Для производства топографической съёмки на местности должны быть закреплены пункты с известным местоположением плановым и высотным в той же системе координат, что и предполагаемый конечный продукт съёмки. Совокупность таких пунктов есть геодезическое обоснование. Его построение всегда предшествует производству съёмки. Современные технологии позволяют совместить во времени два вида геодезических работ — создание обоснования и производство топографической съёмки. Созданное обоснование может служить и для других видов геодезических работ, например, инженерно-геодезических. Все геодезические работы регламентируются нормативными документами [1].

Инструкцией [1] в п. 2.21 предусмотрены требования к плотности пунктов геодезической основы, которая определяется масштабом съёмки, высотой сечения рельефа, а также назначением создаваемого плана. Так на застроенных территориях городов и подлежащих к застройке в ближайшие годы плотность пунктов государственной геодезической сети должна быть не менее 1 пункта на 5 км². Дальнейшее увеличение плотности геодезической основы крупномасштабных съёмок достигается развитием геодезических сетей сгущения и съёмочного обоснования и должна быть доведена до 8 пунктов на 1 км² для обеспечения инженерных изысканий и строительства в городах и на промышленных объектах. Развитием съёмочных геодезических сетей достигается плотность, обеспечивающая непосредственное выполнение съёмки. Однако в Инструкции [1] отмечается, что необходимо стремиться к сокращению многоступенчатости геодезических построений. Это указание в настоящее время легко выполнимо, так как электронные тахеометры позволяют создавать съёмочное геодезическое обоснование практически в одну стадию. Но количество пунктов всё же при этом должно быть оптимальным.

В п. 2.17 [1] указано, какие построения на местности служат геодезической основой для крупномасштабных съёмок на каждой из трёх стадий планово-высотного обоснования.

В п. 5.7 [1] говорится, что лежит в основе проектирования геодезических сетей 4 класса, 1 и 2 разрядов и съёмочных геодезических сетей в качестве геодезического обоснования крупномасштабных топографических съёмок. Проект геодезической сети сгущения и съёмочной сети выполняется на топографических картах

мелких масштабов, в частности, 1:25000, исходными пунктами для развития построений служат, как правило, только пункты геодезических построений высших по точности классов (разрядов).

Стереотопографический способ съёмки является одним из вариантов аэрофототопографической съёмки.

1.1. Проект аэрофотосъёмки и размещения планово-высотных опознаков

При стереотопографической съёмке изготовление карт выполняют с использованием пар перекрывающихся аэрофотоснимков (стереопар). Фотографирование местности выполняют с самолета по заранее рассчитанным маршрутам автоматическими аэрофотоаппаратами (АФА).

В п. 12.5–12.9 [1] регламентируется создание рабочего проекта съёмочного обоснования и маркировки опознаков — пунктов геодезического обоснования — точек чётко различаемых на аэрофотоснимках.

1.1.1. Определение маршрутов аэрофотосъёмки и границ поперечного перекрытия снимков

Направление маршрутов аэрофотосъёмки, как правило, должно быть «запад–восток» или «восток–запад». Первый маршрут обычно выполняют по северной параллели трапеции листа карты, последний — около южной.

Съёмку производят так, чтобы снимки перекрывались по маршруту (продольное перекрытие) не менее, чем на $P = 80\text{--}90\%$, и поперёк маршрута (поперечное перекрытие) не менее, чем на Q — по варианту. Q можно определить как:

$$(\text{Последняя цифра шифра} \times 2) \% + 30\%$$

Фотографирование местности выполняют АФА с фокусным расстоянием объектива $f = 70\text{мм}$ в равнинных районах и $f = 100\text{мм}$ во всхолмленных и горных районах (для застроенных территорий $f = 100; 140$ или 200 мм).

При выборе $1:m$ масштаба фотографирования местности учитывают масштаб топографической съёмки, физико-географические особенности местности, высоту сечения рельефа, заданную точность стереоскопической рисовки рельефа и точность нанесения контуров, а также возможности используемых стереофотограмметрических приборов или цифровых фотограмметрических станций (ЦФС). В соответствии с инструкцией, в нашем случае масштаб фотографирования $1:m$ от 1:15000 до 1:20000.

Стандартный размер аэрофотоснимка 18см x 18см ($l = 18\text{см}$ — размер стороны снимка).

С учетом сказанного, для выполнения курсовой работы задают конкретные значения масштаба фотографирования $1:m$, продольного перекрытия P и поперечного перекрытия Q .

Рассчитаем расстояние между осями соседних маршрутов на местности по формуле:

$$D = \frac{100 - Q}{100} \cdot l \cdot m(\text{м}),$$

где m — знаменатель численного масштаба фотографирования.

Примечание: в круглых скобках указана размерность, которой необходимо представить полученные результаты.

Расстояние d между осями маршрутов на карте вычислим по формуле

$$d = \frac{D}{M}(\text{мм}),$$

где $M = 25000$ — знаменатель численного масштаба используемой карты.

Отложив полученное расстояние от северной параллели трапеции листа карты, необходимо показать на кальке №1 ось второго маршрута. Аналогично показывают оси остальных маршрутов (см. рис.1 и приложение 4).

Границы маршрута, определяющие зоны поперечного перекрытия аэрофотоснимков, находятся по обе стороны от оси маршрута на расстоянии на местности, равном:

$$D_3 = \frac{l}{2} \cdot m(\text{м})$$

На карте имеем:

$$d_3 = \frac{D_3}{M}(\text{мм})$$

Откладывают полученное расстояние к югу от первого (верхнего) маршрута и проводят линию, аналогично это расстояние откладывают к северу от ближайшего нижнего маршрута и проводят другую линию. В результате получают перекрывающаяся область, которая и будет зоной поперечного перекрытия (см. приложение 4). Далее получают остальные зоны поперечного перекрытия. Все получившиеся зоны поперечного перекрытия выделяют полупрозрачным цветным тоном (например, зеленым).

Базис фотографирования (расстояние между центрами снимков в пространстве) вычисляют по формуле:

$$B = \frac{100 - P}{100} \cdot l \cdot m(\text{м})$$

На карте масштаба 1:M

$$B_K = \frac{B}{M} (\text{мм})$$

На осях маршрутов показывают положение центров аэрофотоснимков, совместив первый с западной рамкой карты, а остальные — вдоль маршрута через интервал, равный B_K .

1.1.2. Размещение планово-высотных опознаков на участке съёмки

Для выполнения фотограмметрических работ необходимо иметь в пределах рабочей зоны каждого аэрофотоснимка четыре точки с известными координатами, расположенные примерно по углам.

Любая контурная точка, опознанная на снимке и на местности, координаты которой определяются геодезическим способом, называется опорной точкой или опознаком (ОП). На каждый снимок (в зонах поперечного перекрытия и тройного продольного перекрытия) необходимо иметь 3–4 ОП.

При сплошной подготовке координаты опознаков определяют из наземных геодезических работ.

В последнее время производят разреженную привязку аэрофотоснимков, т.е. значительную часть опознаков определяют фотограмметрическим методом.

При создании карт масштаба 1:5000 с высотой сечения рельефа $h_c = 2\text{м}$ высотные опознаки совмещаются с плановыми и называются планово-высотными опознаками (ОПВ).

Опознаки выбираются в зонах перекрытия, в качестве ОПВ выбираются четкие контуры, которые уверенно опознаются на снимках с точностью не менее чем 0,1мм в масштабе создаваемой карты (это могут быть перекрестки дорог, троп и т.д.).

Запрещается использовать в качестве опознаков контуры с нечеткими границами, контуры, которые могут быть закрыты на аэрофотоснимках перспективными изображениями высоких предметов.

Не следует в качестве опознаков выбирать контуры, расположенные на крутых склонах и на дне оврагов, кусты, деревья (если не просматриваются их осно-

вания).

Если в качестве опознака был выбран контур, то он накалывается тонкой иглой и с лицевой стороны аэрофотоснимка обводится пунктиром и нумеруется, а на обратной стороне составляется абрис в масштабе, более крупном, чем масштаб аэрофотоснимка, и выполняется описание опознанной точки.

В районах, где отсутствуют естественные контуры, выполняют маркировку опознаков: создают на местности искусственные геометрические фигуры (круг, квадрат, крест и т.д.), которые отчетливо изобразятся на аэрофотоснимке.

При съемке в масштабе 1:5000 также маркируются пункты геодезического обоснования.

Маркируемые опознаки должны располагаться таким образом, чтобы на аэрофотоснимках их изображения не закрывались изображениями других объектов или их тенями.

Для маркировки, как правило, должны применяться дешевые материалы. Обязательным условием выбора материалов и красящих веществ для маркировки является обеспечение максимального контраста между маркировочным знаком и фоном.

При маркировке на улицах и дорогах с гравийным, булыжниковым, бетонным или асфальтовым покрытиями, а также в местах, где нет уверенности в обеспечении надлежащего контраста знака с фоном, дополнительно создается искусственный фон.

Маркировочные знаки должны иметь, как правило, форму креста, состоящего из четырех лучей со свободным пространством в центре, квадрата или круга.

Размеры маркировочных знаков определяются в зависимости от масштаба фотографирования так, чтобы изображения на аэрофотоснимке знаков белого или желтого цвета были не менее:

- длина и ширина одного луча знака «крест» соответственно — 0,15 мм и 0,05 мм,
- расстояние луча от центра знака — 0,05 мм,
- сторона квадрата или диаметр круга — 0,10 мм.

У знака «крест» темного цвета ширина луча должна быть 1,5 раза больше, чем у знака белого цвета.

Если пункт геодезического обоснования имеет хорошо заметную окопку, то его можно маркировать кругом или квадратом.

Необходимо, чтобы маркировочные знаки были симметричными относительно центров маркируемых объектов. Допустимые отступления от симметрии не должны превышать 0,07 мм в масштабе составляемого плана (карты).

Запрещается маркировка опознаков в лесу путем вырубki площадок. При разрешении лесхозов допускается маркировка расчисткой старых вырубок или

лесных полян в форме квадрата со строгим соблюдением установленных правил вырубок.

На каждый маркировочный знак составляется специальная карточка, в которой указывается местоположение замаркированной точки (название объекта, номенклатура планшета, номер точки), что замаркировано (пункт имеющегося геодезического обоснования, проектируемый опознак, ось маршрута, крышка люка и т.д.), абрис, размеры и форма маркировочного знака, высота над поверхностью земли в см, материал, использованный для маркировки; после выполнения аэрофотосъемки проставляется номер аэрофотоснимка (указывается в карточке).

На участках съемки, протяженность которых в направлении маршрутов АФС составляет 160–200 см в масштабе создаваемой карты, опознаки располагаются по схеме:

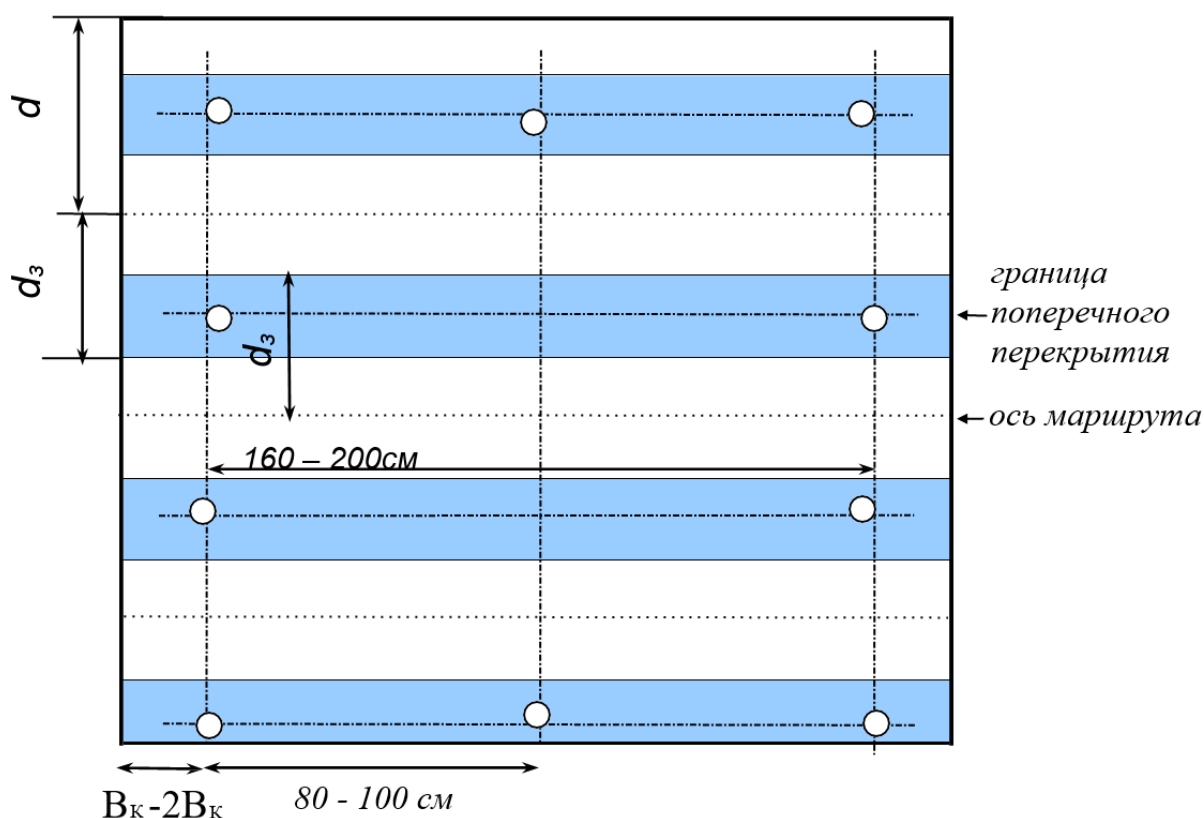


Рисунок 1 — Схема расположения планово-высотных опознаков

На общей схеме проекта геодезической сети сгущения и съёмочной сети необходимо показать запроектированные ОПВ в зонах поперечного перекрытия, располагая их поперёк маршрутов один над другим с допустимым отклонением порядка 1–1,5 базиса фотографирования.

Описание запроектированных ОПВ и рекомендуемых способов определения их координат и высот представить, как показано в таблице 1.

Таблица 1. Ведомость заложенных ОПВ и методов определения их координат

№№ ОПВ	Описание ОПВ (маркировка)	Способ определения координат	Способ определения высот
ОПВ-1	Развилка полевой и проселочной дорог (маркировка)	Полигонометрия 4 класса	Геометрическое нивелирование IV класса
ОПВ-2	Полевая дорога (маркировка)	Обратная многократная засечка	Тригонометрическое нивелирование
ОПВ-3	Вершина холма (маркировка)	Прямая многократная засечка	Тригонометрическое нивелирование
ОПВ-4	Развилка полевой и проселочной дорог (маркировка)	Прямая многократная засечка	Тригонометрическое нивелирование
ОПВ-5	Проселочная дорога (маркировка)	Прямая многократная засечка	Тригонометрическое нивелирование
ОПВ-6	Проселочная дорога (маркировка)	Полигонометрия 4 класса	Геометрическое нивелирование IV класса
ОПВ-7	Развилка полевой дороги (маркировка)	Теодолитный ход	Тригонометрическое нивелирование
ОПВ-8	Проселочная дорога (маркировка)	Обратная многократная засечка	Тригонометрическое нивелирование
ОПВ-9	Пересечение проселочных дорог (маркировка)	Теодолитный ход	Тригонометрическое нивелирование
ОПВ-10	Проселочная дорога (маркировка)	Прямая многократная засечка	Тригонометрическое нивелирование

1.2. Проект геодезической сети сгущения

Геодезическую сеть сгущения можно рассматривать с двух позиций. С одной стороны, это одна из стадий геодезического обоснования, а именно, вторая, связующая между государственной геодезической сетью (ГГС) и съёмочной геодезической сетью (СГС). С другой стороны это сеть, увеличивающая плотность пунктов одной из стадий обоснования, например, первой стадии — ГГС.

В данной курсовой работе предлагается увеличить плотность пунктов ГГС, то есть, проектируя полигонометрию 4 класса и нивелирование IV класса, выполнить сгущение существующей геодезической основы в виде трёх пунктов триангуляции 3 класса и нивелирования III класса. А затем, используя их в качестве исходных, запроектировать геодезические построения для определения планового и высотного положения опознаков, которые будут являться пунктами съёмочной геодезической сети (СГС). Таким образом, планово-высотное обоснование предлагается создать в две стадии: пункты ГГС и пункты СГС.

1.2.1. Проектирование полигонометрических ходов

Таблица 2. Основные требования к полигонометрии 4 класса

Основные показатели	Полигонометрия 4 класса
Предельная длина хода, км:	
- между твердыми пунктами	15
- между твердыми пунктами и узловыми точками	10
- между узловыми точками	7
Длина сторон в км:	
$S_{\max}$	2,00
$S_{\min}$	0,25
S_{cp}	0,50
Число сторон в ходе, не более	15
Относительная погрешность хода, не более	$\frac{1}{25000}$
СКП измерения угла, не более	3"
Предельная угловая невязка хода	$5\sqrt{n+1}$

Примечание: n – число сторон в ходе; $n+1$ — число углов в ходе.

Для сгущения геодезической сети проектируем два полигонометрических

хода 4 класса таким образом, чтобы созданная геодезическая сеть сгущения наилучшим образом удовлетворяла задаче построения съёмочного обоснования.

При проектировании следует руководствоваться Инструкцией [1].

Проектирование необходимо проводить на местности, удобной для линейных и угловых измерений, проверяя наличие видимости между пунктами. Желательно проектирование проводить по дорогам, вершинам холмов, нежелательно проектировать на пашне. Также в полигонометрические ходы можно включать опознаки, то есть пункты полигонометрии можно объединить с опознаками.

Запроектированные ходы необходимо показать на общей схеме проекта геодезической сети сгущения и съёмочной сети в соответствии с условными знаками (см. приложение 3).

В работе надо выполнить расчёты для наиболее сложного из запроектированных ходов.

1.2.2. Определение предельной погрешности положения пункта в слабом месте хода

Для запроектированного хода должно выполняться условие

$$\frac{f_s}{[S]} \leq \frac{\text{пред } f_s}{[S]} = \frac{1}{T}$$

В соответствии с инструкцией, для полигонометрического хода 4 класса

$$\frac{\text{пред } f_s}{[S]} = \frac{1}{T} = \frac{1}{25000},$$

так как $\text{пред } f_s = 2M$, то средняя квадратическая погрешность (СКП) положения конечного пункта полигонометрического хода до уравнивания равна

$$M = \frac{\text{пред } f_s}{2} = \frac{[S]}{2T} = \frac{14770}{2 \times 25000} = 0,295 \text{ (м)}$$

Следовательно, предельная ошибка положения пункта в слабом месте хода после уравнивания равна

$$\Delta_{\text{пред}} = 2m_{\text{сл.м.}} = M = 0,295 \text{ м.}$$

1.2.3. Расчёт влияния ошибок линейных измерений, выбор приборов и методов измерений

Так как выполнено проектирование полигонометрического хода, то СКП положения конечного пункта полигонометрического хода до уравнивания в случае, когда углы предварительно исправлены за угловую невязку, вычисляется с использованием формулы

$$M^2 = [m_s^2] + \frac{m_\beta^2}{\rho^{2''}} \times [D_{ц.т.,i}^2]$$

где m_{si} — СКП линейных измерений,

m_β — СКП угловых измерений,

$D_{ц.т.,i}$ — расстояние от центра тяжести до пункта i полигонометрического хода.

Координаты центра тяжести хода можно определить по координатам всех точек хода, включая начальный и конечный исходные пункты. При этом применяют формулы

$$X_0 = \frac{[X]}{n} \text{ и } Y_0 = \frac{[Y]}{n},$$

где n — число пунктов хода.

Используя принцип равного влияния погрешностей линейных и угловых измерений на величину M , можно записать

$$[m_s^2] = \frac{M^2}{2} = \frac{0,295^2}{2} = 0,0435 \text{ (м}^2\text{)}$$

Для измерений длин линий необходимо выбрать такой светодальномер, чтобы выполнялось условие

$$[m_s^2] \leq \frac{M^2}{2}.$$

С учетом этой формулы можно записать

$$m_{ср}^2 \times n = \frac{M^2}{2},$$

где n — число сторон хода.

Для рассматриваемого примера получаем

$$m_{\text{ср}} = \frac{M}{\sqrt{2 \cdot n}} = \frac{0,295}{\sqrt{2 \cdot 12}} = 0,060 \text{ (м)}.$$

Таблица 3. Решение полигонометрического хода Т1-Т2

Пункты хода	S_i	m_{Si}	m_{Si}^2
	м	мм	мм
Т1			
	825	7,5	55,9
ПП21			
	1590	9,8	95,5
ПП22			
	1880	10,6	113,2
ПП23			
	975	7,9	62,8
ПП24			
	1600	9,8	96,0
ПП25			
	610	6,8	46,6
ПП26			
	1220	8,7	75,0
ПП27			
	1100	8,3	68,9
ПП28			
	1760	10,3	105,7
ПП29			
	1200	8,6	74,0
ПП30			
	735	7,2	51,9
ПП31			
	1275	8,8	77,9
Т2			

$$[S]=14770 \text{ м} \quad [m_s^2] = 923 \text{ мм}^2$$

Выбираем тахеометр с запасом точности. Например, данным требованиям удовлетворяет светодалномер электронного тахеометра 4ТА5Н с СКП измерения длин линий

$$m_{S,i} = 5 \text{ мм} + 3 \text{ мм} \times S_i \text{ км.}$$

Вычислим для каждой стороны хода m_{Si} , m_{Si}^2 ; далее вычислим $[m_S^2]$. Результаты вычислений представим в таблице 3.

Должно выполняться условие

$$[m_S^2] \leq \frac{M^2}{2}$$

Для рассматриваемого примера имеем

$$\frac{923 \text{ мм}^2}{1000000} = 0,0009 \text{ м}^2 \leq 0,0425 \text{ м}^2$$

Условие выполнено, следовательно, выбранный светодальномер электронного тахеометра 4ТА5Н пригоден для выполнения измерений в запроектированном ходе.

Далее ниже необходимо представить технические характеристики выбранного светодальномера.

1.2.4. Расчёт влияния ошибок угловых измерений, выбор приборов и методов измерений

Применяя принцип равных влияний, СКП измеренного угла m_β можно получить на основании соотношения

$$\frac{m_\beta^2}{\rho^{2''}} \times [D_{ц.т.,i}^2] = \frac{M^2}{2}$$

Отсюда имеем

$$m_\beta = \frac{M \times \rho''}{\sqrt{2 \times [D_{ц.т.,i}^2]}}$$

Расстояния $D_{ц.т.,i}$ от центра тяжести до точек полигонометрического хода определяются аналитическим способом.

Полученные результаты представим в таблице 4.

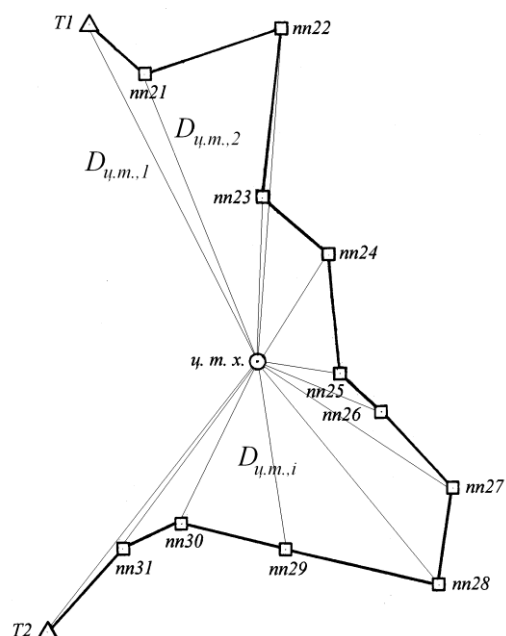


Рисунок 2 – Схема полигонометрического хода с центром тяжести

Таблица 4. Найденные расстояния от центра тяжести хода

Пункты хода	$D_{ц.т.,i}, \text{м}$	$D^2_{ц.т.,i}, \text{м}^2$
T1	4340	18 835 600
пп21	3580	12 816 400
пп22	3870	14 976 900
пп23	1980	3 920 400
пп24	1560	2 433 600
пп25	975	950 625
пп26	1550	2 402 500
пп27	2720	7 398 400
пп28	3350	11 222 500
пп29	2260	5 107 600
пп30	2100	4 410 000
пп31	2675	7 155 625
T2	3950	15 602 500

$$[D^2_{ц.т.}] = 107\,232\,650 \text{ м}^2$$

Тогда СКП измерения угла равна

$$m_{\beta} = \frac{M \times \rho''}{\sqrt{2 \times [D_{ц.т.,i}^2]}} = \frac{0,295 \times 206265}{\sqrt{2 \times 107232650}}$$

Выберем теодолит для измерения углов с запасом точности (СКП измерения угла этим теодолитом должна быть меньше полученной выше m_{β}).

Для рассматриваемого примера этому требованию удовлетворяет теодолит 3Т2КП или ему равноточный.

Далее ниже указывают технические характеристики выбранного теодолита.

Точность угловых измерений обусловлена следующими источниками погрешностей:

- погрешностью центрирования $m_{ц}$;
- погрешностью редукции $m_{р}$;
- инструментальными погрешностями $m_{инстр}$;
- погрешностью собственно измерения угла $m_{с.и.}$;
- погрешностью, вызванной влиянием внешних условий $m_{вн.усл.}$;
- погрешностью исходных данных $m_{исх.д.}$.

Тогда имеем

$$m_{\beta}^2 = m_{ц}^2 + m_{р}^2 + m_{инстр}^2 + m_{с.и.}^2 + m_{вн.усл.}^2 + m_{исх.д.}^2$$

Применяя принцип равных влияний, для рассматриваемого примера получим:

$$m_{ц} = m_{р} = m_{инстр} = m_{с.и.} = m_{вн.усл.} = m_{исх.д.} = \frac{m_{\beta}}{\sqrt{6}} = \frac{4,2''}{\sqrt{6}} = 1,7''$$

Определим допустимые линейные элементы центрирования $l_{ц}$ и редукции $l_{р}$, используя следующие соотношения

$$m_{ц} = \frac{l_{ц}}{S_{min}} \times \rho'' \times \sqrt{2}, \text{ отсюда } l_{ц} = \frac{m_{ц} \times S_{min}}{\rho'' \times \sqrt{2}}$$

$$m_{р} = \frac{l_{р}}{S_{min}} \times \rho'', \text{ отсюда } l_{р} = \frac{m_{р} \times S_{min}}{\rho''}$$

где S_{min} — наименьшая длина стороны запроектированного хода. В нашем случае $S_{min} = 610\text{м}$ (см. таблицу 3).

Следовательно,

$$l_{ц} = \frac{1,7''}{206265'' \times \sqrt{2}} \times 610000 \text{ мм} = 3,2 \text{ мм}$$

$$l_p = \frac{1,7''}{206265''} \times 610000 \text{ мм} = 4,5 \text{ мм}$$

Таким образом, теодолит и визирные марки необходимо центрировать с помощью оптического центрира.

Рассчитаем число приемов n' при измерении углов.

Отсюда получим

$$m_{\text{си}} = \sqrt{\frac{1}{n'} \times \left(m_{\text{виз}}^2 + \frac{m_{\text{отч}}^2}{2} \right)}$$

Отсюда получим следующее:

$$n' = \frac{m_{\text{виз}}^2 + \frac{m_{\text{отч}}^2}{2}}{m_{\text{си}}^2}$$

$$m_{\text{виз}} = \frac{60''}{30^x} = 2,0''$$

где $m_{\text{виз}}$ — СКП визирования;

$m_{\text{отсч}}$ — СКП отсчета; $m_{\text{отсч}} = 2,0''$.

Следовательно,

$$n' = \frac{2,0^2 + \frac{2,0^2}{2}}{1,7^2} = 2,1 \Rightarrow 3 \text{ приема}$$

Вывод: углы необходимо измерять тремя приемами.

В пояснительной записке, основываясь на выполненных расчетах, необходимо указать способы измерения углов на пунктах полигонометрического хода, требования инструкции при проведении угловых измерений в полигонометрии, число приемов, точность центрирования теодолита и марок, метод организации угловых измерений.

1.2.5. Оценка проекта передачи высот на пункты полигонометрии геометрическим нивелированием

Согласно требованиям инструкции, высоты пунктов полигонометрического хода 4 класса определяют геометрическим нивелированием IV класса.

Вычислим предельную погрешность определения отметки пункта в слабом месте хода после уравнивания

$$\Delta_{H_{\text{пред}}} = 2 \times m_{H_{\text{сл.м.}}} = M_H$$

где M_H — СКП отметки пункта в конце хода до уравнивания.

Сначала вычислим предельную невязку нивелирного хода, проложенного через пункты полигонометрического хода

$$\text{пред}f_h = 20\text{мм} \times \sqrt{[S]_{\text{км}}}$$

В рассматриваемом примере длина хода составляет $[S]=14,8\text{км}$ (см. таблицу 3), тогда

$$\text{пред}f_h = 20\text{мм} \times \sqrt{14,8} = 77\text{ мм}$$

Так как

$$\text{пред}f_h = 2 \times M_H$$

то предельная погрешность определения отметки пункта в слабом месте хода после уравнивания равна

$$\Delta_{H_{\text{пред}}} = M_H = \frac{\text{пред}f_h}{2} = \frac{77\text{ мм}}{2} = 38\text{ мм}$$

Далее необходимо рекомендовать нивелир для производства нивелирования IV класса, представить технические характеристики выбранного нивелира и дать рекомендации по проложению нивелирного хода.

1.3. Проектирование съёмочной сети

Все запроектированные опознаки должны быть привязаны к пунктам геодезической сети сгущения (ГСС) или к пунктам государственной геодезической сети (ГГС).

В зависимости от характера местности и плотности пунктов геодезической сети используются следующие методы привязки опознаков:

- обратная многократная засечка;
- прямая многократная засечка;

- проложение теодолитных ходов.

В учебных целях в курсовой работе должны быть представлены все вышеперечисленные методы.

Теодолитные ходы при создании съемочной сети для стереотопографической съемки в масштабе 1:5000 должны удовлетворять требованиям, приведённым в таблице 5.

Таблица 5. Требования к теодолитным ходам.

Предельная относительная ошибка	Допустимые длины одиночных ходов [S], км	Максимальная длина стороны $S_{\max.}$, м	Минимальная длина стороны $S_{\min.}$, м на тер. незастр./застр.
1/N=1/1000	2,0	350	40/20
1/N=1/2000	4,0	350	40/20
1/N=1/3000	6,0	350	40/20

Пункты теодолитных ходов проектируются на общей кальке с соблюдением тех же требований к выбору места, что и для полигонометрии.

При проектировании угловых засечек углы между направлениями должны быть не менее 30° и не более 150° . Направления засечек показывают тушью на общей кальке в принятых условных обозначениях, считая видимость между точками условно существующей.

Для определения высот опознаков будем использовать метод тригонометрического нивелирования.

Расчет точности выполняют исходя из требований инструкции:

- для карты масштаба 1:5000 с высотой сечения рельефа 2м СКП определения планового положения опознаков не должна превышать 0,1мм в масштабе создаваемой карты $0,1\text{мм} \cdot M_{\text{зн.м.}} = 0,5\text{м}$, предельная погрешность — 1,0м;
- СКП определения высот опознаков не должна превышать 0,1 высоты сечения рельефа $\frac{1}{10} h_c = \frac{1}{10} \times 2 \text{ м} = 0,2 \text{ м}$, предельная погрешность — 0,4 м.

Расчет точности планового и высотного положения необходимо выполнить для каждого из вышеперечисленных методов привязки. При выборе одинаковых методов привязки для разных опознаков расчет точности следует выполнить для самого неблагоприятного случая, т.е. для хода наибольшей длины или для засечек с наиболее острыми или тупыми углами и длинными направлениями.

1.3.1. Проектирование обратных многократных засечек

1.3.1.1. Расчёт точности определения планового положения опознака

Рассмотрим пример выполнения расчетов для ОПВ8. Схему засечки приведём на рисунке 3 с указанием дирекционных углов направлений засечки, измеренных на общей кальке с точностью до $0,1^\circ$. Расстояния измеряем с точностью до $0,01$ км. Результаты измерений приведём в таблице 6.

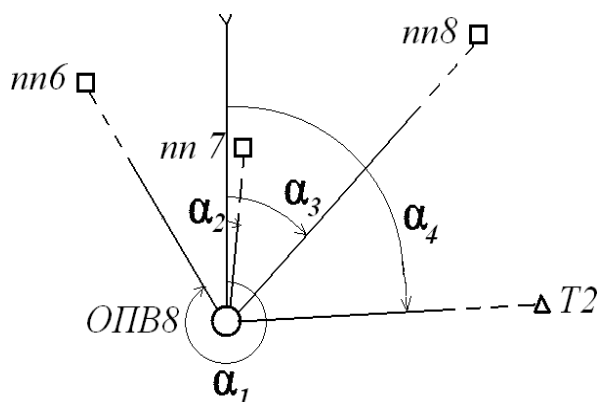


Рисунок 3 – Схема обратной многократной засечки

Таблица 6. Результаты измерений на ОПВ6 по обратной засечке

Наименование направления	$\alpha_i, ^\circ$	$S_i, \text{ км}$
ОПВ8 – пп6	323,3	1,45
ОПВ8 – пп7	4,7	1,00
ОПВ8 – пп8	43,9	1,84
ОПВ8 – Т2	88,8	1,76

Для определения СКП планового положения опознака M_P из обратной многократной засечки воспользуемся следующими формулами

$$(a)_i = -\frac{\sin \alpha_i}{10000} \times \rho'' ; (b)_i = -\frac{\cos \alpha_i}{10000} \times \rho''$$

$$a_i = -\frac{(a)_i}{S_i} ; b_i = -\frac{(b)_i}{S_i}$$

$$A_i = a_i - a_1 ; B_i = b_i - b_1$$

$$D = [A^2] \times [B^2] - [AB] \times [AB] ; P_X = \frac{D}{[B^2]} ; P_Y = \frac{D}{[A^2]}$$

$$m_X = \frac{m_\beta}{10 \times \sqrt{P_X}} ; m_Y = \frac{m_\beta}{10 \times \sqrt{P_Y}}$$

$$M_P = \sqrt{m_X^2 + m_Y^2}$$

Результаты вычислений представим в таблице 7.

Таблица 7. Пример вычисления параметров для определения СКП засечки

Направление	$\alpha_{i\circ}$	$(a)_i$	$(b)_i$	$S_{i\kappa\mu}$	a_i	b_i	A_i	B_i	A_i^2	B_i^2	$A_i B_i$
ОПВ8–пп6	332,3	+9,59	+18,26	1,45	-6,61	-12,59	0	0	0	0	0
ОПВ8–пп7	4,7	-1,69	+20,56	1,00	+1,69	-20,56	+8,30	-7,97	68,89	63,52	-66,15
ОПВ8–пп8	43,9	-14,30	+14,86	1,84	+7,77	-8,08	+14,38	+4,51	206,78	20,34	+64,85
ОПВ8–Т2	88,8	-20,62	+0,43	1,76	+11,72	-0,24	+18,33	+12,35	335,99	152,52	+226,38
								Σ	611,66	236,38	+225,08

Вычислим D , P_X и P_Y :

$$D = [A^2] \times [B^2] - [AB] \times [AB] = 93923,18 ;$$

$$P_X = \frac{D}{[B^2]} = \frac{93923,18}{236,38} = 397,34; P_Y = \frac{D}{[A^2]} = \frac{93923,18}{611,66} = 153,55;$$

Далее необходимо выбрать теодолит для измерения углов при плановой привязке опознаков, из отечественных теодолитов – это теодолиты типа Т5 и Т30 или им равноточные. Пусть углы измеряются теодолитом 3Т5КП методом круговых приемов. С учетом всех источников погрешностей примем $m_\beta=12''$, тогда

$$m_x = \frac{m_\beta}{10 \times \sqrt{P_X}} = \frac{12''}{10 \times \sqrt{397,34}} = 0,06(\text{м})$$

$$m_y = \frac{m_\beta}{10 \times \sqrt{P_Y}} = \frac{12''}{10 \times \sqrt{153,55}} = 0,10(\text{м})$$

Следовательно, СКП определения планового положения опознака ОПВ-8 равна

$$M_P = \sqrt{0,06^2 + 0,10^2} = 0,12 (\text{м}) \leq 0,5 \text{ м}$$

Вывод: обратная многократная засечка обеспечивает необходимую точность определения планового положения ОПВ8.

Примечание: Если получим $M_P > 0,5\text{м}$, тогда необходимо повысить точность угловых измерений. В этом случае, приняв $M_P = 0,5\text{м}$, вычислим m_β и с учетом полученного значения выбираем m_β (с запасом точности).

$$m_{\beta} = \frac{10 M_{\rho}}{\sqrt{\frac{1}{P_X} + \frac{1}{P_Y}}}$$

Технические характеристики выбранного теодолита необходимо привести ниже. Рассчитаем число приемов n' при измерении горизонтальных углов методом круговых приемов выбранным теодолитом. В рассматриваемом примере будем использовать теодолит 3Т5КП, тогда

$$m_{\text{собств}} = \frac{m_{\beta}}{\sqrt{5}} = \frac{12''}{\sqrt{5}} = 5,4''$$

$$m_{\text{отч}} = \frac{0,1}{60} = 6$$

$$m_{\text{виз}} = \frac{60''}{\Gamma} = 2,0''$$

$$n' = 1,4 \Rightarrow 2 \text{ приема}$$

Вывод: следовательно, горизонтальные углы необходимо измерять двумя приемами теодолитом 3Т5КП.

1.3.1.2.Расчёт точности определения высоты опознака

Для определения высоты ОПВ производится тригонометрическое нивелирование по направлениям засечки. В этом случае превышение h_i между определяемым и исходным пунктами вычисляется по формуле

$$h_i = S_i \times \text{tg } \nu_i + i - v_i + f_i$$

где S_i — горизонтальное проложение направления i ;

ν_i — угол наклона по направлению i ;

i — высота прибора ;

v_i — высота визирования;

f_i — поправка за кривизну Земли и рефракцию.

Будем считать, что погрешностями в значениях S_i , ν_i , i , f_i можно пренебречь при выводе формулы (далее это учтем), тогда СКП передачи высоты по одному направлению вычисляется по формуле

$$M_{H_i} = \frac{S_i \times m_{\nu}}{\rho''}$$

Вес значения высоты H_i равен

$$P_{H_i} = \frac{\mu^2}{M_{H_i}^2} = \frac{\mu^2 \times \rho^2}{m_v^2 \times S_i^2}$$

$$M_{H_i} = \frac{S_i \times m_v}{\rho''}$$

Так как окончательное значение высоты опознака равно среднему весовому из значений высот, полученных по каждому направлению, то СКП окончательной высоты равна

$$M_H = \frac{\mu}{\sqrt{P_H}}$$

где $P_H = [P_{H_i}]$ — сумма весов отметок по каждому направлению. Тогда с учетом формулы для веса значения высоты получим

$$M_H = \frac{m_v}{\rho'' \times \sqrt{\left[\frac{1}{S^2}\right]}}$$

Для нашего примера с учетом данных таблицы 6 вычислим $\left[\frac{1}{S^2}\right]$.

Таблица 8. Вычисленные значения длин сторон в обратной засечке

Наименование направления	S_i , м	S_i^2 , м ²	$1/S^2$, м ²
ОПВ8–пп6	1450	2102500	0,000000476
ОПВ8–пп7	1000	1000000	0,000001000
ОПВ8–пп8	1840	3385600	0,000000295
ОПВ8–Т2	1760	3097600	0,000000323
			$[1/S^2] = 0,000002094$

В рассматриваемом примере вертикальные углы измерены теодолитом ЗТ5КП, при этом с учётом влияния всех источников погрешностей будем считать, что $m_v = 20''$ (для теодолита Т30 примем $m_v = 45''$), тогда

$$M_H = \frac{m_v}{\rho'' \times \sqrt{\left[\frac{1}{S^2}\right]}} = \frac{20}{206265'' \times \sqrt{0,000002094}} = 0,07 \text{ м} \leq 0,2 \text{ м}$$

Следовательно, метод тригонометрического нивелирования обеспечивает требуемую точность определения высоты опознака.

Примечание: при невыполнении поставленного условия значение $M_H=0,2$ м подставляем в формулу определения СКП измерения угла наклона

$$m_v = M_H \times \rho'' \times \sqrt{\left[\frac{1}{S^2}\right]}$$

Используя полученное значение, выбираем СКП измерения угла наклона m_v с запасом точности и при необходимости выбираем другой теодолит (например, первоначально использовали теодолит 2Т30П, тогда будем использовать 3Т5КП).

1.3.2. Проектирование прямых многократных засечек

1.3.2.1. Расчёт точности определения планового положения опознака

Рассмотрим пример выполнения расчетов для ОПВ3. Измеренные дирекционные углы направлений с исходных пунктов на определяемый и соответствующие расстояния до него приведем в таблице 9, а схему засечки — на рисунке 4.

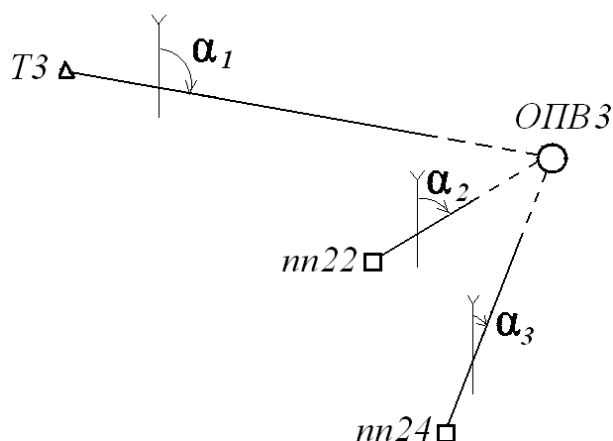


Рисунок 4 – Схема прямой многократной засечки

Таблица 9. Вычисленные линейно-угловые элементы засечки на ОПВ 3

Наименование направления	α_i°	S_i , км
ТЗ–ОПВ3	96,9	5,90
пп22–ОПВ3	60,0	1,98
пп24–ОПВ3	20,4	3,76

Для определения СКП планового положения опознака M_p из прямой многократной засечки воспользуемся следующими формулами

$$(a)_i = -\frac{\sin \alpha_i}{10000} \times \rho''; (b)_i = -\frac{\cos \alpha_i}{10000} \times \rho''$$

$$a_i = \frac{(a)_i}{S_i}; b_i = \frac{(b)_i}{S_i}$$

$$A_i = a_i - a_1; B_i = b_i - b_1$$

$$D = [a^2] \times [b^2] - [ab] \times [ab]; P_X = \frac{D}{[b^2]}; P_Y = \frac{D}{[a^2]}$$

$$m_X = \frac{m_\beta}{10 \times \sqrt{P_X}}; m_Y = \frac{m_\beta}{10 \times \sqrt{P_Y}}$$

$$M_P = \sqrt{m_X^2 + m_Y^2}$$

Результаты вычислений представим в таблице 10.

Таблица 10. Пример вычисления параметров для определения СКП засечки

Направление	$i,^\circ$	$(a)_i$	$(b)_i$	S_i км	a_i	b_i	a_i^2	b_i^2	$a_i b_i$
ТЗ–ОПВЗ	96,9	-20,48	-2,48	5,90	-3,47	-0,42	12,04	0,18	+1,46
пп22–ОПВЗ	60,0	-17,86	+10,31	1,98	-9,02	+5,21	81,36	27,14	-46,99
пп24–ОПВЗ	20,4	-7,19	+19,33	3,76	-1,91	+5,14	3,65	26,42	-9,82
						Σ	97,05	53,74	-55,35

Вычислим D , P_X и P_Y

$$D = [a^2] \times [b^2] - [ab] \times [ab] = 2151,84;$$

$$P_X = \frac{D}{[b^2]} = \frac{2151,84}{53,74} = 40,04; P_Y = \frac{D}{[a^2]} = \frac{2151,84}{97,05} = 22,17;$$

Вычислим m_X и m_Y

$$m_X = \frac{m_\beta}{10 \times \sqrt{P_X}} = \frac{12''}{10 \times \sqrt{40,04}} = 0,19(\text{м})$$

$$m_Y = \frac{m_\beta}{10 \times \sqrt{P_Y}} = \frac{12''}{10 \times \sqrt{22,17}} = 0,25(\text{м})$$

Примечание: используем тот же теодолит и погрешность измерения горизонтальных углов, что и в п. 1.3.1.

Следовательно, СКП определения планового положения опознака ОПВЗ равна:

$$M_p = \sqrt{0,19^2 + 0,25^2} = 0,31(\text{м}) \leq 0,5 \text{ м}$$

Вывод: прямая многократная засечка обеспечивает необходимую точность определения планового положения ОПВЗ.

Расчет числа приемов при измерении углов выбранным теодолитом, рекомендации и выводы делаются так же, как и для обратной многократной засечки.

1.3.2.2.Расчёт точности определения высоты опознака

Для определения высоты опознака производится тригонометрическое нивелирование по направлениям засечки (см. п. 1.3.1.2).

Вычисление $\left[\frac{1}{S^2}\right]$ необходимо представить ниже в соответствующей таблице. Далее необходимо для рассматриваемого опознака выполнить расчеты и сделать соответствующие выводы, аналогичные вычислениям и выводам в обратной многократной засечке.

1.3.3. Проектирование теодолитных ходов

В соответствии с инструкцией, стороны теодолитного хода могут измеряться светодальномерными насадками, оптическими дальномерами, мерными лентами, электронными тахеометрами и другими приборами, которые обеспечивают необходимую точность.

Углы в теодолитном ходе измеряют теодолитом не менее 30" точности. Для определения высоты опознака при проложении теодолитного хода будем выполнять тригонометрическое нивелирование по сторонам хода, поэтому запроектированные ходы являются теодолитно-высотными ходами.

В курсовой работе необходимо выполнить расчет точности планового и высотного положения опознака, определённого из теодолитного (теодолитно-высотного) хода наибольшей длины.

Рассмотрим пример расчета точности планово-высотной привязки опознака ОПВ9 (ход пп30–п31).

1.3.3.1.Расчёт точности определения планового положения опознака

Для теодолитного хода произвольной формы имеем

$$M^2 = [m_s^2] + \frac{m_\beta^2}{\rho^{2''}} \times [D_{ц.т.,i}^2]$$

Пусть длины сторон хода измерены уже выбранным светодальномером электронного тахеометра 4ТА5Н (технические характеристики которого должны быть представлены в таблице 4).

Для запроектированного хода имеем $S_{ср.}=280м$, тогда:

$$m_{Scp} = 5 \text{ мм} + 3 \text{ мм} \times 0,280 \text{ км} = 5,84 \text{ мм}.$$

Следовательно,

$$[m_S^2] = n \times m_S^2 = 8 \times 0,005^2 = 0,0002 \text{ м}^2$$

Определим $[D_{ц.т.,i}^2]$.

Таблица 12. Нахождение расстояний от центра тяжести хода до пунктов

Пункты хода	$D_{ц.т.,i}$, м	$D_{ц.т.,i}^2$, м ²
пп30	650	422 500
1	410	168 100
2	220	48 400
3	380	144 400
ОПВ9	450	202 500
4	470	220 900
5	250	62 500
6	220	48 400
пп31	520	270 400

$$[D_{ц.т.,i}^2] = 1\,588\,100$$

Пусть горизонтальные углы измеряются способом приемов выбранным теодолитом 3Т5КП. С учетом всех источников погрешностей СКП $m_\beta=15''$, тогда

$$\frac{m_\beta^2}{\rho^{2''}} \times [D_{ц.т.,i}^2] = \frac{15^2}{206265^2} \times 1588100 = 0,0084 \text{ (м}^2\text{)}$$

СКП положения конечного пункта хода до уравнивания равна

$$M = \sqrt{[m_s^2] + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} \times [D_{ц.т.,i}^2]} = \sqrt{0,0002 + 0,0084} = 0,09 \text{ м} \leq 1,0 \text{ м}$$

Примечание: СКП положения в слабом месте хода после уравнивания равно $m_{сл.м.} = M/2 = 0,05 \text{ м} \leq 0,5 \text{ м}$.

Следовательно, данный метод определения планового положения опознака ОПВ9 удовлетворяет требованиям инструкции.

Примечание: если будет получена величина $M > 1,0 \text{ м}$, тогда необходимо повысить точность измерений и расчеты повторить.

Рассчитаем число приемов n' при измерении горизонтальных углов.

В рассматриваемом примере используем теодолит 3Т5КП, тогда

$$\begin{aligned} m_{\text{собств}} &= \frac{m_\beta}{\sqrt{5}} = \frac{15''}{\sqrt{5}} = 6,7'' \\ m_{\text{отч}} &= \frac{0,1}{60} = 0,00167'' \\ m_{\text{виз}} &= \frac{60''}{\Gamma} = 2,0'' \\ n' &= 0,9 \Rightarrow 1 \text{ прием} \end{aligned}$$

Следовательно, горизонтальные углы необходимо измерять одним приемом.

Далее необходимо представить пояснительную записку, в которой указываем выбранный теодолит, делаем ссылку на технические характеристики прибора, указываем метод измерения углов и число приемов.

1.3.3.2. Расчёт точности определения высоты опознака

Для определения высоты рассматриваемого в примере опознака ОПВ9 используют тригонометрическое нивелирование. Вычислим предельную погрешность определения высоты пункта в слабом месте теодолитно-высотного хода после уравнивания

$$\text{пред}_{\Delta_H} = 2 \times m_{H_{сл.мх.}} = M_H$$

Так как ход тригонометрического нивелирования опирается на пункты ГСС и ГГС, то погрешностями исходных данных можно пренебречь (в рассматриваемом примере теодолитно-высотный ход опирается на пункты полигонометрии 4 класса, высоты которых определяются геометрическим нивелированием IV класса).

В этом случае вычислим M_H с использованием формулы

$$M_H^2 = \frac{L \times S}{2} (tg^2 v_{cp} \times \frac{m_S^2}{S^2} + \frac{m_v^2}{\rho^2})$$

где $L = [S]$, $S = S_{cp}$,

v_{cp} — среднее значение угла наклона сторон хода (определяется с помощью масштаба заложения на карте).

Так как расстояния измерены электронным тахеометром 4ТА5Н, влиянием ошибок линейных измерений можно пренебречь, тогда:

$$M_H = \frac{L \times S}{2} \times \frac{m_v}{\rho}$$

В примере $L = [S]=2230\text{м}$, $S = S_{cp}=280\text{м}$. Учитывая технологию выполнения работ и влияние вертикальной рефракции на точность измерения вертикальных углов теодолитом ЗТ5КП, примем $m_v = 30''$, тогда

$$M_H = \sqrt{\frac{2230 \times 280}{2}} \times \frac{30''}{206265''} = 0,08 \leq 0,4 \text{ м}$$

Примечание: $m_{H_{сл.м.х.}} = M_H/2 = 0,08\text{м}/2 = 0,04\text{м} \leq 0,2\text{м}$.

Следовательно, метод тригонометрического нивелирования обеспечивает определение высоты опознака ОПВ9 с необходимой точностью.

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ “КРЕДО”

Все графические работы студент может выполнять в любой системе автоматизированного производства работ (САПР). Но в рамках данного учебно-методического пособия в качестве примера рассматривается только КРЕДО ТОПОГРАФ.

С руководством пользователя этой программы [8] можно ознакомиться на официальном сайте КРЕДО-ДИАЛОГ. Также на официальном канале КРЕДО в YouTube представлены обучающие видеоролики по этой программе: <https://www.youtube.com/user/credodialogue>.

То же самое касается используемой для выполнения отдельных расчётов программы КРЕДО ДАТ, руководство пользователя которой [9] можно также найти на официальном сайте КРЕДО-ДИАЛОГ.

Более подробное и детальное описание выполнения этапов курсовой работы в КРЕДО ТОПОГРАФ представлено также в СДО МИИГАиК.

Начало работы над проектом

1. Запуск программы КРЕДО ТОПОГРАФ.
2. Команда «Создать новый Набор проектов».
3. В открывшемся окне «Новый проект» выберем:
Тип проекта – «План генеральный»;
Вариант создания нового проекта – «Создать пустой Проект».
4. Открывается рабочее окно программы КРЕДО ТОПОГРАФ.
5. Импорт листа топографической карты как подложки в формате TIFF через команду «Данные»-«Растровые подложки». В открывшемся окне «Управление растровыми подложками» выберем:
 - 5.1 команда «Данные»-«Импорт подложки»;
 - 5.2 в окне «Открытие документа» выбираем тип файла «Файл TIF (*.tif, *.tiff) и указываем путь к файлу с картой;
 - 5.3 открываем файл.

Выделив файл в левой части окна «Управление растровыми подложками», справа увидим общие параметры объекта и миниатюру его изображения. Работа над проектом в программе должна вестись в разных слоях. Пусть карта будет расположена в слое «Слой1».

6. Закрываем окно «Управление растровыми подложками».

Двойной щелчок по колесу мыши для масштабирования всего изображения. При приближении видно, что исходный картографический материал имеет вполне удовлетворительное качество. Северная рамка карты заметно отклоняется от горизонтального положения. (См. Приложение 1.)

7. Задаём масштаб проекта – 1:25000.

Самый быстрый способ: задать масштаб в командной строке.

Графическое представление проекта аэрофотосъёмки

На основании расчётов, выполненных в п. 1.1.1 данной курсовой работы, используя инструменты программы КРЕДО ТОПОГРАФ, нанесём на исходную карту оси маршрутов и отметим зоны перекрытия.

В ходе выполнения курсовой работы студент имеет дело с оцифрованной картой, строго привязанной в пространстве проекта по прямоугольным координатам (пересечения координатной сетки). Поэтому, расстояния, откладываемые на такой карте, относятся к расстояниям на местности как 1:1.

Для аналоговой карты масштаба 1:25000 сторона квадрата координатной сетки равна 4 см; для карты, являющейся растровой подложкой в КРЕДО ТОПОГРАФ – 1000 м. Поэтому оси маршрутов и зоны перекрытия будем строить по расстояниям, рассчитанным в реальном масштабе.

Для графического представления проекта аэрофотосъёмки воспользуемся командами построения.

1. Прежде через панель «Проекты и слои» создадим два новых слоя: «Вспомогательный» и «Проект АФС»:

1.1 клик по иконке «Организатор слоёв»;

1.2 создаём на одном уровне два новых слоя.

2. Сделаем активным слой «Вспомогательный».

3. Построение вспомогательных линий:

3.1 выбираем команду «Построение»-«Объекты по линии»;

3.2 щёлкаем курсором по юго-западному углу внутренней рамки карты (2.7);

3.3 задаём направление линии по западной внутренней рамке карты;

3.4 откладываем произвольное расстояние;

3.5 во вкладке «Последний узел» в строке «Длина звена L, м» задаём расстояние между осями соседних маршрутов на местности, вычисленное ранее (2.8);

3.6 повторяем действия 3.2-3.5 ещё трижды;

3.7 нажимаем на иконку «Последний элемент построения»;

3.8 во вкладке (справа) «Параметры» ставим галочку в строке «Линейный объект»;

в окне «Открыть Тематический объект» в классификаторе «Генплан и транспорт» выбираем папку «Границы» и объект «Граница временного отвода»;

3.9 нажимаем на иконки «Применить построение» и «Закончить метод».

Получаем штриховую линию чёрного цвета.

Такую же линию необходимо провести по восточной стороне внутренней рамки карты.

4. Вычерчиваем оси маршрутов:

4.1 делаем активным слой «Проект АФС»;

4.2 команда «Построение»-«Объекты по линии»;

4.3 проводим линии между «поворотными» точками вспомогательных линий, отделяющими отрезки равные расстоянию между осями соседних маршрутов;

4.4 в окне «Параметры» в настройках линейных объектов в строке «Объект классификатора» выберем объект «Граница регулирования застройки»;

4.5 проводим 4 такие линии.

Теперь эти линейные объекты на проекте обозначают оси маршрутов. Напоминаем, что первая ось совпадает с внутренней северной рамкой карты.

5. Проводим линии границ маршрутов, определяющие зоны поперечного перекрытия аэрофотоснимков:

5.1 команда «Построение»-«Объекты по линии»;

5.2 вдоль внутренней восточной рамки карты от оси самого северного маршрута откладываем отрезки, равные d_3 , в северном и южном направлениях (2.18);

5.3 затем во вкладке «Параметры» выбираем «Курсор – захват линии»;

5.4 щёлкаем по северной оси маршрута;

5.5 во вкладке «Параметры» выбираем команду «Переместить», в «Параметрах построения» в строке «Исходные элементы» выбираем «Не удалять» (так команда «Переместить» трансформируется в «Копировать»);

5.6 копируем линию на расстояние d_3 к северу от начальной линии с привязкой к отложенному заранее отрезку;

5.7 нажимаем на иконки «Применить построение» и «Закончить метод»;

5.8 через классификатор изменим объект на «Границу технической зоны метрополитена»;

Так, используя команду «Переместить» проводим линии на расстоянии d_3 к северу и югу от каждой оси маршрута, в том числе и внутренней северной рамки карты. Границы поперечного перекрытия для всего участка съёмки.

6. Выделение границ поперечного перекрытия:

6.1 команда «Построение»-«Объекты по контуру» (2.27);

6.2 на панели «Параметры» выбираем «По прямоугольнику» (2.28);

6.3 выделяем любой прямоугольник, образованный двумя линиями, обозначающими границы поперечного перекрытия и восточной и западной рамками карты;

6.4 на панели «Параметры» ставим галочку в строке «Площадной объект»;

6.5 в классификаторе выбираем папку «Топоплан», папку «Болота, грунты и микроформы», объект «Солончаки непроходимые и труднопроходимые»;

6.6 нажимаем на иконки «Применить построение» и «Закончить метод».

Осталось также выделить ещё три зоны поперечного перекрытия. Для этого можете повторить пункты 6.1-6.5 или копировать полученный полигон через команду «Переместить» на панели «Параметры».

Размещение планово-высотных опознаков

1. Через панель «Проекты и слои» создаём новый слой «ОПВ» и делаем его активным.

2. Наносим на карту запроектированный ОПВ:

2.1 команда «Построения»-«Точка»-«По курсору»;

2.2 щелчок левой клавишей мыши по точке на карте, где будет располагаться ОПВ;

2.3 на панели «Параметры» выставляем характеристики в соответствии с рисунком 3.4;

2.4 имена точек задаём по примеру: «ОПВ1» и т.д. по порядку;

2.5 для точечного объекта ОПВ в классификаторе выбираем папку «Топоплан»-«Геодезические пункты»-«Измерения»-объект «Пикет»-кнопка «Открыть»;

2.6 клавиша «Enter»;

2.7 по этому же алгоритму наносим на карту остальные опознаки;

2.8 иконки «Применить метод» и «Закончить метод».

Таким образом, мы создаём одновременно точку, которая далее будет участвовать в предрасчёте точности геодезических построений, и точечный объект, который корректно отображается на карте. И точка, и точечный объект пусть хранятся в одном, специальном, слое.

Нанесение на карту исходных пунктов

1. Создаём новый слой «Исходные пункты».

2. Из текстового файла выбираем три исходных пункта в соответствии с вариантом. Производство работ в КРЕДО ТОПОГРАФ демонстрируется на примере карты СНОВ. В качестве исходных примем пункты 01, 02 и 03.

У исходных пунктов определены прямоугольные координаты. В КРЕДО ТОПОГРАФ воспользуемся способом нанесения объектов по известным координатам.

3. Наносим исходные пункты на карту:

3.1 команда «Построение» – «Точка» – «В таблице»;

3.2 копируем из файла ТХТ и вставляем в открывшуюся таблицу «Точки» плановые координаты точки 01;

3.3 в строке «Объект классификатора» папка «Топоплан» – папка «Геодезические пункты» – папка «Измерения» – объект «Исходный ХУ» – кнопка «Открыть»;

3.4 слой «Исходные пункты»;

3.5 иконки «Применить метод» и «Закончить метод».

На карту должны быть нанесены и подписаны три исходных пункта.

Нанесение на карту пунктов геодезической сети сгущения

В соответствии с заданием, учитывая все нормативные требования и продумав маршруты, проектируем два полигонометрических хода.

1. Создаём новый слой «Пункты полигонометрии» или «ПП» и делаем его текущим.

2. Наносим на карту пункты геодезической сети сгущения (пункты, по которым будет проложен полигонометрический ход 4 класса):

2.1 команда «Построения»-«Точка»-«По курсору»;

2.2 далее выполняем те же действия, что и при нанесении опознаков с небольшими правками:

- в строке «Объект классификатора» указываем объект «Предварительный»;
- указываем слой «Пункты полигонометрии» или «ПП»;
- имена точек задаём по примеру: «пп1» и т.д. по порядку.

В примере ходы запроектированы так, что 4 пункта полигонометрии совпадают с ОПВ (пп5-ОПВ3, пп10-ОПВ6, пп15-ОПВ8, пп17-ОПВ11).

Проверка видимости между запроектированными пунктами полигонометрических ходов

Для удобства дальнейших построений в слое «Вспомогательный» построим ломаные линии, которые отразят маршруты полигонометрических ходов.

1. Рассмотрим такое построение на примере хода между исходными пунктами 03 и 02:

1.1 команда «Построения»-«Объекты по линии»;

1.2 проводим линию от исходного пункта 03 до 02 через пп1-пп5 (4.15);

1.3 иконка «Последний элемент построения»;

1.4 на панели «Параметры» убираем галочку в строке «Точечные объекты»;

1.5 ставим галочку в строке «Линейный объект»

1.6 в Классификаторе в папке «Генплан и транспорт» – «Проектируемые здания, сооружения» – «Здания и сооружения» выбираем объект «Отмостка» (отображается сплошной чёрной линией), кнопка «Открыть»;

1.7 в строке хранения в слое выбираем «Вспомогательный»;

1.8 нажимаем иконки «Применить построение» и «Закончить метод».

Начнём с определения видимости между пунктами хода 03 и пп1. Видимость зависит от рельефа местности и ситуации. На картах и планах рельеф отображается горизонталями, ситуация – условными знаками. Высоту сечения рельефа – шаг горизонталей – обычно указывают на картах в пояснениях под южной рамкой. На используемой карте масштаба 1:25000 указан шаг горизонталей 5 м. На карте встречаются промежуточные горизонтالي, отображаемые штриховыми линиями, шаг между основной и промежуточной горизонталями – 0,5 от высоты сечения рельефа. Для данной карты – 2,5 м.

2. Расстановка рельефных точек по изображениям горизонталей.

На каждой горизонтали, которую пересекает воображаемая линия хода отображаем не менее трёх рельефных точки. Чтобы правильно определить отметки горизонталей, необходимо понимать правила отрисовки горизонталей, изображения рельефа на картах, знать определение уклона и его характеристики.

Ближайшая горизонталь к пункту 03 – промежуточная с отметкой 167,5 м. По линии хода уклон направлен строго от 03 к пп1. Следующая горизонталь – сплошная. Её отметка – 165 м. далее следуют только сплошные горизонтали с шагом 5 м. Переходим к расстановке рельефных точек:

2.1 Создаём для них новый слой «Рельефные точки»

2.2 команда «Построения»-«Точка»-«По курсору»;

2.3 наводим курсор на ближайшую горизонталь к пункту 03, клик левой клавишей мыши;

2.4 На панели «Параметры» в строке

«Точки» - «Создавать»,

«Точечные объекты» – «Не создавать»,

«Тип Н» – «Рельефная»,

«Храниться в слое» – «Рельефные точки»,

«Отметка Н, м» – «Определённая отметка горизонтали»,

«Подписи» – «Отображать» (можно поменять параметр, но для наглядности рекомендуется отображать отметки);

2.5 иконка «Применить построение»;

2.6 наводим курсор на эту же горизонталь, ближе к линии хода, клик левой клавишей мыши;

2.7 то же действие: наводим курсор на эту же горизонталь, ближе к линии хода, клик левой клавишей мыши;

2.8 наводим курсор на следующую горизонталь, севернее линии хода, клик левой клавишей мыши;

2.9 на панели «Параметры» в строке «Отметка Н, м» меняем отметку горизонтали на актуальную;

2.10 клавиша «Enter»;

2.11 При условии высокой плотности точек в строке «Отображение» можно выбрать «Не отображать». Вместо отметки справа от точки серым отображается «Подпись». После завершения нанесения точек такие надписи не будут отображаться;

2.12 Наносим ещё две точки на горизонталь (близко к линии хода, южнее линии хода);

2.13 наводим курсор на следующую горизонталь и повторяем цикл 2.8-2.12.

Внимание! Не нужно забывать для каждой горизонтали подписывать её отметку. Стоит обращать внимание на тип горизонтали: основная или промежуточная. Рекомендуем также расставлять рельефные точки на горизонталях, расположенных в непосредственной близости от маршрута хода. Будьте внимательны при определении отметок местности при переходе через реки, овраги и подобные им элементы ситуации или рельефа.

2.14 в любой момент можем нажать иконки «Применить построение» и «Закончить метод».

3. Исправление ошибок и форматирование отображение рельефных точек:

3.1 на панели «Параметры» в первой строке выбираем иконку «Курсор – Захват точки»;

3.2 наводимся на точку, щелчок левой клавишей мыши;

3.3 на панели «Параметры» вносим необходимые изменения в соответствующие строки или нажимаем на иконки для выполнения команд перемещение, удаление и пр.;

3.4 после корректировки нажимаем на иконки «Применить построение» и «Закончить метод».

Таким образом, расставляем рельефные точки по всему маршруту хода. Обязательно с обеих сторон от маршрута. Если по какой-то причине на участках не хватает горизонталей, можете проставить точки, определив их отметки методом интерполирования. Определить расстояния вы можете через команду «Размеры»-«Линейные»-«Расстояние между точками». Главное: размерные линии не должны отображаться на чертеже. Вы можете их удалять или сохранять их в слое «Вспомогательный», который за тем будет отключен.

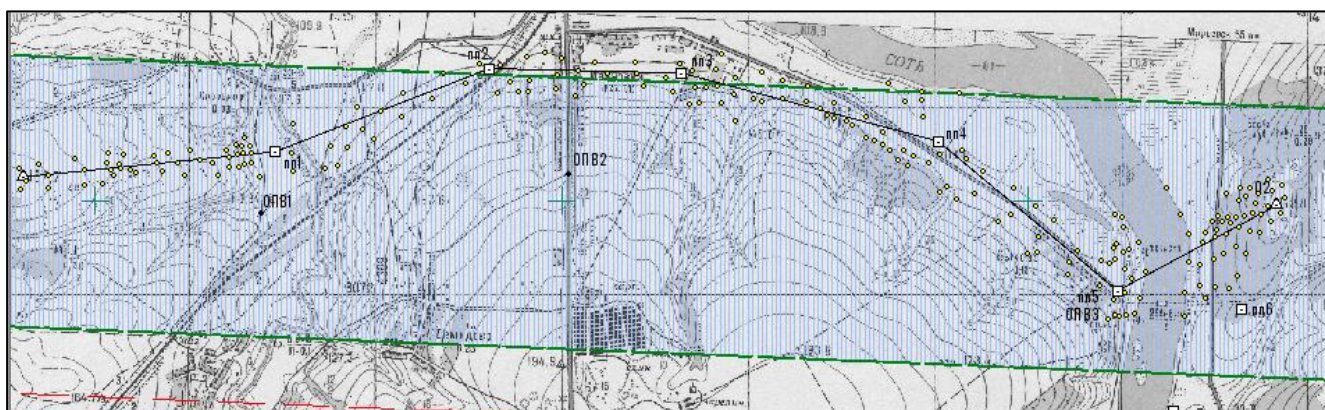
Если маршрут проходит:

- через обрыв – обязательно указываем его максимальную и минимальную отметки;
- через холм – отметки вершины, подножья и отметки на склоне/склонах;
- над оврагом – достаточно указать отметки верхней кромки.

Старайтесь не оставлять без рельефных точек продолжительные отрезки маршрута хода.

В итоге точек должно быть достаточно для построения поверхности.

Нанесены рельефные точки, расположенные по маршруту полигонометрического хода от пункта 03 до пункта 02:



Для дальнейших построений можем отключить неактуальные на данный момент слои: «Проект АФС», «Вспомогательный».

4. Построение поверхности:

4.1 команда «Поверхность»-«Создать в слое или контуре»;

4.2 задаём границы области для определения поверхности (включая все рельефные точки);

4.3 на панели «Параметры» указываем в строках показатели как на рисунках:

Параметры	
Параметры поверхности	
Хранится в слое	Рельефные точки
Участки без треуго...	Выделять все
Условия выбора	
Параметры создания	
Мак длина ребра, м	1000,00
Минимальный уго...	5°00'00"
Мак шаг аппрокс...	10,00
Min расстояние ме...	0,001
Участует в поверх...	Верхняя из близких точек
Группу треугольни...	Создать новые по залож...
Группы треугольников по заложению	
Горизонтالي	☒ Создавать
Откосы	☒ Создавать
Обрывы	☒ Создавать
Горизонтали – зало...	5,000
Обрывы – заложен...	0,500
Мин. площадь гру...	100,00

Параметры	
Обрывы – заложен...	0,500
Мин. площадь гру...	100,00
Горизонтали	
Имя стиля	Горизонтали рельефные
Вид	Интерполяционные
Шаг основных гор...	5,0
Кратность утолще...	4
Шаг утолщенных г...	20,00
Дополнительные г...	Не отображать
Вспомогательные ...	Не отображать
Откосы	
Имя стиля	Откос неукреплённый
Тип отображения ...	По нормали к линии вер...
Расстояние между ...	4,00
Тип коротких штри...	Нет
Обрывы	
Имя стиля	Обрыв
Расстояние между ...	4,00

4.4 нажимаем на иконку «Создать поверхность»;

4.5 если при этом открывается окно «План» с сообщением «Недостаточно данных для триангуляции», увеличьте значение в строке «Мах длина ребра, м» (или увеличьте плотность рельефных точек). Снова нажмите на иконку «Создать поверхность»;

4.6 нажимаем на иконки «Применить построение» и «Закончить метод».

Перед нами поверхность с горизонталями и отображающимися рёбрами. Горизонтالي созданной поверхности могут отличаться от горизонталей на карте. Если отклонения незначительны и на пересечениях с линиями хода горизонтالي отображаются корректно, можно оставить поверхность без изменений. Если очертания горизонталей серьёзно отличаются или же образуют узлы/перегибы необходимо выбрать команду «Поверхность»-«Удалить все в слое». На панели «Параметры» в строке «Поверхность в слое» выбрать соответствующий слой и нажать на иконку «Применить построение». Поверхность будет удалена, и вы сможете проверить и скорректировать нанесение рельефных точек.

Когда поверхность приобретёт вид, соответствующий карте, можно переходить к созданию профилей.

5. Построим профиль хода 03-02:

5.1 работаем с линией, обозначающей маршрут хода, для этого включаем слой «Вспомогательный»;

5.2 команда «Построения»-«Профиль линейного объекта»;

5.3 наводимся курсором и щёлкаем левой клавишей мыши по линии хода (4.41);

5.4 на панели «Параметры» выставяем параметры в соответствии с рисунком 4.42;

5.5 клавиша «Применить построения»;

5.6 в окне программы открывает новая вкладка «Профиль» (все вкладки проекта вы можете видеть в левом нижнем углу экрана);

5.7 в левой части вкладки «Профиль» отображаются Продольный профиль, Развёрнутый план и Сетка профиля объекта, а в правой части: панели «Тематические слои», «Проекты и слои», «Параметры»;

5.8 команда «Профили»-«Назначить профиль»;

5.9 в открывшемся окне «Выбор слоя» выбираем «Профиль объекта» - «ОК»;

5.10 наводимся курсором на профиль в части окна «Продольный профиль»;

5.11 на панели «Параметры» выставяем характеристики в соответствии с рисунком;

5.12 клавиша «Применить построения»;

5.13 в результате получаем готовый Продольный профиль и заполненные ячейки в Сетке профиля объекта.

6. Редактирование полученного профиля:

6.1 на панели «Проекты и слои» во вкладке «Проекты» выделяем строку «Сетка профиля объекта» и во вкладке «Слои» отключаем несколько слоёв в соответствии с рисунком:

Высота глаз над поверхностью...	1,500000
Высота предмета на поверхно...	1,500000
Нормируемая видимость пове...	1500,000000
Отступ от оси для расчета срез...	2,000000

6.2 далее мы можем отредактировать область окон Продольный профиль, Развёрнутый план и Сетка профиля объекта на своё усмотрение, масштабировать профиль.

Профиль для маршрута запроектированного полигонометрического хода получен. Пользователь может приблизить любой участок профиля, проанализировать изображение и сделать выводы о наличии или отсутствии прямой видимости между двумя пунктами. Если прямая видимость отсутствует необходимо перепроектировать участок хода или ход.

Но не стоит забывать и о ситуации – наличии преград в виде насаждений, строений и пр.

7. Сохранение профиля:

7.1 команда «Данные»-«Сохранить все в черновике»;

7.2 команда «Данные»-«Экспорт параметров – в шаблон» – для того, чтобы оптимизировать оформление профилей для второго хода, теодолитного хода и засечек.

8. По изложенной методике выполняется проверка видимости между запроектированными пунктами второго полигонометрического хода.

Можно выполнять профиль для каждой стороны хода по отдельности.

Проверка видимости по линиям запроектированных прямых и обратных угловых засечек и по линиям теодолитных ходов

В соответствии с заданием координаты не менее чем одного опознака должны быть определены:

- из прямой многократной угловой засечки,
- из обратной многократной угловой засечки,
- как пункт теодолитного хода.

В демонстрируемом примере проекта запроектировано 14 ОПВ, из них:

- определены как пункты полигонометрических ходов (пп5-ОПВ3, пп10-ОПВ6, пп15-ОПВ8, пп17-ОПВ11),
- 2 определены через проложение теодолитных ходов (ОПВ1, ОПВ 2),
- 1 опознак определён из обратной многократной угловой засечки (ОПВ4),
- 7 – из прямой многократной угловой засечки (ОПВ5, ОПВ7, ОПВ9, ОПВ10, ОПВ12, ОПВ13, ОПВ14).

Результаты проектирования частично представлены в Приложении 1.

Примечания:

- 1) создаём два дополнительных слоя «Теодолитный ход» и «Засечки»;
- 2) точки теодолитного хода наносятся на карту аналогично опознакам;
- 3) линия теодолитного хода – по аналогии с линией полигонометрического хода;
- 4) линии направления визирования при обозначении засечек обозначаются в классификаторе как объект «Направление съезда» в папке «Разное».

На этом завершается этап проектирования сети сгущения геодезического обоснования и привязки опознаков к пунктам полигонометрии. Местоположение пунктов полигонометрии, опознаков и пунктов теодолитного хода, способ привязки каждого ОПВ к пунктам обоснования считается верно запроектированным только при условии взаимной видимости между пунктами.

Оценка проекта полигонометрического хода

Предрасчет точности полигонометрического хода и других геодезических построений выполняется в программе КРЕДО ДАТ.

1. Экспортируем проект из КРЕДО ТОПОГРАФ:
 - 1.1 команда «Данные»-«Экспорт»-«Модели по шаблонам»;
 - 1.2 панели «Параметры» в строке «Тип экспорта» выбираем «LandXML (v2.0)»;
 - 1.3 иконка «Применить построение»;
 - 1.4 в открывшемся окне «Экспорт» указываем расположение будущего файла и его имя;
 - 1.5 закрываем программу КРЕДО ТОПОГРАФ, сохраняем все изменения.
2. Запускаем программу КРЕДО ДАТ. В окне запуска выбираем «Создать новый проект».
3. Команда «Файл»-«Сохранить как...», задаём файлу имя и расположение.
4. Импортируем созданный проект:
 - 4.1 команда «Файл»-«Импорт»-«ТороXML (*.xml)»;

4.2 выбираем файл, ранее экспортированный из программы ТОПО-ГРАФ;

4.3 открывается окно «Импорт ТороXML» с отчётом, нажимаем «ОК»;

4.4 двойной щелчок колесом мыши по полю «План» для масштабирования;

4.5 на панели инструментов выбираем масштаб 1:25000.

5. Удаляем заливку в зоне перекрытий АФС.

6. Выбираем исходные точки в, свойствах указываем «Тип NE» - «Исходный»;

7. Выбираем пункты полигонометрии, в свойствах указываем «Тип NE» - «Предварительный»;

8. Удаляем из проекта линии, обозначающие маршруты полигонометрических ходов;

9. Создаём первый ход (от 03 до 02):

9.1 вкладка «Теодолитные ходы», иконка «Добавить строку» (5.7);

9.2 Заполняем столбцы:

«Ход» - «1»,

«Класс NE» - «4 класс (ГГС), III класс ГС, СГГС-2»,

«Метод опр. расст.» - «Горизонтальное проложения (с/г)»,

остальные – без изменений.

9.3 во вкладке «Точки теодолитных» ходов задаём по очереди пункты хода;

9.4 произвольно задаём горизонтальные углы и расстояния (условие: значения должны быть отличны от нуля);

9.5 открываем вкладку «План»;

9.6 команда «Расчеты»-«Предобработка»-«Расчёт»;

9.7 в отрывшемся окне протокола нажимаем кнопку «Готово»;

9.8 команда «Расчеты»-«Уравнивание»-«Расчёт».

Уравнивание не выполняется, так как программа не производит предрасчёт для геодезических построений с координатной (безугловой) привязкой.

10. Поэтому объединим два запроектированных полигонометрических хода в один:

10.1 возвращаемся на вкладку «План» и повторяем Предрасчёт и Уравнивание;

10.2 в окне «Уравнивание» просматриваем характеристики (например: СКО направлений, СКО расстояний), кнопка «Готово»;

10.3 на плане отображаются эллипсы ошибок;

10.4 открываем Ведомость оценки точности положения пунктов: «Ведомости»-«Уравнивание»-«Ведомость оценки точности положения пунктов»;

10.5 опознаки ещё не привязаны к пунктам хода, из данной ведомости строки с пунктами ОПВ можно удалить;

10.6 сохраняем ведомость в удобном текстовом формате под именем «Ведомость оценки точности положения пунктов *Фамилия И.О. студента*».

На этом оценка проекта полигонометрических ходов завершена. И нужно сохранить изменения в проекте.

Оценка проекта теодолитных ходов

Производится по тому же принципу, что и оценка проекта полигонометрического хода.

На этом этапе рекомендуем пересохранить текущий проект под новым именем. КРЕДО ДАТ производит уравнивание для ходов с координатной привязкой. В новом файле для предрасчёта точности теодолитных ходов пункты полигонометрии можно обозначать как «Исходные».

Ведомость сохраняем под именем «Ведомость оценки точности положения пунктов ТХ от ____ до ____ *Фамилия И.О. студента*»

Оценка проекта прямых и обратных многократных засечек

1. За основу берём первый проект, созданный в КРЕДО ДАТ, и снова пересохраняем его под новым именем.

2. Открываем вкладку «Станции» и, сверяясь с проектом привязки опознаков к пунктам полигонометрического хода во вкладке «План» или программе ТОПОГРАФ, вводим станции, с которых производятся засечки. В примере координаты только одного опознака определяются из обратной многократной засечки – ОПВ4:

2.1 вкладка «Станции» – иконка «Добавить строку» – Станция ОПВ4;

2.2 вкладка «Измерения ПВО» – иконка «Добавить строку»: добавляем строки:

- в столбце «Цель» – названия пунктов, на которые производилась засечка,
- в столбцах «Гор. лимб» и «Расстояния» – любые значения, отличные от нуля,
- в столбце «Класс НЕ» выбираем 4-класс (ГГС) или 1-й разряд.

2.3 затем в станциях указываем все пункты полигонометрии и исходные пункты, с которых запроектирована прямая засечка;

2.4 во вкладке «Измерения ПВО» указываем опознаки, на которые производились засечки с каждого пункта обоснования:

- в столбце «Цель» – названия опознаков, на которые производилась засечка,

- в столбцах «Гор. лимб» и «Расстояния» – любые значения, отличные от нуля,

- в столбце «Класс NE» выбираем 4-класс (ГГС) или 1-й разряд.

2.5 вкладка «План», производим Предрасчёт и Уравнивание, изучаем протокол;

2.6 снова открываем и Ведомость оценки точности положения пунктов;

2.7 сохраняем ведомость под именем «Ведомость оценки точности положения опознаков из прямых и обратных засечек *Фамилия И.О. студента*».

Примечание: по условию задания курсовой работы координаты опознаков могут быть определены из прямой многократной угловой засечки (минимум 3 направления). Программа КРЕДО ДАТ не производит уравнивание для пунктов, определённых из прямой угловой засечки менее чем на 4 пункта.

В примере при проектировании прямых засечек в КРЕДО ДАТ мы задаём углы и расстояния. В КРЕДО ДАТ допускается производство многократной линейно-угловой засечки для того, чтобы уменьшить количество минимальных направлений до трёх. Это позволяет нам уменьшить количество направлений, которые нужно проверить на наличие прямой видимости между пунктами.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

В ходе выполнения курсовой работы необходимо составить проект планово-высотной привязки опознавательных знаков (опознаков) в рамках стереотопографической съёмки для получения карты масштаба 1:5000 с высотой сечения рельефа 2 метра. Границы района работ соответствуют границам трапеции карты масштаба 1:25000.

Вариант курсовой работы устанавливается согласно учебному шифру студента. Исходные данные по каждому из заданий контрольной работы выбираются или формируются каждым студентом самостоятельно на основе цифр этого учебного шифра.

Состав исходных данных для выполнения курсовой работы следующий:

1. Лист топографической карты масштаба 1:25000 (предоставляется в электронном виде в СДО МИИГАиК; выбирается из Приложения 2 по последней цифре i_5 шифра);

2. Положение трёх исходных пунктов на заданном листе карты (выбирается из Приложения 2 по предпоследней цифре i_4 шифра в зависимости от выбранного листа топографической карты);

3. Заданные значения продольного и поперечного перекрытий аэрофотоснимков, а также фокусного расстояния объектива АФА (см. п. 1.1.1).

Результатами выполнения курсовой работы являются:

1) текстовая часть курсовой работы:

- 1.1) титульный лист (Приложение 5);
- 1.2) оглавление;
- 1.3) введение;
- 1.4) основная часть – расчёты;
- 1.5) заключение;

2) графическая часть курсовой работы:

- 2.1) схемы полигонометрических ходов (в масштабе 1:25000);
- 2.2) схемы нивелирных ходов;
- 2.3) схемы теодолитно-высотных ходов;
- 2.4) общая схема сгущения исходного геодезического обоснования и привязки опознаков.

Курсовую работу следует выполнять, придерживаясь следующего порядка действий:

1. Выбираем исходные данные для выполнения курсовой работы, используя индивидуальный шифр и Приложение 2;

2. Составляем проект аэрофотосъёмки и размещения планово-высотных опознавательных знаков (рассмотрено в п. 0; на этом этапе на карту наносят оси маршрутов аэрофотосъёмки, границы зон продольного пере-

крытия и штрихуют зону продольного перекрытия);

3. Составляем проект геодезической сети сгущения (рассмотрено в п. 1.2; на этом этапе на карту наносят исходные пункты триангуляции и схемы за-проектированных полигонометрических ходов);

4. Составляем проект съёмочной сети (рассмотрено в п. 1.3; на этом этапе на карту наносят схемы теодолитных ходов, обратных многократных засечек и прямых многократных засечек);

5. Составляем введение курсовой работы;

6. Составляем заключение курсовой работы;

7. Формируем оглавление курсовой работы.

Основной целью работы является проектирование геодезической сети сгущения и съёмочной сети в равнинно-пересеченных и всхолмленных районах при стереотопографической съёмке для получения карты масштаба 1:5000 с высотой сечения рельефа 2 м посредством проектирования плановых и высотных построений для геодезического обеспечения опознавательных знаков, необходимых для привязки аэрофотоснимков.

При составлении проекта используется территория, ограниченная рамкой трапеции карты. В качестве плановой и высотной государственной геодезической основы используются три пункта триангуляции 3 класса, высоты которых определены геометрическим нивелированием III класса; при этом предполагается, что имеется взаимная видимость между этими пунктами. Имеющиеся на карте иные пункты государственной геодезической сети (ГГС) считаются утраченными и при проектировании во внимание не должны приниматься.

Графически проект геодезического обоснования может составляться с использованием электронных средств (САПР, например: КРЕДО ТОПОГРАФ или AutoCAD).

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

При выполнении работы с помощью программного обеспечения типа САПР работа составляется в едином файле, построения строятся поверх наложенного изображения листа топографической карты масштаба 1:25000 на растровой подложке. Все построения выполняются в соответствии с условными знаками (см. приложение 3).

Выполнение работы вручную рассмотрено в учебном пособии [6].

При несоблюдении масштабов карты, требований к оформлению рамок и толщинам линии работа считается **неверно выполненной**.

Во введении курсовой работы необходимо указать:

- цели и задачи курсового проекта;
- назначение крупномасштабных съемок;
- содержание топографических карт и планов масштаба 1:5000;
- требования к картам и планам крупных масштабов по точности;
- методы крупномасштабных топографических съёмок;
- необходимо описать физико-географические условия на участке съёмки, используя выданную карту масштаба 1:25000.

В ходе выполнения работы необходимо руководствоваться следующими документами:

- Инструкция по топографической съёмке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500 [1],
- Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов [2];
- ГКИНП-09-32-80. Основные положения по аэрофотосъёмке, выполняемой для создания и обновления топографических карт и планов [7].

В курсовой работе необходимо на основании требований действующих инструкций и других нормативных документов:

- составить проект аэрофотосъёмки и размещения планово-высотных опознаков;
- выполнить проектирование и оценку точности проекта полигонометрических ходов 4 класса и ходов нивелирования IV класса;
- выполнить проектирование съёмочной сети и расчет её точности;
- представить рекомендации по выбору приборов и методов измерений;
- сделать выводы по выполненной работе.

В ходе работы должны быть составлены:

- 1) Чертеж листа карты с нанесёнными координатами углов трапеции, осями маршрута аэрофотосъёмки и границами перекрытий, нанесёнными/начерченными проектами полигонометрических, теодолитных ходов и засечек, с легендой условных знаков проекта.

2) Проект съёмочной геодезической сети, который должен удовлетворять следующим требованиям:

- а) пунктов ОПВ минимум 10 штук;
- б) минимум один ОПВ определяется с помощью теодолитного хода;
- в) минимум один ОПВ определяется с помощью прямой угловой многократной засечки;
- г) минимум один ОПВ определяется с помощью обратной угловой многократной засечки.

При оформлении работы руководствоваться примером решения, приведённым в п. 0.

Основной текст контрольной работы оформляется на листах формата А4 в рукописном или печатном виде. При оформлении контрольной работы в печатном виде необходимо придерживаться следующих требований:

- 1. Шрифт: Times New Roman;
- 2. Размер шрифта: 14;
- 3. Межстрочный интервал 1.5;
- 4. Отступы перед абзацем: 0;
- 5. Отступы после абзаца: 0;
- 6. Выравнивание по ширине.

Примечание: курсовая работа должна быть пронумерована и сброшюрована.

Приложения при выполнении электронными программными средствами должны включать:

- 1. Выданную топографическую карту;
- 2. Схему проекта геодезической сети сгущения и съёмочной сети.

Работы, не оформленные в соответствии с указанными требованиями, преподавателем **не рассматриваются**.

Перед загрузкой работ в СДО МИИГАиК необходимо оцифровать все листы, выполненные в рукописном виде, или перевести цифровые файлы документов в формат PDF. Цифровые чертежи также необходимо перевести в формат PDF. Все полученные документы необходимо свести в один единый файл курсовой работы в формате PDF (также крайне важно следить за верным порядком расположения листов при сведении в единый документ основной части и приложений).

Готовым к загрузке в СДО МИИГАиК считается единственный файл в формате PDF с названием, оформленным следующим образом: ФИО_ШИФР_КУРС_ДИСЦИПЛИНА_РАБОТА. Например, «Иванов_И.И._32Г-18_3_Геодезия_Курсовая.pdf».

При несоблюдении указанных требований, работа будет считаться **не принятой**.

ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

основная литература:

1. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. — М.: Недра, 1982. — 160 с. — Текст: электронный // Информационная система МЕГАНОРМ: [электронный ресурс]. — URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293842/4293842648.pdf> (дата обращения: 28.02.2021).
2. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов / Федеральная служба геодезии и картографии России. — М.: Картгеоцентр–Геодезиздат, 2004. — 244 с. — Текст электронный // Информационная система МЕГАНОРМ: [электронный ресурс]. — URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293855/429385518.pdf> (дата обращения: 28.02.2021).
3. Чугреев, И. Г. Полигонометрия. Привязочные работы: учебное пособие / И. Г. Чугреев. — М.: МИИГАиК, 2009. — 122 с. — Текст электронный // Архив методических указаний ФДФО МИИГАиК: [электронный ресурс]. — URL: <http://miigaik.ru/upload/medialibrary/51a/51a4bf45d95ba0816a66d88691dcdac7.pdf> (дата обращения: 28.02.2021).
4. Селиханович, В. Г. Геодезия. Часть 2: учебник для вузов / В. Г. Селиханович. — М.: Недра, 1981. — 544 с. — Текст: электронный // Геологическая библиотека GEOKNIGA: [сайт]. — URL: <https://www.geokniga.org/books/5135> (дата обращения: 28.02.2021).
5. Селиханович, В. Г. Практикум по геодезии: учебное пособие / В. Г. Селиханович, В. П. Козлов, Г. П. Логинова. — М. Альянс, 2006. — 382 с. — Текст: электронный // Геологическая библиотека GEOKNIGA: [сайт]. — URL: <https://www.geokniga.org/books/4995> (дата обращения: 28.02.2021).

дополнительная литература:

6. Таран, В. В. Проектирование планово-высотного геодезического обоснования для составления карт и планов крупных масштабов: учебное пособие / В. В. Таран, М. Р. Владимирова, С. В. Швец, И. В. Калинина. — М.: МИИГАиК, 2019. — 72 с. — Текст: электронный // Официальный сайт МИИГАиК [сайт]. — URL: <http://miigaik.ru/upload/iblock/a55/a550182bb6268dfbba27dbeb85169caa.pdf> (дата обращения: 28.02.2021).
7. ГКИНП-09-32-80. Основные положения по аэрофотосъемке, выполняемой для создания и обновления топографических карт и планов / Главное управление геодезии и картографии при Совете министров СССР. — М.: Недра, 1982. — 18 с. — Текст электронный // Информационная система МЕГАНОРМ: [электронный ресурс]. — URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293849/4293849089.pdf> (дата обращения: 28.02.2021).

8. ТОПОГРАФ 2.50: руководство пользователя для начинающих. – М.: КРЕДО-ДИАЛОГ, 2020. — 187 с. — Текст: электронный // Программная документация с официального сайта КРЕДО-ДИАЛОГ [электронный ресурс]. — URL: <https://credo-dialogue.ru/media/downloads/Documentation/ТОПОГРАФ.%20Руководство%20пользователя%20для%20начинающих.pdf> (дата обращения: 28.02.2021).

9. КРЕДО ДАТ 5.2 Обработка полевых инженерно-геодезических данных: руководство пользователя. – М.: КРЕДО-ДИАЛОГ, 2020. — 202 с. — Текст: электронный // Программная документация с официального сайта КРЕДО-ДИАЛОГ [электронный ресурс]. — URL: <https://credo-dialogue.ru/media/downloads/Documentation/ДАТ%205.2.%20Руководство%20пользователя.pdf> (дата обращения: 28.02.2021).

10. Кузнецов, П. Н. Геодезия. Часть I: учебник для вузов / П. Н. Кузнецов. — М.: Академический Проект, 2010. — 256 с. — Текст: электронный // Геологическая библиотека GEOKNIGA: [сайт]. — URL: <https://www.geokniga.org/books/20570> (дата обращения: 28.02.2021).

Приложение 1. Иллюстрации к проектированию с использованием программных продуктов “КРЕДО”



Рисунок 1 – Растровая подложка с привязкой

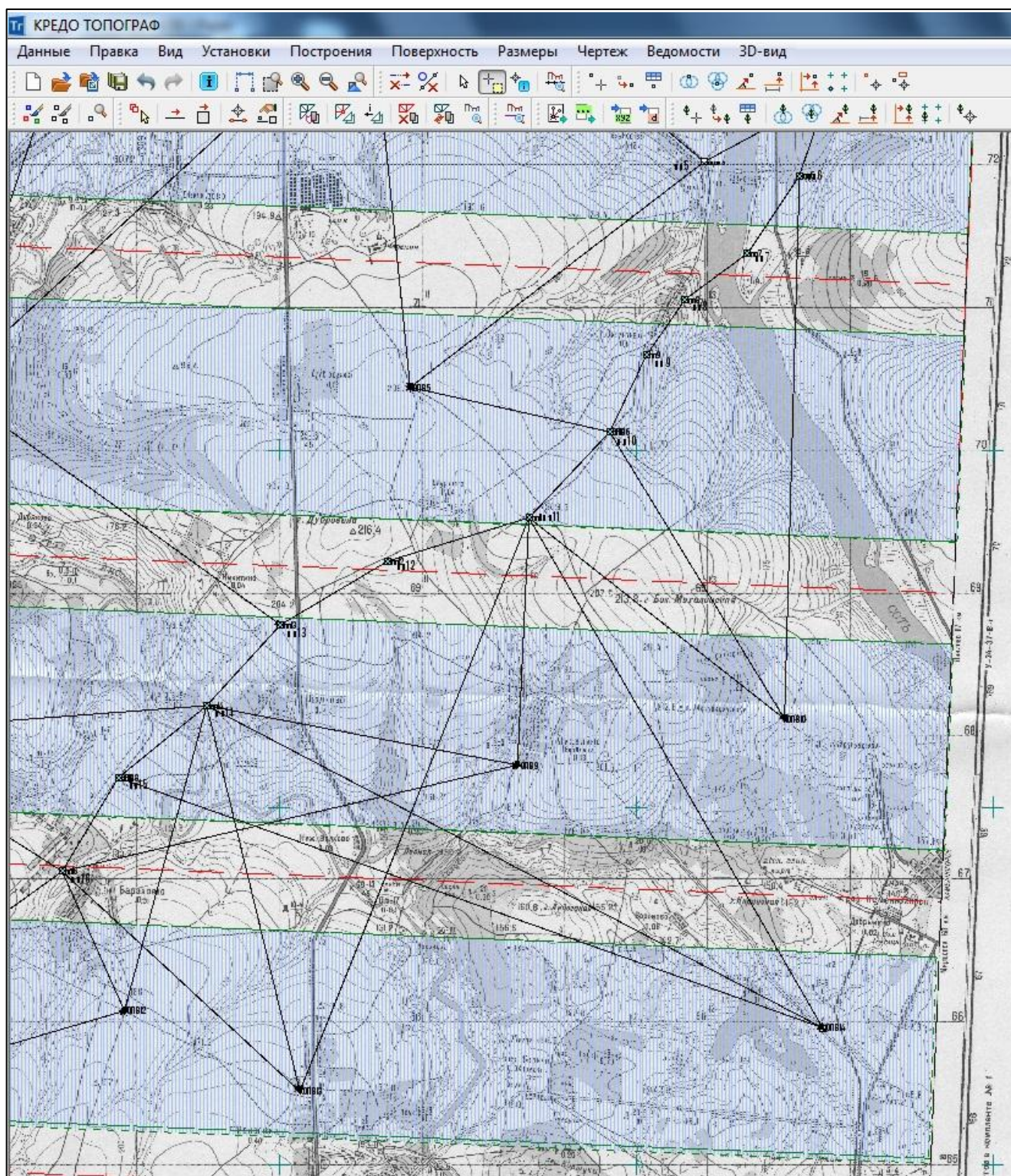


Рисунок 2 – Результаты проектирования прямых и обратных угловых засечек

Приложение 2. Индивидуальные варианты

Карта: Снов ($i_5 = 0$ или $i_5 = 5$)

i_4	X_{TR1}	Y_{TR1}	X_{TR2}	Y_{TR2}	X_{TR2}	Y_{TR2}
0	6065580,622	4307230,406	6072477,877	4313833,952	6072628,142	4307111,524
1	6064774,194	4311902,107	6071192,095	4313286,339	6071440,646	4307533,449
2	6067938,881	4313827,547	6071373,842	4306795,063	6064558,048	4307416,935
3	6064883,018	4309621,356	6072477,877	4313833,952	6071373,842	4306795,063
4	6068579,880	4306916,928	6064774,194	4311902,107	6072477,877	4313833,952
5	6065569,610	4308716,143	6068943,654	4312536,381	6072628,142	4307111,524
6	6066109,063	4310289,924	6071440,646	4307533,449	6072477,877	4313833,952
7	6066783,363	4311837,386	6072628,142	4307111,524	6071192,095	4313286,339
8	6068187,512	4312815,222	6071373,842	4306795,063	6064558,048	4307416,935
9	6065580,622	4307230,406	6067938,881	4313827,547	6072628,142	4307111,524

Карта: Введенское ($i_5 = 1$ или $i_5 = 6$)

i_4	X_{TR1}	Y_{TR1}	X_{TR2}	Y_{TR2}	X_{TR2}	Y_{TR2}
0	5956213,494	11673976,070	5961112,071	11680875,198	5952574,592	11681542,172
1	5957824,083	11680259,274	5953200,998	11674908,502	5960277,171	11673740,952
2	5955556,047	11674421,852	5955288,408	11680762,225	5961272,319	11673923,221
3	5961272,319	11673923,221	5961470,730	11681318,579	5953101,396	11680382,910
4	5952574,592	11681542,172	5952571,904	11676240,066	5959970,318	11674658,244
5	5959970,318	11674658,244	5961112,071	11680875,198	5954234,861	11678143,245
6	5957504,281	11679429,939	5955556,047	11674421,852	5961491,423	11678210,636
7	5957567,338	11673456,791	5961470,730	11681318,579	5952574,592	11681542,172
8	5958107,096	11680725,184	5956738,219	11674183,780	5953200,998	11674908,502
9	5956411,920	11677172,791	5952574,592	11681542,172	5961491,423	11678210,636

Карта: Андрополь ($i_5 = 2$ или $i_5 = 7$)

i_4	X_{TR1}	Y_{TR1}	X_{TR2}	Y_{TR2}	X_{TR2}	Y_{TR2}
0	5953171,747	12302543,820	5957206,797	12309929,028	5961987,004	12302502,009
1	5958301,870	12302118,413	5952887,712	12309813,401	5960881,939	12309795,435
2	5953666,723	12309480,666	5956943,530	12303405,412	5961508,174	12308177,690
3	5961861,552	12304564,823	5955703,857	12304801,602	5960881,939	12309795,435
4	5957880,263	12309472,641	5954297,122	12302115,453	5961518,074	12302252,104
5	5957880,263	12309472,641	5953352,148	12308385,683	5961508,174	12308177,690
6	5953352,148	12308385,683	5958691,807	12302157,624	5960881,939	12309795,435
7	5961508,174	12308177,690	5952887,712	12309813,401	5961987,004	12302502,009
8	5953171,747	12302543,820	5961861,552	12304564,823	5953352,148	12308385,683
9	5961861,552	12304564,823	5952887,712	12309813,401	5960881,939	12309795,435

Карта: Аренск ($i_5 = 3$ или $i_5 = 8$)

i_4	X_{TR1}	Y_{TR1}	X_{TR2}	Y_{TR2}	X_{TR2}	Y_{TR2}
0	5953048,942	11691390,609	5954173,888	11697555,674	5961378,343	11695221,028
1	5953662,701	11691361,726	5958138,973	11696875,586	5960949,274	11690455,296
2	5956332,583	11690125,444	5954173,888	11697555,674	5962173,131	11697152,300
3	5961378,343	11695221,028	5954745,618	11695926,190	5955017,867	11690249,575
4	5959725,050	11692616,413	5953048,942	11691390,609	5954173,888	11697555,674
5	5954039,653	11694288,454	5961493,565	11691378,666	5962173,131	11697152,300
6	5954745,618	11695926,190	5962173,131	11697152,300	5960949,274	11690455,296
7	5958138,973	11696875,586	5955017,867	11690249,575	5961493,565	11691378,666
8	5959725,050	11692616,413	5954173,888	11697555,674	5955017,867	11690249,575
9	5956332,583	11690125,444	5961652,150	11696635,304	5954745,618	11695926,190

Карта: Лиски ($i_5 = 3$ или $i_5 = 9$)

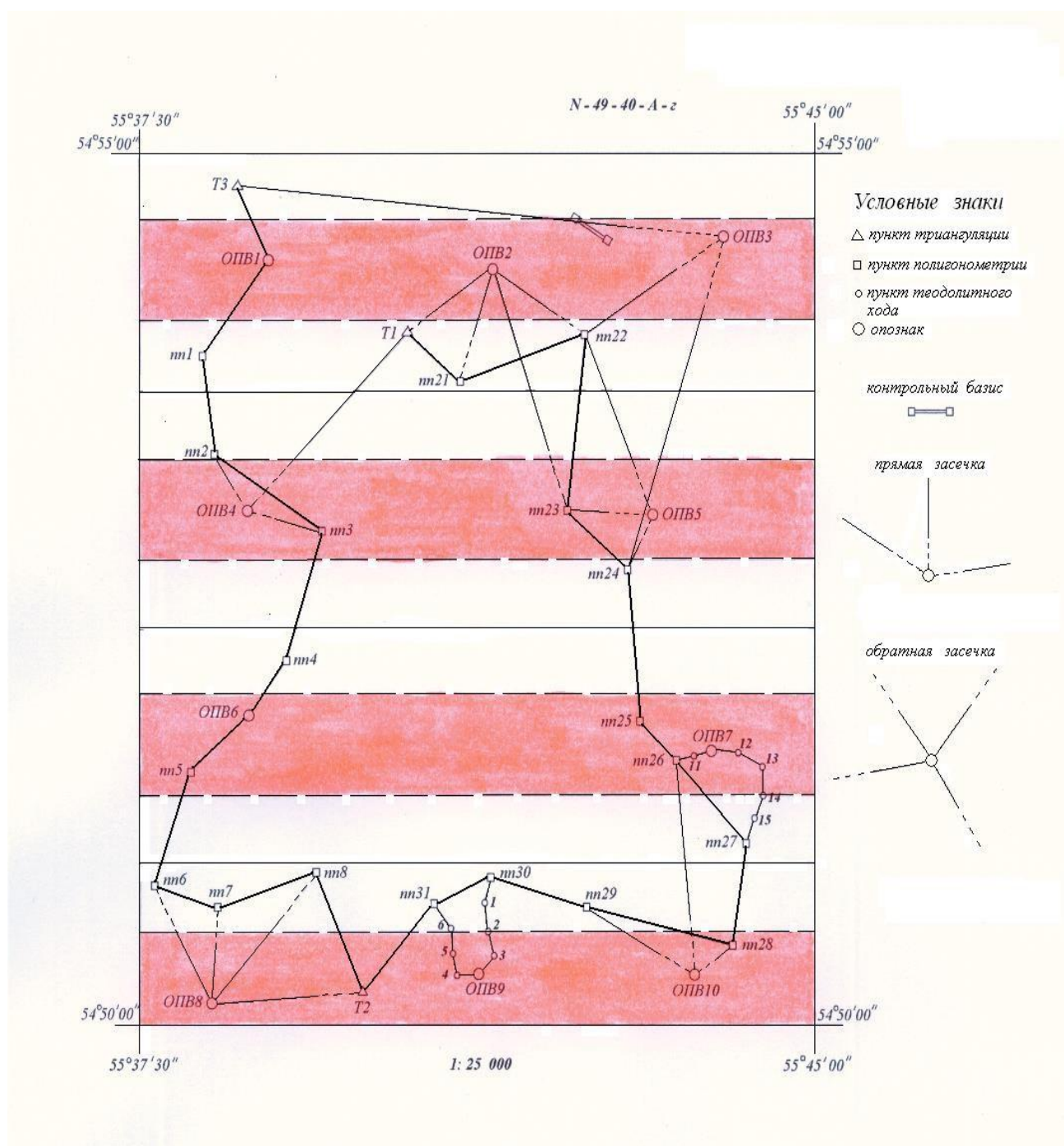
i_4	X_{TR1}	Y_{TR1}	X_{TR2}	Y_{TR2}	X_{TR2}	Y_{TR2}
0	5961612,499	11682353,407	5957945,736	11689444,649	5953171,217	11682286,917
1	5961612,499	11682353,407	5954205,663	11689012,661	5956118,355	11681792,873
2	5956118,355	11681792,873	5961716,943	11688762,400	5954205,663	11689012,661
3	5953390,796	11686353,325	5958643,205	11681571,714	5961417,229	11687395,668
4	5953171,217	11682286,917	5954205,663	11689012,661	5960872,717	11685829,630
5	5959418,683	11682507,845	5961716,943	11688762,400	5952673,466	11684664,655
6	5953060,696	11687091,875	5958643,205	11681571,714	5961154,449	11686806,668
7	5960608,042	11684932,862	5953171,217	11682286,917	5953153,483	11689622,376
8	5960372,210	11684316,894	5952673,466	11684664,655	5957945,736	11689444,649
9	5961096,653	11686519,146	5956118,355	11681792,873	5953153,483	11689622,376

Приложение 3. Условные обозначения на схеме проекта

-  - рамка трапеции листа карты масштаба 1:25000 (черный цвет, 0,1мм);
-  - пункты триангуляции (черный цвет, 5мм);
-  - пункты полигонометрического хода 4 класса (черный -цвет, 4 мм);
-  - пункты теодолитного хода (красный цвет, 3мм);
-  - планово-высотные опознаки (красный цвет, 5мм);
-  - стороны полигонометрических ходов (черный цвет, 0,2мм);
-  - стороны теодолитных ходов (красный цвет, 0,2мм);
-  - направления засечек (черный цвет, 0,2мм);
-  - оси запроектированных маршрутов аэрофотосъемки (зеленый цвет, 0,1мм);
-  - границы поперечного перекрытия аэрофотоснимков (зеленый цвет, 0,1мм).

Примечание: все надписи на схеме проекта (номера пунктов и опознаков и т.д.) показывают черным цветом.

Приложение 4. Схема проекта геодезической сети сгущения и съёмочной сети (уменьшенная копия общего чертежа)



Приложение 5. Макет титульного листа курсовой работы

**«Московский государственный университет
геодезии и картографии»**

КАФЕДРА ГЕОДЕЗИИ

КУРСОВАЯ РАБОТА
по геодезии

студента заочного отделения ФДФО

направления подготовки 21.03.03 Геодезия и дистанционное зондирование

фамилия

имя

отчество

Шифр: _____

20__ год