

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Геодезия и аэрокосмические геотехнологии»

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ

Лабораторный практикум
для студентов специальности
1-56 02 01 «Геодезия»

В 2 частях

Часть 2

*Рекомендовано учебно-методическим объединением по образованию
в области горнодобывающей промышленности*

Минск
БНТУ
2019

УДК 528.5(076.5)

ББК 26.12я7

Г35

Составитель

Н. О. Куприенко

Рецензенты:

А. П. Романкевич, И. Е. Рак

Геодезические приборы : лабораторный практикум для студентов специальности 1-56 02 01 «Геодезия» : в 2 ч. Ч. 2 / сост. Н. О. Куприенко. – Минск: БНТУ, 2019. – 71 с.
ISBN 978-985-583-038-3 (Ч. 2).

Лабораторный практикум разработан в соответствии с типовой программой по предмету «Геодезия» и предназначен для закрепления теоретических знаний по разделу «Геодезические высокоточные приборы и инструменты», приобретения исходных практических навыков по математической и графической обработке материалов соответствующих видов работ, применению прикладных компьютерных программ для получения схожих материалов.

Издание предназначено для студентов 2-го курса специальности 1-56 02 01 «Геодезия».

Часть 1 вышла в 2016 г. в БНТУ.

УДК 528.5(076.5)

ББК 26.12я7

ISBN 978-985-583-038-3 (Ч. 2)

ISBN 978-985-550-782-7

© Белорусский национальный
технический университет, 2019

Лабораторная работа № 12

ПРИВЯЗКА ПОЛИГОНОМЕТРИИ К ПУНКТАМ ОПОРНОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ. СНЕСЕНИЕ КООРДИНАТ С ВЕРШИНЫ ЗНАКА НА ЗЕМЛЮ

Приборы и принадлежности: калькулятор (компьютер).

Задание: рассмотреть случай, когда пункт недоступен ни для линейных, ни для угловых измерений.

Ход работы

При привязке полигонометрического (теодолитного) хода к пункту триангуляции, на котором нельзя установить прибор, выбирают на земле вблизи этого пункта A (на расстоянии 50–100 м от него) точку P в таком месте, чтобы кроме пункта A были видны два удаленных пункта исходной сети B и C (один из них необходим для контроля) и удобно было измерить два базиса для определения неприступного расстояния AP (рис. 12.1).

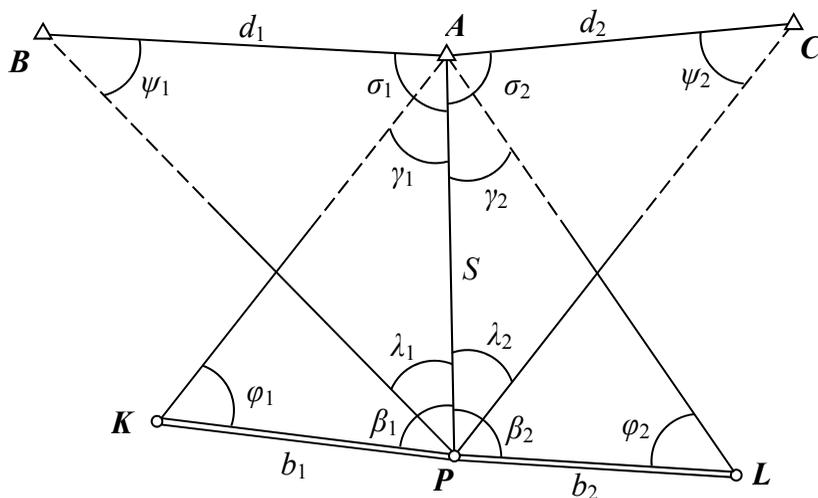


Рис. 12.1. Снесение координат с вершины знака на землю

Определить координаты пункта $P(x_P, y_P)$, если известны координаты пунктов A, B, C , измерены углы $\beta_1, \varphi_1, \lambda_1, \beta_2, \varphi_2, \lambda_2$ и базисы b_1, b_2 . Пункт A недоступен для непосредственных измерений.

Определить координаты пункта P , полученного методом снесения координат с вершины знака на землю, по данным, приведенным в табл. 12.1 и 12.2. Произвести оценку точности определения положения пункта P , если $m_b/b = 1/20\,000$; $m_\varphi = m_\beta = 3,5''$; $m_\lambda = 2,5''$.

Таблица 12.1

Данные по вариантам

Вариант	Координаты пункта A , м		Углы	
	x	y	λ_1	λ_2
1	2	3	4	5
1	4359,238	7271,904	42°03'24''	91°16'55''
2	4359,238	7272,902	42°01'51''	91°17'20''
3	4359,238	7273,903	42°00'19''	91°17'46''
4	4361,240	7267,897	42°13'45''	91°19'02''
5	4363,242	7267,897	42°17'56''	91°22'51''
6	4365,244	7267,897	42°22'07''	91°26'40''
7	4367,246	7267,897	42°26'18''	91°30'29''
8	4359,238	7266,896	42°11'07''	91°14'48''
9	4359,238	7264,894	42°14'12''	91°13'57''
10	4359,238	7262,892	42°17'17''	91°13'06''
11	4359,238	7261,890	42°15'36''	91°11'10''
12	4367,246	7267,897	42°26'30''	91°30'40''
13	4361,233	7267,887	42°13'30''	91°19'10''
14	4359,242	7266,898	42°11'10''	91°14'39''
15	4361,240	7267,969	42°13'50''	91°19'06''
16	4360,032	7271,619	42°03'08''	91°16'22''
17	4358,818	7272,804	42°01'01''	91°17'05''
18	4359,097	7274,525	42°00'48''	91°17'57''
19	4361,896	7268,331	42°13'00''	91°19'25''
20	4363,864	7267,163	42°17'20''	91°22'11''
21	4365,485	7267,915	42°22'33''	91°26'24''
22	4367,152	7268,588	42°26'41''	91°30'04''
23	4359,328	7265,936	42°11'29''	91°14'14''
24	4358,408	7265,156	42°14'50''	91°13'41''

1	2	3	4	5
25	4358,942	7263,695	42°17'57''	91°13'29''
26	4359,987	7262,661	42°15'03''	91°11'27''
27	4367,985	7268,663	42°26'09''	91°30'56''
28	4361,713	7268,598	42°13'10''	91°19'38''
29	4359,818	7266,950	42°11'44''	91°14'56''
30	4361,706	7267,148	42°13'20''	91°19'44''

Таблица 12.2

Исходные данные

Название пункта	Координаты, м		№ треугольника	φ	β	b , м
	x	y				
<i>B</i>	5084,508	8319,611	1	43°15'23''	84°50'45''	75,000
<i>C</i>	3912,423	8976,204	2	61°28'31''	64°42'42''	60,000

Для решения задачи измеряют базисы b_1 и b_2 и шесть углов $\beta_1, \varphi_1, \lambda_1, \beta_2, \varphi_2, \lambda_2$, причем второй базис и углы при нем используют для контроля определения расстояния AP и повышения точности получения окончательного его значения, а угол λ_2 – для контроля правильности произведенных измерений, выписки исходных данных и повышения точности определения окончательных значений координат точки P (если их получают по результатам решений двух вариантов задачи).

Рассмотрим решение задачи по этапам:

1. Вычисление дирекционных углов α_{AB}, α_{AC} и расстояний $AB = d_1, AC = d_2$.

Имея координаты пунктов A и B , вычисляют дирекционный угол

$$\alpha_{AB} = \arctg \frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A}$$

и расстояние $AB = d_1$:

$$d_1 = \frac{Y_B - Y_A}{\sin \alpha_{AB}} = \frac{X_B - X_A}{\cos \alpha_{AB}}.$$

Если полученные значения d различаются на две единицы последнего знака, то за окончательное принимают среднее арифметическое.

Точно так же определяют дирекционный угол α_{AC} и расстояние AC . Иногда дирекционные углы α_{AB} , α_{AC} и расстояния AB , AC не приходится вычислять, так как они известны из материалов исходной геодезической сети.

2. Вычисление расстояния $AP = S$.

Недоступное расстояние $AP = S$ определяют дважды:

$$S_1 = \frac{b_1 \sin \varphi_1}{\sin \gamma_1} \quad \text{и} \quad S_2 = \frac{b_2 \sin \varphi_2}{\sin \gamma_2},$$

где $\gamma_1 = 180^\circ - (\varphi_1 + \beta_1)$, $\gamma_2 = 180^\circ - (\varphi_2 + \beta_2)$.

Разность $|S_1 - S_2|$ не должна превышать $2S \frac{1}{T}$, где $\frac{1}{T}$ – предельная относительная погрешность измерения базисов b и b_1 .

За окончательное значение расстояния AP принимают среднее арифметическое значение

$$S = \frac{S_1 + S_2}{2}.$$

3. Вычисление дирекционного угла α_{AP} .

Решая треугольники ABP и ACP , находят

$$\psi_1 = \arcsin \frac{S \sin \lambda_1}{d_1} \quad \text{и} \quad \psi_2 = \arcsin \frac{S \sin \lambda_2}{d_2}.$$

Затем вычисляют вспомогательные углы σ_1 и σ_2 :

$$\sigma_1 = 180^\circ - (\lambda_1 + \psi_1), \quad \sigma_2 = 180^\circ - (\lambda_2 + \psi_2).$$

По этим углам определяют два значения дирекционного угла α_{AP} :

$$\alpha_{AP1} = \alpha_{AB} + \sigma_1, \quad \alpha_{AP2} = \alpha_{AC} + \sigma_2.$$

Расхождение между значениями α_{AP1} и α_{AP2} должно удовлетворять неравенству

$$w = |\alpha_{AP1} - \alpha_{AP2}| < 6m_\beta,$$

где m_β – средняя квадратическая погрешность измерения угла.

4. Вычисление координат точек P .

По расстоянию $AP = S$ и дирекционному углу α_{AP} находят приращения координат:

$$\left. \begin{aligned} \Delta X_1 &= S \cos \alpha_{AP1}; & \Delta Y_1 &= S \sin \alpha_{AP1} \\ \Delta X_2 &= S \cos \alpha_{AP2}; & \Delta Y_2 &= S \sin \alpha_{AP2} \end{aligned} \right\}$$

Затем вычисляют координаты точки P :

$$\left. \begin{aligned} X_1 &= X_A + \Delta X_1; & Y_1 &= Y_A + \Delta Y_1 \\ X_2 &= X_A + \Delta X_2; & Y_2 &= Y_A + \Delta Y_2 \end{aligned} \right\}$$

Полученные из двух решений значения координат не должны различаться больше, чем на величину $\frac{w}{\rho}$.

За окончательные значения координат принимают средние арифметические значения:

$$X = \frac{X_1 + X_2}{2}; \quad Y = \frac{Y_1 + Y_2}{2}.$$

5. Оценка точности.

Оценка точности при решении данной задачи состоит в получении квадратической ошибки вычисленных элементов: линии S , дирекционного угла α_{AP} и положения пункта P . Для этого необходимо иметь характеристики точности определения исходных данных, т. е. величин m_b , m_β , m_φ , m_λ . По этим параметрам и результатам измерений необходимо получить m_S , $m_{\alpha_{AP}}$, m_{XP} , m_{YP} .

Для получения средней квадратической ошибки линии S , при условии, что углы измерены равноточно, т. е. $m_\beta = m_\varphi$, можно воспользоваться формулой

$$m_S^2 = \left(\frac{m_b}{b}\right)^2 S^2 + \left((\operatorname{ctg}\beta + \operatorname{ctg}(\beta + \varphi))^2 + \operatorname{ctg}^2(\beta + \varphi)\right) \frac{m_\beta^2}{\rho^2} S^2. \quad (12.1)$$

Формула (12.1) будет справедлива для оценки точности как стороны S_1 , так и стороны S_2 . Поэтому средняя квадратическая ошибка среднего значения стороны $S_{\text{ср}}$ будет

$$m_S = \sqrt{m_{S1}^2 + m_{S2}^2}.$$

Для определения средней квадратической ошибки дирекционного угла α_{AP} воспользуемся формулой его определения

$$\alpha_{AP} = \alpha_{AB} + \sigma_1.$$

Поскольку дирекционный угол стороны α_{AB} можно считать безошибочным (дирекционный угол стороны высших классов), то

$$m_{\alpha_{AP}} = m_\sigma. \quad (12.2)$$

В свою очередь, угол σ вычислен через измеренный угол λ , поэтому формула (12.2) примет вид

$$m_{\alpha_{AP}} = m_\lambda.$$

Среднее значение средней квадратической ошибки дирекционного угла α_{AP} , полученного дважды, будет

$$M_{\alpha_{AP}} = \frac{1}{2} \sqrt{m_\lambda^2} = 0,71m_\lambda.$$

Квадрат средней квадратической ошибки положения пункта будет суммой квадратов средних квадратических ошибок приращений координат (координаты исходных пунктов считаем безошибочными):

$$\left. \begin{aligned} m_P^2 &= m_{\Delta x}^2 + m_{\Delta y}^2; \\ \Delta x &= S \cos \alpha_{AP} \\ \Delta y &= S \sin \alpha_{AP} \end{aligned} \right\} \quad (12.3)$$

Переходя от формул (12.3) к средним квадратическим ошибкам, получим

$$\left. \begin{aligned} m_{\Delta x}^2 &= \cos^2 \alpha \cdot m_S^2 + S^2 \sin^2 \alpha \frac{m_\alpha^2}{\rho^2} \\ m_{\Delta y}^2 &= \sin^2 \alpha \cdot m_S^2 + S^2 \cos^2 \alpha \frac{m_\alpha^2}{\rho^2} \end{aligned} \right\} \quad (12.4)$$

Суммируя (12.4), получим

$$m_P^2 = m_S^2 + S^2 \frac{m_\alpha^2}{\rho^2}.$$

В результате выполнения задания студент представляет:

- расчеты определения координат точки P ;
- оценку точности вычисленных координат.

Лабораторная работа № 13

ПРИВЯЗКА ПОЛИГОНОМЕТРИИ К ПУНКТАМ ОПОРНОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ. ПРЯМАЯ МНОГОКРАТНАЯ ЗАСЕЧКА

Приборы и принадлежности: калькулятор (компьютер).

Задание: определить координаты пункта P , полученного прямой многократной засечкой (рис. 13.1), и выполнить оценку точности по данным, приведенным в табл. 13.1.

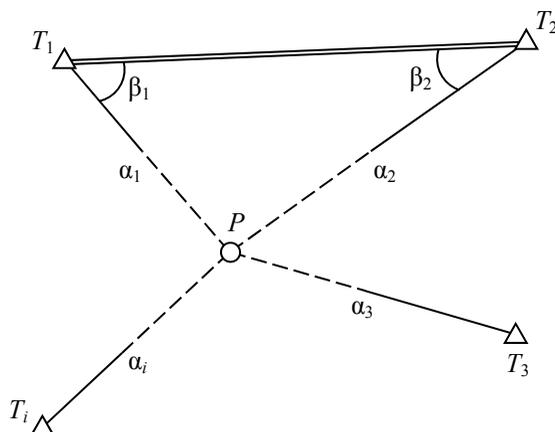


Рис. 13.1. Прямая многократная засечка

Требования к точности: углы считаются до $0,1''$, расстояния до $0,001$ м.

Исходные данные в зависимости от варианта выбираются из прил. 1 и 2.

Ход работы

Поскольку есть дополнительные измерения, возникает вопрос уравнивания. Уравнивание целесообразно выполнять параметрическим способом, т. е. определить параметры x_P и y_P (неизвестные), находя поправки δ_x и δ_y в приближенные координаты x_0 и y_0 :

$$\left. \begin{aligned} x_P &= x_0 + \delta_x \\ y_P &= y_0 + \delta_y \end{aligned} \right\}. \quad (13.1)$$

Приближенные координаты x_0 и y_0 получают из решения однократной засечки:

$$\left. \begin{aligned} x'_0 &= x_{T_1} + \Delta x_{T_1 P_0} \\ y'_0 &= y_{T_1} + \Delta y_{T_1 P_0} \end{aligned} \right\};$$

$$\left. \begin{aligned} \Delta x_{T_1 P_0} &= x_{P_0} - x_{T_1} = \frac{(y_{T_2} - y_{T_1}) - (x_{T_2} - x_{T_1}) \operatorname{tg} \alpha_{T_2 P}}{\operatorname{tg} \alpha_{T_1 P} - \operatorname{tg} \alpha_{T_2 P}} \\ \Delta y_{T_1 P_0} &= y_{P_0} - y_{T_1} = \Delta x_{T_1 P_0} \operatorname{tg} \alpha_{T_1 P} \end{aligned} \right\}.$$

Контроль:

$$\left. \begin{aligned} x''_0 &= x_{T_2} + \Delta x_{T_2 P_0} \\ y''_0 &= y_{T_2} + \Delta y_{T_2 P_0} \end{aligned} \right\};$$

$$\left. \begin{aligned} \Delta x_{T_2 P_0} &= x_{P_0} - x_{T_2} = \frac{(y_{T_1} - y_{T_2}) - (x_{T_1} - x_{T_2}) \operatorname{tg} \alpha_{T_1 P}}{\operatorname{tg} \alpha_{T_2 P} - \operatorname{tg} \alpha_{T_1 P}} \\ \Delta y_{T_2 P_0} &= y_{P_0} - y_{T_2} = \Delta x_{T_2 P_0} \operatorname{tg} \alpha_{T_2 P} \end{aligned} \right\}.$$

Результатом будет среднеарифметическое значение:

$$\left. \begin{aligned} x_0 &= \frac{x'_0 + x''_0}{2} \\ y_0 &= \frac{y'_0 + y''_0}{2} \end{aligned} \right\}.$$

Согласно параметрическому способу уравнивания следует составить уравнения поправок, в которых представить измеренные величины как функции выбранных неизвестных.

Для линий TP_0 вычисляют ее длину S_{i0} и дирекционный угол $\alpha_{i0}^{\text{выч}}$.

По ТМОГИ параметрическое уравнение поправок в измерения имеет вид

$$a_i \delta_x + b_i \delta_y + l_i = v_i. \quad (13.2)$$

Коэффициенты уравнений поправок находят по следующим формулам:

$$\left. \begin{aligned} a_i &= \frac{-\rho \sin \alpha_{i0}^{\text{выч}}}{S_i} \\ b_i &= \frac{\rho \cos \alpha_{i0}^{\text{выч}}}{S_i} \end{aligned} \right\},$$

а свободные члены уравнений поправок по формуле

$$l_i = \alpha_{i0}^{\text{выч}} - \alpha_{iP}^{\text{изм}}.$$

Предполагая измерения углов β равноточными, можно поставить при решении этих уравнений (а их будет столько, сколько исходных пунктов) условие: $[vv] = \min$.

Согласно методу наименьших квадратов оно (это условие) приведет нас к двум нормальным уравнениям вида

$$\left. \begin{aligned} [aa] \delta_x + [ab] \delta_y + [al] &= 0 \\ [ab] \delta_x + [bb] \delta_y + [bl] &= 0 \end{aligned} \right\}. \quad (13.3)$$

Решив эти уравнения способом определителей, получим

$$\left. \begin{aligned} \delta_x &= \frac{[ab][bl] - [bb][al]}{[aa][bb] - [ab][ab]} = \frac{D_x}{D} \\ \delta_y &= \frac{[ab][al] - [aa][bl]}{[aa][bb] - [ab][ab]} = \frac{D_y}{D} \end{aligned} \right\}.$$

После вычисления поправок следует убедиться, что формулы (13.3) действительно равны нулю.

Уравненное значение координат получим по формулам (13.1).

Кроме того следует вычислить поправки в дирекционные углы по формуле (13.2). Контролем правильности вычислений будет равенство

$$[al]\delta_x + [bl]\delta_y + [ll] = [vv].$$

Исправленные дирекционные углы находят как

$$\alpha_{iP}^{\text{испр}} = \alpha_{iP}^{\text{изм}} + v_i.$$

Заключительным контролем является определение исправленных дирекционных углов обратной геодезической задачей, используя уравненные координаты x_P и y_P .

Оценка точности произведенных измерений состоит в определении средней квадратической ошибки дирекционного угла

$$m_\alpha = \sqrt{\frac{[vv]}{n-k}},$$

где n – число всех измерений;

k – число необходимых измерений.

Оценка точности уравненных значений координат

$$\left. \begin{aligned} m_x &= \frac{m_\alpha}{\sqrt{P_x}} \\ m_y &= \frac{m_\alpha}{\sqrt{P_y}} \end{aligned} \right\},$$

где P_x и P_y – веса уравненных значений координат, определенные из величин

$$\left. \begin{aligned} P_x &= \frac{D}{[bb]} \\ P_y &= \frac{D}{[aa]} \end{aligned} \right\}.$$

Средняя квадратическая ошибка положения пункта P находится как

$$m_P = \sqrt{m_x^2 + m_y^2}.$$

В результате выполнения задания студент представляет:

- ведомость составления и решения нормальных уравнений поправок;
- вычисление уравненных координат и углов;
- оценку точности уравненных значений.

Лабораторная работа № 14

ПРИВЯЗКА ПОЛИГОНОМЕТРИИ К ПУНКТАМ ОПОРНОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ. ОБРАТНАЯ МНОГОКРАТНАЯ ЗАСЕЧКА

Приборы и принадлежности: калькулятор (компьютер).

Задание: вычислить вероятное значение координат пункта P , определенного обратной многократной засечкой (рис. 14.1), и выполнить оценку точности.

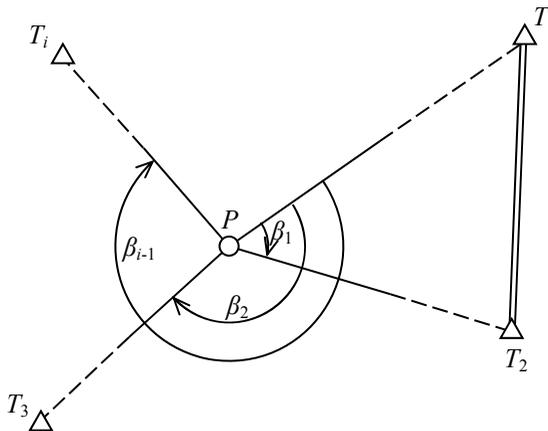


Рис. 14.1. Обратная многократная засечка

Исходные данные в зависимости от варианта выбираются из прил. 1 и 3.

Ход работы

Будем считать, что при определении точки P измерено три угла при визировании на четыре пункта (см. рис. 14.1).

1. Определить дирекционные углы.

$$\text{Из выражения } \text{tg}\alpha_{PT_1}^{\text{изм}} = \frac{(y_2 - y_1)\text{ctg}\beta_1 + (y_1 - y_3)\text{ctg}\beta_2 + (x_3 - x_2)}{(x_2 - x_1)\text{ctg}\beta_1 + (x_1 - x_3)\text{ctg}\beta_2 - (y_3 - y_2)}$$

найти измеренный $\alpha_{PT_1}^{\text{изм}}$, затем, прибавляя измеренный угол, найти измеренные $\alpha_{PT_2}^{\text{изм}}, \dots, \alpha_{PT_i}^{\text{изм}}$.

2. Вычислить приращения координат определяемой точки

$$\left. \begin{aligned} x_{P_0} - x_{T_1} &= \frac{(x_1 - x_2)\text{tg}\alpha_{PT_2} - (y_1 - y_2)}{\text{tg}\alpha_{PT_1} - \text{tg}\alpha_{PT_2}} \\ x_{P_0} - x_{T_2} &= \frac{(x_1 - x_2)\text{tg}\alpha_{PT_1} - (y_1 - y_2)}{\text{tg}\alpha_{PT_1} - \text{tg}\alpha_{PT_2}} \\ y_{P_0} - y_{T_1} &= (x_{P_0} - x_{T_1})\text{tg}\alpha_{PT_1} \\ y_{P_0} - y_{T_2} &= (x_{P_0} - x_{T_2})\text{tg}\alpha_{PT_2} \end{aligned} \right\},$$

а затем и приближенные координаты пункта P .

3. Зная приближенные координаты пункта P и пунктов $T_1, T_2, T_3, \dots, T_i$, вычислить дирекционные углы с определяемых пунктов на исходный и расстояния между ними.

4. Вычислить свободные члены поправок:

$$l_i = \beta_i^{\text{выч}} - \beta_i^{\text{изм}}.$$

5. Составить параметрические уравнения поправок:

$$v_i = A_i\delta_x + B_i\delta_y + l_i.$$

Коэффициенты уравнения поправок найти по формулам:

$$A_i = a_1 - a_{i+1}; \quad B_i = b_1 - b_{i+1},$$

где $a_i = -\frac{\rho \sin \alpha_{0i}^{\text{выч}}}{S_i}$ и $b_i = \frac{\rho \cos \alpha_{0i}^{\text{выч}}}{S_i}$.

6. Составить и решить нормальные уравнения:

$$[AA]\delta_x + [AB]\delta_y + [Al] = 0;$$

$$[AB]\delta_x + [BB]\delta_y + [Bl] = 0.$$

Поправки δ_x и δ_y к приближенным значениям координат и веса координат найти из решения нормальных уравнений.

7. Вычислить окончательные координаты определяемого пункта:

$$x_P = x_{P_0} + \delta_x;$$

$$y_P = y_{P_0} + \delta_y.$$

Заполнить таблицу вычисления окончательного значения дирекционного угла через приращения координат и окончательное значение координат определяемого пункта.

8. Выполнить оценку точности:

1) СКО «измеренного» дирекционного угла $m_\alpha = \sqrt{\frac{[vv]}{n-k}}$;

2) СКО координат по их связи: $m_x = \frac{m_\alpha}{\sqrt{P_x}}$ (м); $m_y = \frac{m_\alpha}{\sqrt{P_y}}$ (м),

где $P_x = \frac{D}{[BB]}$; $P_y = \frac{D}{[AA]}$;

3) СКО положения определяемого пункта $m_P = \sqrt{m_x^2 + m_y^2}$ (м).

В результате выполнения задания студент должен представить:

– ведомость составления и решения нормальных уравнений поправок;

– вычисление уравненных координат и углов;

– оценку точности уравненных значений.

Лабораторная работа № 15

УРАВНИВАНИЕ ВЫТЯНУТОГО ПОЛИГОНОМЕТРИЧЕСКОГО ХОДА

Приборы и принадлежности: калькулятор (компьютер).

Задание: произвести уравнивание вытянутого полигонометрического хода (рис. 15.1) и оценку точности полученных результатов по данным, приведенным в табл. 15.1 и 15.2.

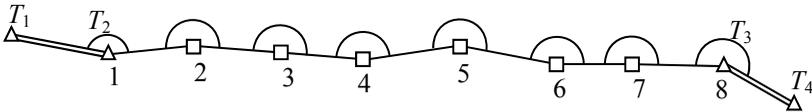


Рис. 15.1. Вытянутый полигонометрический ход

Таблица 15.1

Исходные данные

№ пункта	Углы поворота (левые) β	Длины линий S , м
T_2 1	$200^{\circ}17'41,8''$	305,165 480,111 501,201 617,310 420,981 485,016 253,510
2	$175^{\circ}51'21,3''$	
3	$181^{\circ}16'25,4''$	
4	$182^{\circ}38'42,8''$	
5	$179^{\circ}54'44,2''$	
6	$180^{\circ}00'14,5''$	
7	$183^{\circ}44'33,3''$	
T_3 8	$184^{\circ}59'41,6''$	

Точность полевых измерений $m_{\beta} = 3''$, светодальномер с точностью $m_s = \pm 5 + 4ppm \times D$, мм.

Таблица 15.2

Данные по вариантам

№ варианта	Дирекционные углы		Координаты исходных пунктов			
	T_1-T_2	T_3-T_4	T_2		T_3	
	α_n	α_k	x, м	y, м	x, м	y, м
1	77°44'14"	106°27'49"	5600,300	7832,609	5224,320	10870,810
2	76°43'13"	105°26'48"	5600,300	7832,609	5278,301	10877,005
3	75°44'12"	104°27'47"	5600,300	7832,609	5330,610	10882,084
4	74°44'11"	103°27'46"	5600,300	7832,609	5383,886	10886,327
5	72°42'10"	101°25'45"	5600,300	7832,609	5492,386	10892,083
6	73°43'11"	102°26'46"	5600,300	7832,609	5438,103	10889,686
7	71°41'09"	100°24'44"	5600,300	7832,609	5546,703	10893,517
8	70°40'07"	99°23'42"	5600,300	7832,609	5601,052	10893,986
9	80°41'17"	109°24'52"	5600,300	7832,609	5068,414	10847,427
10	81°42'19"	110°25'54"	5600,300	7832,609	5014,976	10837,509
11	79°46'16"	108°29'51"	5600,300	7832,609	5116,284	10855,541
12	82°49'19"	111°32'54"	5600,300	7832,609	4956,082	10825,486
13	83°50'20"	112°33'55"	5600,300	7832,609	4903,067	10813,593
14	84°51'21"	113°34'56"	5600,300	7832,609	4850,270	10800,748
15	85°52'22"	114°35'57"	5600,300	7832,609	4797,708	10786,968
16	87°54'24"	116°37'59"	5600,300	7832,609	4693,362	10756,623
17	89°56'26"	118°40'01"	5600,300	7832,609	4590,158	10722,592
18	91°58'28"	120°42'03"	5600,300	7832,609	4488,228	10684,921
19	92°59'29"	121°43'04"	5600,300	7832,609	4437,781	10664,734
20	97°03'33"	125°47'08"	5600,300	7832,609	4239,807	10575,135
21	77°43'14"	106°26'49"	5600,300	7832,609	5225,203	10870,920
22	76°41'13"	105°24'48"	5600,300	7832,609	5280,072	10877,192
23	75°40'12"	104°23'47"	5600,300	7832,609	5334,158	10882,395
24	74°39'11"	103°22'46"	5600,300	7832,609	5388,328	10886,639
25	73°38'10"	102°21'45"	5600,300	7832,609	5442,565	10889,920
26	72°37'11"	101°20'46"	5600,300	7832,609	5496,821	10892,237
27	72°40'14"	101°23'49"	5600,300	7832,609	5494,107	10892,144
28	71°41'15"	100°24'50"	5600,300	7832,609	5546,614	10893,515
29	70°42'16"	99°25'51"	5600,300	7832,609	5599,137	10893,986
30	72°44'18"	101°27'53"	5600,300	7832,609	5490,488	10892,016

Ход работы

1. Производят предварительные вычисления, в результате которых получают угловую и линейную невязки хода (Ведомость уравнивания

вытянутого полигонометрического хода, графы 1–8). В результате выносят заключение о предварительной точности данного построения согласно инструктивным требованиям полигонометрии 3 класса.

2. Производят исследование формы хода на критерии вытянутости, для этого на миллиметровой бумаге составляют рабочую схему хода в масштабе 1 : 25 000. Ход считается вытянутым, если выполняются соотношения:

$$\frac{[s]}{L} \leq 1,3; \quad (15.1)$$

$$\text{пред } \alpha_0 = \pm 24^\circ; \quad (15.2)$$

$$\text{пред } \eta_0 = \pm \frac{1}{8}L, \quad (15.3)$$

где α_0 – уклонение направления сторон хода от направления замыкающей;

η_0 – расстояние от вершины хода до замыкающей.

Причем предельного значения, указанного в (15.2)–(15.3), может достигнуть лишь одно из расстояний η_0 , как равно и один из углов α_0 .

Для проверки соотношений (15.1) и (15.2) в запроектированном ходе проводят замыкающую хода, откладывают в обе стороны от нее (в масштабе карты) расстояния $L/8$ и проводят линии, параллельно замыкающей. Если ни одна из вершин не выходит за пределы полученной полосы, следовательно, условие (15.3) выполнено. Величину α_0 также измеряют на схеме и сравнивают с предельным значением 15.2. Сделать *вывод* по полученным результатам.

Для исследования построения на вытянутость в полигонометрии 3-го и 4-го классов, пренебрегая действием случайных ошибок измерений, критерии (вытянутости хода) можно представить в следующем виде:

$$\frac{m_B}{\rho} \sqrt{[P]} \leq \frac{1}{2} \frac{m_S}{S} \sqrt{[\xi^2]};$$

$$\frac{m_S}{S} \sqrt{[\eta^2]} \leq \frac{1}{2} \frac{m_B}{\rho} \sqrt{[l^2]},$$

где P – длина перпендикуляров, опущенных из точек хода на его замыкающую;

ξ – длина проекций сторон на замыкающую или приращение ординат, если начало условных координат совмещено с одним из концов хода;

η – длина проекций сторон на ось, перпендикулярную к замыкающей, или приращение абсцисс;

l – длина отрезков по замыкающей от конечной точки хода до i -го пересечения перпендикуляра P с самой замыкающей или $l_i = \sum \xi_i$ (рис. 15.2).

$$l_1 = \xi_7 + \xi_6 + \xi_5 + \xi_4 + \xi_3 + \xi_2 + \xi_1 = L,$$

$$l_2 = \xi_7 + \xi_6 + \xi_5 + \xi_4 + \xi_3 + \xi_2,$$

.....

$$l_7 = \xi_7.$$

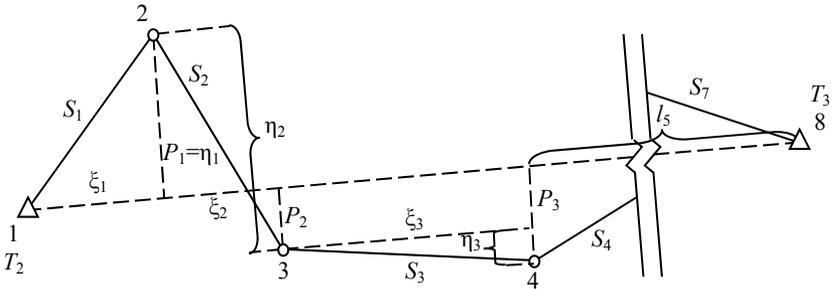


Рис. 15.2. Элементы определения критерия:

L – длина замыкающей хода

Для упрощения вида критерии можно свести в табл. 15.4.

Если критерий выполняется, переходят непосредственно к уравнению.

Вычисляют вторичные поправки в углы по формуле

$$V''_{\beta} = Qb_i,$$

где $Q = -\frac{u}{[S]}$;

u – поперечная невязка хода:

$$u = \frac{fy[\Delta x] - fx[\Delta y]}{[S]},$$

$$b_i = \frac{6\rho''(n-2i+1)}{n(n+1)},$$

где n – число углов;

i – номер угла.

В зависимости от способа длин поправки в линии вычисляются при непосредственном намерении лентой по формуле

$$V_{S_i} = -\frac{t}{[S]} S_i,$$

при измерении светодальномером

$$V_S = -\frac{t}{n'},$$

где n' – число измеренных сторон, равное $(n-1)$;

t – продольная невязка хода:

$$t = \frac{fx[\Delta x] + fy[\Delta y]}{[S]}.$$

3. Первичный контроль вычислений:

$$f_S = \sqrt{t^2 + u^2},$$

$$[V_{\beta}] = 0,$$

$$[V_S] = -t.$$

4. Поправки в дирекционные углы вычисляются по формуле

$$V_{\alpha_i} = Q\rho''\alpha_i,$$

где $\alpha_i = \frac{6i(n-i)}{n(n+1)}$.

Завершающим этапом уравнивания вытянутого одиночного полигонометрического хода является нахождение поправок в приращения координат

$$V\Delta x_i = q\Delta x_i - Q\alpha_i\Delta y_i,$$

$$V\Delta y_i = q\Delta y_i + Q\alpha_i\Delta x_i,$$

$$q = -\frac{t}{[S]}.$$

5. Заключительный контроль выполняется по формулам:

$$[V_{\Delta x}] = -f_x,$$

$$[V_{\Delta y}] = -f_y.$$

6. Оценку точности уравненных элементов целесообразно выполнить, используя следующие формулы:

$$m_{\beta_i} = m_{\beta}c_i,$$

$$m_{\alpha_i} = m_{\beta}d_i,$$

$$m_{S_i} = m_S\sqrt{1 - \frac{1}{n'}},$$

$$m_{l_{i+1}} = m_Sl_i,$$

$$m_{u_{i+1}} = \frac{m_{\beta}}{\rho} S_{\text{ср}}k_i.$$

где m_β и m_S – средние квадратические ошибки измеренных углов и линий:

$$m_\beta = \sqrt{\frac{1}{2} \left\{ \frac{f_\beta^2}{n'+1} + \frac{12}{n'+3} \left(\frac{u}{[S]^\rho} \right)^2 \right\}},$$

$$m_S = \frac{t}{\sqrt{n'}},$$

$$S_{\text{cp}} = \frac{[S]}{n-1},$$

$$c_i = \sqrt{1 - \frac{1}{n'+1} - \frac{3(n'-2i+2)^2}{n'(n'+1)(n'+2)}},$$

$$d_i = \sqrt{i - \frac{i^2}{n'+1} - \frac{3i^2(n'-i+1)^2}{n'(n'+1)(n'+2)}},$$

$$l_i = \sqrt{i - \frac{i^2}{n'}},$$

$$k_i = \sqrt{\frac{i(i+1)(2i+1)}{6} - \frac{i^2(i+1)^2}{4(n'+1)} - \frac{i^2(i+1)^2(3n'-2i+2)^2}{12n'(n'+1)(n'+2)}}.$$

Величины c_i , d_i , l_i , k_i , α_i , b_i возможно затабулировать и представить в виде таблиц (см. табл. 15.3), а оценку точности свести в табл. 15.5.

Ведомость уравнения вытянутого полигонометрического хода

Наименование точек хода	β_i о',''	α_i о',''	S, м	ΔX , м	ΔY , м	X, м	Y, м
1	2	3	4	5	6	7	8
Горное 1	200°17'41,8'' 1,3''	90°57'27,0''				5110,000	5110,000
2	175°51'21,3'' 1,3''	111°15'10,1''	305,165	-0,003 -110,617	0,006 284,411	4999,380	5394,417
3	181°16'25,4'' 1,3''	107°06'32,6''	480,111	-0,005 -141,245	0,01 458,864	4858,130	5853,291
4	182°38'42,8'' 1,3''	108°22'59,3''	501,201	-0,005 -158,064	0,01 475,624	4700,061	6328,925
5	179°54'44,2'' 1,2''	111°01'43,4''	617,310	-0,004 -221,513	0,008 576,198	4478,543	6905,135
6	180°00'14,5'' 1,2''	110°56'28,8''	420,981	-0,004 -150,464	0,008 393,174	4328,075	7298,317
7	183°44'33,3'' 1,3''	110°56'44,5''	485,016	-0,005 -173,385	0,01 452,966	4154,685	7751,293
Мелехово	184°59'41,6'' 1,3''	114°41'19,1''	253,510	-0,003 -105,888	0,005 230,337	4048,794	7981,635
		119°41'02,0''					

$$\sum S = 3063,294$$

$$m_p = \pm 2,5''$$

$$\sum_{np} = 1468^{\circ}43'24,9''$$

$$\sum_{rep} = 1468^{\circ}43'35''$$

$$f = -10,1''$$

$$f_{доп.} = \pm 18,75''$$

$$\sum_{доп.} = -10,1''$$

$$\sum_{np} = -1061,175$$

$$\sum_{rep} = -1061,206$$

$$f = 0,031$$

$$\sum_{доп.} = 0,031$$

$$f_{доп.} = 0,06878$$

$$f_{доп.} = 1/45000$$

$$f_{доп.} = 1/25000$$

Окончание табл. 15.3

V_{β} , см	V_{α} , "	$V_{\alpha} = \alpha Q \cdot 10^4$	$\alpha' \Delta Y$	$q \Delta X$	$V_{\Delta X}$, см	$q \Delta Y$	$\alpha' \Delta X$	$V_{\Delta Y}$, см
9	10	12	13	14	15	16	17	18
	0,3							
0,97	0,2	0,02	0,4	-2,5	-0,3	6,3	-0,17	0,6
0,97	0,1	0,03	1,2	-3,1	-0,4	10,2	-0,37	1,0
0,97	0,0	0,03	1,5	-3,5	-0,5	10,5	-0,51	1,0
0,97	0,0	0,03	2,0	-4,9	-0,7	12,8	-0,77	1,2
0,97	0,0	0,03	1,3	-3,3	-0,5	8,7	-0,49	0,8
0,97	-0,1	0,03	1,2	-3,8	-0,5	10,0	-0,45	1,0
0,97	-0,2	0,02	0,3	-2,3	-0,3	5,1	-0,16	0,5
6,79	0,0							

$$[V_{\Delta X}] = -f_k = -3,2 \quad [V_{\Delta Y}] = -f_y = 6,1$$

Вспомогательные вычисления: $t = -0,068$ м; $u = -0,008$ м; $q = 0,222 \cdot 10^{-4}$; $Q = 0,026 \cdot 10^{-4}$.

Примечание: при вычислениях в графах 13, 14, 16, 17 ΔX и ΔY необходимо брать в сантиметрах.

Таблица 15.4

Таблица определения критериев

Пункты	ξ , см	l , см	η , см	P , см
1		30,6		0
2	3,1	27,5	-0,1	-0,1
3	4,8	22,7	0,3	0,2
4	5	17,7	0,2	0,4
5	6,2	11,5	-0,1	0,3
6	4,2	7,3	0	0,3
7	4,8	2,5	-0,1	0,2
8	2,5	0	-0,2	0

Таблица 15.5

Таблица оценки точности

i	c_i	$m_{\beta i}$	d_i	$m_{\alpha i}$	l_i	mt_{i+1} , см	k_i	mu_{i+1} , см
1	1,25	$\pm 3,1$	0,76	$\pm 1,9$	0,93	2,4	0,76	0,4
2	1,31	$\pm 3,3$	0,80	$\pm 2,0$	1,20	3,1	1,31	0,7
3	1,34	$\pm 3,4$	0,73	$\pm 1,8$	1,31	3,4	1,62	0,9
4	1,36	$\pm 3,4$	0,69	$\pm 1,7$	1,31	3,4	1,62	0,9
5	1,36	$\pm 3,4$	0,73	$\pm 1,8$	1,20	3,1	1,31	0,7
6	1,34	$\pm 3,4$	0,80	$\pm 2,0$	0,93	2,4	0,76	0,4
7	1,31	$\pm 3,3$	0,76	$\pm 1,9$				
8	1,25	$\pm 3,1$						

 $n' = 7$ $m_{\beta} = 2,5''$ $m_s = 2,6$ см $m_{si} = 2,4$ см $S_{cp} = 43\,761$ см

В результате выполнения задания студент должен:

– выполнить исследование формы хода на критерии вытянутости. Ход будет вытянутым, если выполняются соотношения:

$$\frac{[s]}{L} \leq 1,3; \quad \text{пред } \alpha_0 = \pm 24^\circ; \quad \text{пред } \eta_0 = \pm \frac{1}{8} L,$$

где α_0 – уклонение направления сторон хода от направления замыкающей;

η_0 – расстояние от вершины хода до замыкающей;

– вычислить угловую невязку f_β и пред f_β , а затем найти первичные поправки в углы. По исправленным за первичную поправку углам произвести вычисления и получить невязки f_x, f_y, f_s , пред f_s

и $\frac{f_s}{[s]}$;

– определить продольную и поперечную невязки t и u , длину замыкающей L ;

– вычислить вторичные поправки в углы, поправки в дирекционные углы и поправки в линии;

– вычислить поправки в приращения координат $v_{\Delta x}, v_{\Delta y}$;

– получить по исправленным приращениям уравненные значения координат;

– произвести вычисления средних квадратических погрешностей уравненных значений пятого дирекционного угла, продольного и поперечного сдвигов пятой вершины.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Цель курсовой работы:

- углубить знания студентов по вопросам производства геодезических работ, связанных с обоснованием топографической съемки;
- обучить студентов основам проектирования геодезических работ;
- ознакомить студентов с нормативно-техническими документами, регламентирующими проектирование и производство работ.

Технический проект – это документ, содержащий описание технологии производства работ, технических средств, исходных материалов и данных, а также чертежи, схемы, расчеты и другие материалы технического характера, наличие которых обеспечивает создание определенного вида и объема продукции, материалов, данных с заданными характеристиками за определенный период времени, а также расчет стоимости производства работ.

Основные принципы технического проектирования

1. Технические проекты создания планово-высотного геодезического обоснования и выполнения топографо-геодезических работ должны составляться в строгом соответствии с требованиями действующих инструкций. Если в инструкциях не приведены допуски на производство того или иного вида проектируемых работ, в техническом проекте должны быть выполнены соответствующие расчеты. Всякое отступление от требований действующих инструкций должно быть обосновано подробным и четким техническим расчетом.

2. При выполнении технических расчетов должны вычисляться значения средних квадратических ошибок определения положения наиболее ненадежных точек проектируемых геодезических построений, ибо для средних квадратических ошибок всегда может быть вычислена доверительная вероятность, с которой ошибки измерений не могут выйти за пределы наперед заданной величины доверительного интервала (интервала ошибок измерений).

3. Проектирование сложных сетей планово-высотного геодезического обоснования должно начинаться от самой низкой по точности ступени и заканчиваться самой высокой (по принципу «снизу вверх»).

Выполнение работ должно производиться от самой высокой по точности ступени до самой низкой (по принципу «сверху вниз»). Плотность и расположение пунктов каждой высшей ступени геодезического обоснования должны обеспечивать надежное развитие сетей каждой низшей ступени.

4. Положение наиболее слабых по точности определения точек в геодезической сети должно выявляться путем анализа сети и соответствующих расчетов. Самые слабые по точности определения точки после уравнивания геодезической сети могут иметь ошибки, равные предельно допустимым. Предельные ошибки геодезических построений могут быть в два раза больше средних квадратических ошибок; значения средних ошибок должны составлять 0,8 от значений средних квадратических. Невязки отдельных ходов геодезической сети могут быть вдвое больше предельно допустимых ошибок, полученных после уравнивания сети.

5. Для суждения о степени повышения точности измеренных величин после их совместного уравнивания при составлении технических проектов необходимо пользоваться теоремой способа наименьших квадратов о среднем отношении весов.

В геодезической сети в среднем вес окончательного (уровненного) значения измеренной величины P относится к весу ее измеренного значения p , как число всех измеренных величин n относится к числу необходимых величин k (или $n - r$, где r – число условий).

При уравнивании посредственных измерений

$$\frac{P}{p} = \frac{n}{k}; \quad M = \mu \sqrt{\frac{k}{n}}.$$

При уравнивании величин, связанных условиями:

$$\frac{P}{p} = \frac{n}{n-r}; \quad M = \mu \sqrt{\frac{n-r}{n}}.$$

6. Чтобы ошибки исходных пунктов оказывали малозаметное влияние на искажение измеренных элементов при уравнивании невязок в геодезической сети, точность этих пунктов должна быть, по

крайней мере, в 2,0–2,5 раза выше точности опирающихся на них ходов. Этот принцип должен соблюдаться при проектировании всех ступеней сложных геодезических сетей и учитываться при анализах точности исходных пунктов.

7. Измерения должны проектироваться так, чтобы основная часть систематических ошибок исключалась из результатов при их выполнении, а случайные ошибки укладывались в пределы требуемых допусков либо были пренебрегаемо малыми.

Курсовая работа

Курсовая работа так же, как и технический проект, состоит из текстовой, графической частей и содержит следующие разделы:

1. Задание.
2. Общие сведения.
3. Физико-географическое описание (характеристика) района работ.
4. Топографо-геодезическая, аэрофотосъемочная и картографическая обеспеченность района работ.
5. Проектируемые работы.
 - 5.1. Расчет числа аэрофотосъемочных маршрутов и аэроснимков.
 - 5.2. Проектирование размещения планово-высотных опознаков.
 - 5.3. Проектирование геодезических сетей сгущения.
 - 5.4. Проектирование съемочного обоснования в плане и по высоте.
6. Заключение.
7. Приложения.

1. Задание

В задании к курсовой работе преподаватель конкретизирует номенклатуру листа картматериала, границы участка работ, указывает масштаб и назначение создаваемого плана, масштаб аэрофотосъемки, процент продольного, поперечного перекрытий, формат аэрофотоснимков, год залета, дает информацию о сохранившихся пунктах геодезической и нивелирной сети, выполнявшихся ранее работах, каталогах и исполнителях работ, имеющихся картматериалах, разграфке номенклатурных листов на участке работ, сроках представления работы на проверку (см. прил. 4).

2. Общие сведения

В разделе необходимо указать шифр (прил. 5), название объекта, цель, назначение, общий объем проектируемых работ, административно-территориальное расположение объекта в пределах листа топографической карты масштаба 1 : 100 000 (согласно заданию). Расположение объекта и его границы дать на схеме (прил. 6).

Приводятся основные технические характеристики, краткая информация о проектируемых работах и особенностях их выполнения. Составляется список литературы, которой необходимо руководствоваться при производстве работ.

3. Физико-географическая характеристика района работ

В разделе приводятся краткие физико-географические сведения об объекте (в какой части области, республики находится); тип климата, средняя температура зимой и летом, продолжительность вегетационного периода и благоприятного периода для производства полевых топографо-геодезических работ; описание гидрографической сети, перечисление названий рек, озер; переправы, мосты, судоходность рек. Дается характеристика рельефа с указанием максимальных и минимальных высотных отметок в пределах участка работ, а также углы наклона, наличие оврагов, промоин и их характеристики. Приводится краткая информация о грунтах и глубине их промерзания. Описывается растительный покров, перечисляются преобладающие древесные породы, степень покрытия ими площади съемки.

Указывается наличие или близость железнодорожных, шоссейных, грунтовых дорог, название ближайшей железнодорожной станции и расстояние до нее, наличие автобусного сообщения, подземных и наземных коммуникаций. Даются названия населенных пунктов на объекте, их тип, количество жителей (тыс. чел.), характер застройки.

Физико-географическая характеристика района работ составляется на конкретный населенный пункт Республики Беларусь (по указанию преподавателя) с использованием литературно-справочных источников и картматериалов открытого пользования.

Делается вывод о том, как физико-географические факторы влияют на методику, трудоемкость и организацию запроектированных работ.

4. Топографо-геодезическая, аэрофотосъемочная и картографическая обеспеченность района работ

Раздел должен содержать сведения о выполненных ранее на территории проектируемого объекта топографо-геодезических, аэрофотосъемочных и картографических работах, их точности, пригодности для использования при производстве работ на проектируемом объекте, технологических особенностях, наличии и месте хранения материалов, полученных в результате производства данных работ.

Подразделы сведений о топографо-геодезической, аэрофотосъемочной и картографической обеспеченности объекта приводятся в следующем порядке:

1. Существующая геодезическая основа;
2. Аэрофотосъемочные работы;
3. Картографические материалы прошлых лет.

В подразделе «Существующая геодезическая основа» дается общая характеристика геодезической основы, указываются годы выполнения работ, наименования организаций исполнителей работ. Приводятся сведения о каталогах координат геодезических пунктов на лист карты масштаба 1 : 200 000 в государственной системе координат с указанием года издания. Также приводятся сведения о сводных каталогах высот пунктов нивелирования на листы карты масштаба 1 : 200 000 в государственной системе высот с указанием года составления. Строятся профили видимости, делается вывод о наличии взаимной видимости между исходными пунктами.

Информация об исходных пунктах сводится в табл. 4.1. Вариант заполнения приведен ниже.

На основании приведенной информации делается вывод о достаточности (либо недостаточности) существующего геодезического обоснования по точности и плотности для производства проектируемых работ.

Подраздел «Аэрофотосъемочные работы» содержит информацию о наличии новейших аэрофотосъемочных материалов на территории проектируемого объекта, их технических характеристиках, наличии материалов спутниковых определений координат центров проекций аэрофотоснимков, площади территории в пределах проектируемого объекта в номенклатурных листах и квадратных километрах, заключение о возможности использования указанных материалов.

Таблица 4.1

Исходные пункты ГГС и нивелирной сети

№ п/п	Название пункта	Класс	Тип центра	Координаты		Высота	Сохранность		Организ. выполн. работы
				X	Y		Центр	Наружн. знак	
1	Коровники, сигнал ОРП-1 $\alpha = 62^{\circ} 18'$ $d = 348,4$ м ОРП-1 $\alpha = 129^{\circ} 57'$ $d = 849,5$ м	$\frac{3}{IV}$	1оп	.....	.....	147,309	Сохр.	утр.	БелГИИЗ 1971г.
2	.....	...	...	.....	.....	.....	.....	.....	.....
3	.....	...	...	.....	.....	.....	.....	.....	.....
4	Грунтовой репер 1639	II	126	.....	.....	141,276	Сохр.	...	БелКГП 1983 г.
5	Стенной репер б/№ Лошица	III	163	.....	.....	143.517	Сохр.	...	БелГИИЗ 1971 г.

Также раздел содержит сведения о наличии материалов работ по привязке аэрофотоснимков и изготовлению фотопланов (ортофотопланов), их технические характеристики, годы производства работ, заключение о возможности использования указанных.

Третий подраздел «Картографические материалы прошлых лет» содержит информацию о наличии топографических карт масштабов 1 : 100 000, 1 : 50 000, 1 : 25 000, 1 : 10 000 последнего издания, годы издания, годы состояния местности на них (топографической съемки или обновления), сечение рельефа.

Приводится перечень топографических материалов масштабов 1 : 10 000, 1 : 2000, 1 : 1000, 1 : 500 с указанием вида материала (план, карта), масштаба, сечения рельефа, системы координат, годы производства работ, годы состояния местности на них, метода создания, наименования организации исполнителя, шифра и названия объекта, года составления отчетной документации или технического проекта (согласно заданию).

Указывается наличие цифровых карт и планов, материалов, полученных при создании цифровой базовой модели местности, издательских оригиналов на магнитных носителях, материалов аэрофотосъемки и космосъемки на магнитных носителях, земельно-кадастровых цифровых планов, отсканированных топографических материалов и других материалов, полученных с использованием компьютерных технологий.

Координаты углов рамок номенклатурных листов создаваемого плана масштаба 1:2000 считать совмещенными с километровой сеткой карты масштаба 1:25 000.

Делается вывод о целесообразности использования имеющихся картографических материалов в качестве основных или вспомогательных.

5. Проектируемые работы

В данном разделе курсовой работы излагаются вопросы технологии производства проектируемых работ, дается описание необходимых технических средств, предполагаемые объемы работ. Перечисляется комплекс топографо-геодезических работ на проектируемом объекте.

5.1. Расчет числа аэрофотосъемочных маршрутов и аэроснимков

Для определения объемов работ необходимо знать границы участка, покрытые аэрофотосъемкой, расстояние между соседними аэроснимками в маршруте и между маршрутами.

Для расчета этих параметров используются определяемые заданием параметры: направление маршрута, масштаб аэрофотоснимка, фокусное расстояние аэрофотоаппарата, формат аэроснимка. Материалы аэрофотосъемки будут использоваться для изготовления ортофотопланов.

Составление схемы геодезического обоснования следует начинать с показа на карте масштаба 1:25 000 осей маршрутов залета (линии синего цвета). Ось первого маршрута совмещается с северной (в зависимости от ориентировки участка может меняться) или южной границей участка аэросъемки, на которой намечаются центры

аэроснимков. Центры снимков на осях маршрутов следует намечать с восточной или западной рамок участка, считая, что центры крайних снимков расположены на этих рамках. (В зависимости от ориентировки участка начало может быть на северной, южной, западной или восточной рамках).

На карте выделяются зоны перекрытия маршрутов (желтым цветом) и зоны перекрытия соседних снимков в маршруте (красным цветом). Их пересечение дает так называемую зону тройного перекрытия (оранжевый цвет), в которой должны быть намечены плано-высотные опознаки.

Расчетное количество снимков в маршруте и в целом на аэрофотосъемочном участке округляется до целого в сторону увеличения.

5.2. Проектирование размещения плано-высотных опознаков

Опознаком называется контурная точка местности, опознанная на аэроснимке, координаты (высота) которой определены в результате обработки полевых геодезических измерений.

При выборе плановых и высотных опознаков в курсовой работе следует учесть, что все опознаки в нашем случае являются плановыми и в тоже время высотными. Размещение их проектируется в дополнение к сохранившимся на местности пунктам государственных геодезических сетей, сетей сгущения и нивелирных сетей.

Плано-высотные опознаки необходимо расположить в каждой зоне перекрытия аэрофотосъемочных маршрутов рядами поперек маршрутов, желательно по линии центров аэроснимков.

Начало и конец каждого маршрута обеспечить двумя плано-высотными точками (опознаками). Границы участка съемки, совпадающие с направлением маршрутов аэрофотосъемки, обеспечиваются дополнительными точками (опознаками), через 40–50 см в масштабе создаваемого плана.

Расстояние между рядами опорных точек (опознаков) в направлении маршрута должно составлять 80–100 см в масштабе создаваемого плана.

В том случае, если в зонах перекрытия нет хорошо опознаваемых контурных точек, их следует наметить, считая что они будут замаркированы.

Следует учесть, что в районах с большим количеством четких контуров опознаки намечают на естественных контурах для наиболее простого их геодезического определения. Так, например, в качестве плановых опознаков желательно выбрать четкие контурные точки, положение которых можно определить на аэрофотоснимках и отождествить со средней квадратической ошибкой, не превышающей 0,1 мм в масштабе создаваемого плана. Это могут быть обочины перекрестков дорог, троп, просек, стыки границ полевых культур. Не следует плановые опознаки выбирать на крутых склонах, дне оврагов, округлых контурах леса и сельскохозяйственных культур, а также использовать отдельно стоящие деревья, кусты (если не просматривается их основание), углы высоких построек (из-за теней).

При отсутствии на местности в районе работ естественных контуров, которые могли бы быть использованы в качестве плановых опознаков, на местности создают искусственные различные геометрические фигуры, которые должны отчетливо изобразиться на аэрофотоснимках, т. е. производим маркировку опознаков. Маркировка производится перед аэрофотосъемкой с минимальным разрывом во времени.

Маркировочные плановые (планово-высотные) опознаки (ОПВ) располагаем таким образом, чтобы на аэрофотоснимках их изображения не закрывались изображениями других объектов или их тенями.

В текстовой части работы схематически изобразить маркировочные знаки с указанием их размеров на местности. Описать какими должны быть форма, размеры и цвет маркировочных знаков.

Указать количество запроектированных планово-высотных опознаков на территории участка работ дополнительно к исходным пунктам геодезической сети. Кроме того, дать их название и характеристику. Все данные свести в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Сведения о запроектированных планово-высотных опознаках

№ п/п	№ опознака	Тип	Местоположение	Описание	Абрис
1	14	ОПВ	Кв. 30-27	Обочина перекрестка полевых дорог	

Наряду с плановой подготовкой аэроснимков выполняется высотная подготовка, в ходе которой определяются высоты плановых опознаков или четких контуров, используемых в качестве высотных опознаков (ОВ). Подготовка может выполняться в сплошном или разреженном варианте подготовки в зависимости от масштаба фотографирования, высоты сечения рельефа, характера участка съемки (согласно заданию).

Высотные опознаки обычно совмещаются с замаркированными точками или выбираются на надежно опознаваемых контурах. Нельзя в качестве высотных опознаков выбирать точки, расположенные на крутых склонах, в оврагах и т. п. Ошибки опознавания точки на местности и отождествления ее на аэрофотоснимке не должны приводить к ошибке по высоте точки более $1/10$ высоты сечения рельефа.

Предельная погрешность положения плановых опознаков (относительно пунктов государственной геодезической сети) геодезических сетей сгущения не должна превышать на открытой местности и застроенной территории 0,2 мм в масштабе создаваемого плана и 0,3 мм – на местности с закрытой древесной и кустарниковой растительностью.

По условиям задания для плановой привязки опознаков должны быть обязательно использованы следующие виды работ: полигонометрия 1 и 2 разрядов, теодолитные ходы, проложенные между пунктами триангуляции и полигонометрии, а также многократные прямые и обратные засечки.

Информация о наличии запроектированных высотных опознаков в районе участка работ приводится в текстовой части аналогично информации о плано-высотных опознаках.

5.3. Проектирование геодезических сетей сгущения

Геодезической основой крупномасштабных съемок служат:

- а) государственные геодезические сети:
 - триангуляция и полигонометрия 1, 2, 3 и 4 классов;
 - нивелирование I, II, III и IV классов;
- б) геодезические сети сгущения:
 - триангуляция 1 и 2 разрядов;
 - полигонометрия 1 и 2 разрядов;
 - техническое нивелирование;

в) съемочная геодезическая сеть, плановые, высотные и планово-высотные съемочные сети или отдельные пункты (точки), а также точки фотограмметрического сгущения.

Сгущение геодезической основы производится от общего к частному, от высшего класса (разряда) к низшему. Следует стремиться к сокращению многоступенчатости геодезических построений и развивать на местности одноклассные (одноразрядные) сети на основе применения современных дальномерных и угломерных геодезических приборов и вычислительной техники. Необходимая плотность сети при одноклассных (одноразрядных) построениях достигается уменьшением длин сторон.

Плотность геодезических сетей определяется масштабом съемки, высотой сечения рельефа. Эта плотность зависит также от точности необходимого обеспечения геодезических, маркшейдерских, мелиоративных, землеустроительных и других работ при изысканиях и строительстве.

На территории, предлагаемой для создания указанного проекта, предполагается наличие трех пунктов государственной геодезической сети – 2, 3 класса, определенных в высотном отношении нивелированием III, IV класса.

Дальнейшее увеличение плотности данной геодезической основы рекомендуется достичь путем развития геодезических сетей сгущения методами полигонометрии 4 класса, 1 и 2 разрядов, нивелированием IV класса.

При этом число узловых точек желательно проектировать не более двух или ограничиться отдельными ходами. Пункты сетей сгущения по возможности совместить с плановыми опознаками.

При проектировании также необходимо учесть наличие взаимной видимости между исходными пунктами.

Закрепление пунктов геодезических сетей сгущения должно быть предусмотрено в соответствии с условиями местности.

Высотное обоснование при выполнении крупномасштабных топографических съемок создается путем сгущения (развития) государственной нивелирной сети. Сгущение (развитие) государственной нивелирной сети предусматривает соблюдение принципа построения геодезических сетей «от высшего класса точности к низшему». Так, нивелирная сеть II класса создается внутри полигонов I класса

как отдельными линиями, так и в виде системы линий с узловыми пунктами, образуя полигоны и т. д.

При проектировании нивелирных ходов следует предусмотреть по возможности совмещение реперов нивелирования с пунктами полигонометрии и плановыми опознаками.

Высоты пунктов съемочной сети определяются методами геометрического или тригонометрического нивелирования в зависимости от задания и заявленной точности работ. После выбора метода нивелирования следует произвести предрасчет точности определения высот опознаков.

В данной курсовой работе необходимо предусмотреть определение высот пунктов геодезической сети сгущения нивелированием IV класса, высот опознаков, точек съемочной сети и урезов воды – техническим нивелированием.

Полигонометрия 4 класса, 1 и 2 разрядов

Полигонометрия 4 класса, 1 и 2 разрядов создается в виде отдельных ходов или сетей. Ходы должны быть по возможности вытянутой формы, не иметь крупных изломов, опираться на два исходных пункта высшего класса или разряда и на две стороны с исходными дирекционными углами. На исходных пунктах необходимо измерять примычные углы на смежные пункты ГТС (при наличии видимости) либо на ориентирные пункты.

Не допускается проложение замкнутых ходов, опирающихся только на один исходный пункт, а также проложение висячих ходов.

Ходы должны прокладываться по местности наиболее благоприятной для производства угловых и линейных измерений, т. е. вдоль дорог или около них, по долинам рек, по существующим лесным просекам, избегая заболоченных мест.

В текстовой части привести сведения о показателях полигонометрии 4 класса, 1 и 2 разрядов в виде таблицы.

Кроме того, в текстовой части дать информацию о закреплении пунктов полигонометрических сетей, привести схематические чертежи типов центров, которыми предполагается закрепить определяемые пункты.

Сведения о характеристиках запроектированных ходов свести в табл. 5.2.

Таблица 5.2

Характеристики запроектированных ходов

№ исходных пунктов	Название хода	Длина хода, км	Число сторон в ходе (n)	Длина линий хода, км	
				Наибольшая	Наименьшая

После составления графической части схемы проекта выполняется предрасчет ожидаемой точности запроектированных полигонометрических ходов и систем.

Расчет для каждого хода необходимо начинать с установления его формы.

Существуют следующие параметры, при которых ход считается вытянутым:

– разность дирекционных углов сторон хода и замыкающей не более 30° ;

– расстояние от углов поворота хода до замыкающей не превышает величины $\eta'_{\text{опред}} = \frac{L}{8}$, где L – длина замыкающей хода;

– отношение сумм длин хода к длине замыкающей $\frac{[S]}{L} < 1,3$, где $[S]$ – сумма длин сторон хода.

В работе дать (привести) типичные схемы полигонометрических ходов при установлении их формы и числовые данные для аргументации выводов.

При предрасчете точности всех запроектированных ходов следует учесть, что точность хода характеризует предельная ошибка положения пункта в слабом месте после его уравнивания, а самую большую ошибку будет иметь пункт, находящийся в конце хода.

Так, ожидаемая средняя квадратическая ошибка определения положения конечной точки полигонометрического хода, опирающегося с двух концов на стороны с исходными дирекционными углами, вычисляется по формуле

$$M^2 = \left[m_S^2 \right] + \frac{m_B^2}{\rho^2} \left[D_{n+1,i}^2 \right],$$

где $D_{n+1,i}$ – расстояние между последней и i -й точками хода;
 m_{β} – средняя квадратическая погрешность измерения угла;
 m_S – средняя квадратическая погрешность измерения расстояний.

Величина $[m_S^2]$ определяется в зависимости от метода измерения линий. Рекомендуется проектировать измерение линий точным светодальномером, тогда указанная величина вычисляется по формуле

$$[m_S^2] = nm_D^2,$$

где n – число линий в ходе;

m_D^2 – значение, устанавливаемое в зависимости от типа дальномера.

Относительная предельная ошибка хода $\frac{2M}{S}$ не должна превышать величины:

$$\frac{1}{T} = \frac{2M}{[S]} \leq \frac{1}{25\,000}.$$

Расчет ожидаемой средней квадратической ошибки узловых точки $M_{\text{узн}}$ для системы ходов с одной узловой точкой вычисляется по следующей формуле:

$$M_{\text{узн}} = \frac{M_1 M_2 M_3}{\sqrt{M_1^2 M_2^2 + M_2^2 M_3^2 + M_1^2 M_3^2}},$$

где M_1, M_2, M_3 – ожидаемые средние квадратические ошибки по ходам.

Показать схему оцениваемого хода или системы. Результат вычисления оценки точности привести в табл. 5.3.

Таблица 5.3

Оценка точности полигонометрических ходов

№ хода	Класс	Число линий, n	$M_D, \text{ м}$	$m_S^2, \text{ м}^2$	$m_{\beta}, ''$	$[D_{n+1,i}^2], \text{ м}^2$	$M, \text{ м}$	$M_{\text{узн}}, \text{ м}$	$\frac{1}{T}$

На основании анализа точности запроектированных ходов выбрать прибор и метод для измерения углов на пунктах полигонометрии.

Описать методику измерения горизонтального угла запроектированным способом и привести информацию о количестве приемов при измерении угла на каждой станции, допуски. Запроектировать прибор для измерения линий в полигонометрических ходах, дать основные технические характеристики.

Перед началом полевых работ по измерению линий светодальномером и по завершению их необходимо определить постоянные прибора и отражателей, для чего прибор проверяется (эталонируется) на полевом компараторе или базе.

Нивелирование IV класса

Для определения высот пунктов геодезических сетей сгущения (полигонометрия 4 класса, 1 и 2 разряда) необходимо запроектировать проложение на объекте линий нивелирования IV класса. Общую протяженность в километрах определить по карте. Исходными для нивелирования будут служить пункты II и III классов. В сеть нивелирования включить по возможности все сохранившиеся на территории объекта грунтовые и стенные реперы. Уравнивание нивелирной сети должно производиться с использованием персонального компьютера в Балтийской системе высот 1977 г.

Проектируемая нивелирная сеть IV класса и технического нивелирования отображается на «Схеме проектирования геодезического обоснования...». Выполнение работ по нивелированию проектируется в соответствии с требованиями.

Описать рекомендуемую методику выполнения нивелирования IV класса.

По окончании нивелирования по линии между исходными пунктами вычисляется невязка, которая не должна превышать

$$f_{h\text{пред}} = \pm 20\sqrt{L}, \text{ мм,}$$

где L – длина нивелирного хода, км.

Нивелирные знаки на линиях III и IV классов закладываются на улицах и проездах центральной части населенного пункта не реже чем

через 200–300 м, на окраинах и в частях города с редкой застройкой расстояние между знаками разрешается увеличивать до 800 м; на незастроенной территории знаки закладываются через 500–2000 м.

Выполнить предрасчет точности определения высот пунктов за проектированных ходов по формуле

$$2M_H = \frac{f_{h\text{пред}}}{2},$$

где $f_{h\text{пред}}$ – предвычисленная невязка хода.

Средняя квадратическая ошибка по высоте точек съемочного обоснования не должна превышать 1/10 высоты сечения рельефа.

Информацию о нивелирных ходах свести в табл. 5.4.

Таблица 5.4

Ходы нивелирования IV класса

Название хода	Класс нивелирования	Длина хода, км	Допустимые невязки, мм	M_H , мм

Далее делают вывод о соответствии запроектованных ходов заданной точности.

5.4. Проектирование съемочного обоснования в плане и по высоте

Геодезическое съемочное обоснование создается с целью дальнейшего сгущения геодезической основы до плотности, обеспечивающей выполнение топографической съемки заданного масштаба.

Плановое съемочное обоснование создают путем:

- проложения теодолитных, тахеометрических и мензульных ходов;
- построения съемочных триангуляционных сетей;
- определения пунктов из прямых, обратных и комбинированных засечек.

При построении съемочного обоснования одновременно определяют положение точек в плане и по высоте. Высоты точек съемочной

сети определяются геометрическим или тригонометрическим нивелированием. Причем средние квадратические погрешности в положении пунктов планового съемочного обоснования относительно ближайших пунктов опорных геодезических сетей не должны превышать 0,1 мм для открытых районов и 0,15 мм – для заселенных районов в масштабе карты.

Предельные ошибки не должны превышать соответственно 0,2 и 0,3 мм.

Пункты планового съемочного обоснования закрепляются на местности долговременными знаками. В работе описать типы знаков долговременного и временного закрепления съемочных сетей и показать схематически их общий вид.

На каждом съемочном планшете масштаба 1 : 2000 должно быть не менее двух пунктов (точек), при съемке застроенной территории – четыре пункта на 1 км², включая пункты государственной геодезической сети и пункты сетей сгущения.

В этом разделе необходимо в табличном виде дать информацию о количестве и точности запроектированных на участке работ теодолитных ходов для планового съемочного обоснования, а также прямых, обратных и комбинированных засечек.

Теодолитные ходы

При развитии съемочного обоснования разрешается прокладывать отдельные теодолитные ходы, опирающиеся на один или два исходных пункта, или системы теодолитных ходов, опирающиеся не менее, чем на два исходных пункта.

Согласно требованиям, длины линий в теодолитных ходах должны быть:

- на застроенных территориях не более 350 и не менее 20 м;
- на незастроенных территориях не более 350 и не менее 40 м.

Форма ходов должна быть по возможности вытянутой с примерными равными сторонами.

Теодолитные ходы прокладываются по местности, удобной для линейных измерений, кроме того, они не должны пересекать линии полигонометрии.

Сведения, характеризующие запроектированные теодолитные ходы на участке работ, свести в табл. 5.5.

Таблица 5.5

Характеристика запроектированных теодолитных ходов

№ исходных пунктов	№ хода	Предельная длина хода, км	Длина сторон хода, км		Число сторон в ходе	Относительная погрешность
			Наиб.	Наим.		

Также необходимо сделать предрасчет точности определения планового положения опознака, который выполняется по формулам:

а) для хода вытянутой формы

$$M^2 = [m_S^2] + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} [S]^2 \frac{n+1,5}{3};$$

б) для хода произвольной формы

$$M^2 = [m_S^2] + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} [D_{n+1,i}^2],$$

где $m_{S_i} = \frac{S_i}{T}$ – средняя квадратическая погрешность измерения длины стороны хода;

T – знаменатель допустимой относительной погрешности измерения расстояний;

n – число сторон от исходного пункта до опознака;

$D_{n+1,i}$ – расстояние от опознака до других точек хода, измеряемого на карте.

Вычисляем средние квадратические погрешности (M_1 , M_2) определения планового положения опознака относительно начального и конечного исходных пунктов. При этом окончательное значение средней квадратической ошибки положения опознака вычисляем по формуле среднего весового

$$M = \frac{M_1 M_2}{\sqrt{M_1^2 + M_2^2}}. \quad (5.1)$$

Значения M_1, M_2 допускаются не более предельной ошибки 0,2 мм в масштабе плана.

Предрасчет точности выполнить для каждого из запроектированных теодолитных ходов, показав их схему и сведя все данные в табл. 5.6.

Таблица 5.6

Оценка планового положения пункта № _____ относительно
начального пункта № _____

Название сторон	Длина стороны, м	m_{S_i} , м	$m_{S_i}^2$, м	$D_{n+1, i}$, м	Длина $D_{n+1, i}$, м	$D_{n+1, i}^2$, м
S_i						

Вычисленные средние квадратические погрешности M определения планового положения опознака относительно начального и конечного исходных пунктов необходимо сравнить с его предельным значением и сделать вывод о допустимости значений.

В этом разделе следует также запроектировать, каким прибором и каким способом будут измерены углы в теодолитных ходах, указать среднюю квадратическую погрешность измерения угла и модель прибора.

При привязке теодолитного хода к исходным пунктам сумма измеренных примычных углов не должна отличаться от значения, полученного по исходным данным, более чем на 1'.

Угловая невязка в теодолитных ходах не должна превышать

$$f_{\beta} \leq 2m_{\beta}\sqrt{n},$$

где n – число углов в ходе;

m_{β} – средняя квадратическая ошибка измерения углов в ходе.

Прямая засечка

Определение точек (опознаков) прямой засечкой производится не менее чем с трех точек (пунктов) опорной сети с известными координатами по измеренным горизонтальным углам.

Необходимо запроектировать получения не менее двух пунктов (точек), которые будут определяться прямыми угловыми засечками.

Углы должны быть близкими к 90° , но не менее 30° и не более 150° .

Привести схему определения планового положения опознаков прямой засечкой с указанием номеров исходных пунктов (точек) и номера определяемого опознака. Предвычисление точности планового положения опознака производится по формуле

$$M = \frac{m_{\beta} \sqrt{S_1^2 + S_2^2}}{\rho \sin \gamma_1},$$

где m_{β} – средняя квадратическая погрешность.

Из другого треугольника вычисляется погрешность M_2 , и за окончательное значение погрешности определения принимается среднее арифметическое (формула (5.1)).

Обратная засечка

Плановое положение опознака обратной засечкой следует определять не менее чем по четырем пунктам (точкам) с известными координатами.

В работе рекомендуется определить плановое положение двух опознаков обратной засечкой.

Привести схему определения планового положения опознаков с указанием номеров исходных пунктов (точек) и номера определяемого опознака обратной засечкой.

Окончательное значение средней квадратической ошибки определения положения опознака вычисляется по формуле (5.1).

Прямая линейно-угловая засечка

Для измерения длин сторон в запроектированных полигонометрических ходах рекомендуется использовать светодальномеры, и поэтому следует предусмотреть в работе определение планового положения опознаков линейно-угловыми засечками.

Для определения положения опознака способом прямой линейно-угловой засечки необходимо измерить горизонтальный угол β на

одном из исходных пунктов и расстояние S между определяемым опознаком и исходным пунктом.

Привести схему определения планового положения опознака с указанием номеров исходных пунктов (точек) и номера определяемого опознака линейно-угловой засечкой и указать модели приборов, запроектированных для измерения длин сторон, углов, средние квадратические ошибки измерений.

Выполнить предрасчет точности определения планового положения опознаков линейно-угловыми засечками.

Техническое нивелирование

В сеть технического нивелирования должны включаться все пункты плановых сетей сгущения (полигонометрии и триангуляции), не включенные в сети высшего порядка.

Ходы технического нивелирования прокладываются между двумя исходными реперами в виде одиночных ходов или системы ходов с одной или несколькими узловыми точками.

Описать методику технического нивелирования и дать данные о технических характеристиках используемых приборов.

Невязки нивелирных ходов или замкнутых полигонов не должны превышать

$$f_{h\text{пред}} = \pm 50\sqrt{L}.$$

При нивелировании горизонтальным визирным лучом теодолита или кипрегеля невязка вычисляется по формуле

$$f_{h\text{пред}} = \pm 100\sqrt{L}.$$

В процессе технического нивелирования попутно нивелируются отдельные характерные точки местности, устойчивые по высоте объекты: крышки колодцев, головки рельсов на переездах, крупные валуны, пикетажные столбы вдоль дорог и т. д. Высоты этих точек определяются как промежуточные при включении их в ход.

Сведения о запроектированных нивелирных ходах с учетом требований свести в табл. 5.7.

Таблица 5.7

Ходы технического нивелирования

Название хода	Длина хода, км	Предельная длина хода, км

Предельная длина хода, зависящая от высоты сечения рельефа, должна соответствовать требованиям.

Необходимо выполнить расчет точности определения высот пунктов, полученных техническим нивелированием.

Предельная погрешность определения высот в слабом месте одностороннего хода определяется по формуле

$$2M_H = \frac{f_{h\text{пред}}}{2}.$$

Выполненный предрасчет точности определения высот пунктов ходов технического нивелирования свести в табл. 5.8.

Таблица 5.8

Оценка ходов технического нивелирования

№ хода	Название хода	Длина хода, км	Допустимая невязка, мм	M_H , мм

Сделать вывод о соответствии точности запроектированных ходов требованиям.

Определение уреза воды

В данном разделе необходимо запроектировать определение уреза воды на двух водоемах. Для расчета точности определения уреза воды использовать формулу

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

где m_v – средняя квадратическая погрешность измерения вертикальных углов, принимается в зависимости от типа теодолита;

S – расстояние от исходных пунктов до определяемого.

Привести схему определения запроектированных урезов воды, выполнить оценку точности и сделать вывод о соответствии точности требованиям.

Тригонометрическое нивелирование

Тригонометрическое нивелирование допускается в залесенной местности, где для проложения геометрического нивелирования потребуется рубка большого количества просек, в горной местности и по геодезическим засечкам. (Определяется заданием.)

В тригонометрическом нивелировании высоты исходных пунктов должны быть определены геометрическим нивелированием. Исходные пункты должны располагаться не реже чем через пять сторон хода.

Описать методику проведения тригонометрического нивелирования.

Превышение между двумя пунктами хода при определении его тригонометрическим нивелированием вычисляется по следующей формуле:

$$h = S \operatorname{tg} \nu + i - v + f,$$

где S – горизонтальное проложение линии;

$$h = \frac{1}{2} D \sin 2\nu + i - v + f,$$

где D – наклонное расстояние, измеряемое оптическим дальномером;

i – высота прибора;

v – высота визирной цели;

f – поправка за совместное влияние кривизны Земли и рефракции.

Тригонометрическим нивелированием высота определяется путем:

– проложения высотного хода;

– передачей высот по сторонам засечек и триангуляционных построений.

Допустимые невязки по высоте в ходах и замкнутых полигонах не должны превышать величин, вычисленных по формуле

$$f_{h\text{пред}} = \pm 20\sqrt{L}, \text{ см,}$$

где L – число километров в ходе,
или

$$f_{h\text{пред}} = 0,04S_{\text{ср}}\sqrt{n},$$

где $S_{\text{ср}} = \frac{S}{n}$,

где n – число линий в ходе;

S – длина линии, м.

Колебание значений вертикальных углов и места нуля на станции не должно превышать $15''$.

Расхождение между прямыми и обратными превышениями для одной и той же стороны не должны превышать 4 см на каждые 100 м расстояния, а при расстоянии до 250 м – не более 10 см.

При расчете точности высотных ходов, выполненных тригонометрическим нивелированием, необходимо вычислить среднюю квадратическую погрешность определения высоты конечной точки тригонометрического нивелирного хода по следующей формуле:

$$M_H = \frac{m_v}{\rho\sqrt{2}}\sqrt{[S^2]}, \quad (5.2)$$

где m_v – средняя квадратическая погрешность измерения вертикальных углов.

Если M_H окажется больше $\frac{1}{2}f_{h\text{пред}}$, то необходимо предусмотреть более высокую точность измерения вертикальных углов и расстояний или спроектировать систему ходов. Среднюю квадратическую погрешность наиболее слабого места хода можно рассчитать по формуле

$$2M_H = \frac{f_{h\text{пред}}}{2}.$$

Тригонометрическое нивелирование подразделяют на следующие виды:

- одностороннее, когда одновременно измеряют один угол наклона (или зенитное расстояние);
- двустороннее, когда одновременно измеряют эти же элементы в конечных точках линии;
- нивелирование из середины, когда теодолит устанавливают по середине между точками.

Расчет точности определения высот опознака вычисляется по формуле для двустороннего направления:

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

Для односторонних направлений вычисляем по формуле (5.2), где S – проектное расстояние от определяемой точки до исходных пунктов, m_v – средняя квадратическая погрешность измерения вертикальных углов.

В этом разделе необходимо выполнить расчет точности определения отметок, полученных тригонометрическим нивелированием по сторонам засечек, и сделать аргументированные выводы о допустимости полученных величин.

Заключение

В данном разделе необходимо сделать вывод о соответствии разработанного проекта требованиям инструкций.

Дать сравнительный анализ затрат времени на обычное проектирование и с помощью программных средств на ПЭВМ.

Приложения

В приложениях должны быть приведены:

- чертежи типов центров пунктов триангуляции, полигонометрии, трилатерации и типы знаков долговременного и временного закрепления съемочных сетей;
- профили видимости между исходными пунктами триангуляции, построенные на миллиметровой бумаге;
- схема проекта плано-высотного обоснования, выполненная на ксерокопии топографической карты.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СЕТЕЙ В CREDO_DAT

Качественное производство геодезических работ, создание и реконструкция опорных сетей закладываются на стадии проектирования топографо-геодезических работ. Аппарат проектирования геодезических сетей CREDO основан на следующих положениях.

Оценка точности положения проектируемой сети основывается на значениях элементов ковариационной матрицы $Q = (A^T P A)^{-1}$. Для формирования весовой матрицы P используются средние квадратические ошибки, назначаемые пользователем для соответствующих классов (групп) и методов измерений. Для формирования коэффициентов матрицы A используются приближенные координаты проектируемых пунктов и назначаемые линейные и/или угловые измерения.

Для оперативности процесса, быстрой проверки вариантов и наглядности оценки проекта при проектировании дополнительно используется механизм формирования и отображения эллипсов ошибок планового положения пунктов. Для оценки высотного положения на плане отображаются так называемые «окружности ошибок».

В CREDO_DAT 3.0 реализована оригинальная технология проектирования опорных сетей, позволяющая выбрать конфигурацию сети и точность измерений, оптимальные для требуемой точности определения координат пунктов обоснования. Технология основана на широком применении возможностей интерактивного ввода и редактирования данных с использованием картографических материалов в виде растровых подложек.

Процесс проектирования опорной сети включает следующие этапы:

1. *Подготовка растровой подложки* – сканирование необходимых картографических материалов, трансформация и топографическая привязка. Этап опускается, если при проектировании не предусматривается использование картографических материалов.

2. *Ввод пунктов проектируемой сети*. При использовании растровой подложки положение исходных и определяемых пунктов указывается непосредственно на плане в предполагаемых местах их расположения. Если растр не используется, приближенные координаты пунктов вводятся с клавиатуры вручную, однако, интерактивная процедура ввода по растру настолько удобна, что последний вариант рекомендуется как крайний случай.

3. *Формирование минимально необходимых для определения сети линейных и (или) угловых измерений на базе введенных пунктов.* При этом значения измерений могут быть любыми – важен лишь сам факт их определения для данной пары пунктов.

4. *Предварительная обработка и уравнивание сети,* в результате чего формируются вектора измерений и ковариационные матрицы.

5. *Процесс итеративной оптимизации сети,* в котором можно:

- добавить любое измерение линии или направления;
- изменить точность любого класса (группы) измерений;
- временно отключить измерение, пункт со всеми измерениями на нем и на него, ход (если в построении есть элементы в виде звеньев хода);

- изменить баланс весов угловых и линейных измерений.

Обычные наземные плановые и (или) высотные измерения можно дополнять спутниковыми определениями. Мгновенная оценка выбранной конфигурации сети и назначенных измерений наглядно представляется на экране и документируется. Таким образом, система CREDO_DAT предоставляет возможность выработать оптимальный проект сети обоснования, подобрать необходимую точность измерений, т. е. обеспечить эффективность и экономичность работ по созданию опорных сетей различных классов, межевых сетей, наблюдений за плановыми или высотными деформациями.

Рассмотрим подробнее порядок действий при проектировании сети.

Необходимо отсканировать исходный картографический материал, при необходимости привязать и сшить его в программе Ttransform 2.0. Далее проект Ttransform (файл с расширением TMD) сохраняется и подгружается в систему CREDO_DAT 3.0. Для этого в меню выбирается вкладка «Данные/Растровая подложка», в раскрывшемся окне «Растровые подложки» при помощи кнопки «Обзор» – сохраненный проект Ttransform.

Затем, ориентируясь по подложке, наносятся исходные пункты, им присваивается статус «Исходные пункты». Далее вводятся в предполагаемых местах закладки «Определяемые пункты». Им присваиваем статус «Предварительные». Затем необходимо заполнить таблицы «Измерения» или «Теодолитные ходы». При заполнении таблицы «Измерения» необходимо включить переключатель «ПВО». Данные по проектируемым линейным, угловым измерениям в таблицах отмечаются любыми значениями (обычно 1 м или 1°). После заполнения

данных в таблицах необходимо установить предполагаемый класс точности сети (по умолчанию в программе устанавливается класс точности 1-й разряд). Класс точности устанавливается для каждой станции или для каждого теодолитного хода. Соответствующие выбираемому классу (разряду) средние квадратические ошибки проектируемых измерений можно уточнить в «Свойства проекта/Точность». Далее в меню выбираем «Расчеты/Уравнивание», команда «Настройка» и в раскрывшемся окне «Настройка уравнивания», в группе «Уравнивание» устанавливается опция «Проект». Установка данной опции позволит по имеющимся координатам пунктов вычислить расстояния и углы в сети и по СКО выбранного класса (разряда) рассчитать оценку точности положения пунктов. На этом этап подготовки данных для проектирования сети завершен. Далее выполняется предобработка данных (меню «Расчеты/Предобработка», команда «Расчет»). В результате выполнения этой команды на экране монитора появится отображение установленных связей планового геодезического обоснования между пунктами.

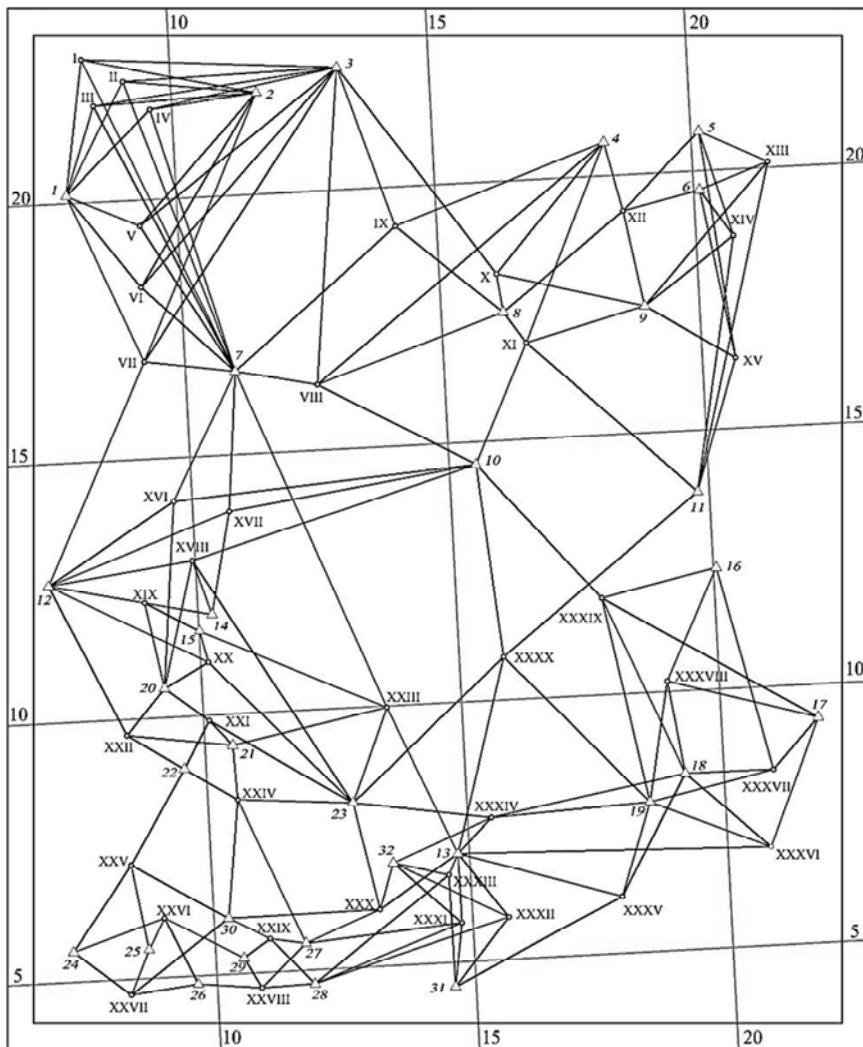
Выбирается в меню команда «Расчеты/Уравнивание», команда «Расчет». При выполнении этой команды будет выполнена оценка точности положения пунктов в соответствии с установленными параметрами точности сети. Эллипсы ошибок положений пунктов отобразятся на экране. Ведомость оценки точности положения пунктов можно открыть, выбрав в меню «Ведомости» команду «Ведомость оценки точности положения пунктов». В этой ведомости приведены среднеквадратические ошибки положения определяемых пунктов и характеристики эллипсов ошибок. Если результаты, приведенные в ведомости оценки точности положения пунктов, вас не устраивают, то необходимо изменить класс сети и вновь выполнить предобработку и уравнивание сети. Выполнение предобработки после каждого изменения в программе является обязательным условием. Ведомость оценки точности положения пунктов можно вывести на печать или сохранить в формате RTF.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Селиханович, В. Г. Геодезия : учебник для вузов : в 2 ч. : Ч. 2. / В. Г. Селиханович. – Москва: Недра, 1981. – 535 с.
2. Селиханович, В. Г. Практикум по геодезии : учебное пособие / В. Г. Селиханович, В. П. Козлов, Г. П. Логинов. – Москва: Недра, 1978. – 382 с.
3. Будо, Ю. П. Геодезия : учебно-методический комплекс : в 2 ч. : Ч. 2. / Ю. П. Будо. – Новополюцк: ПГУ, 2008. – 264 с.
4. Маслов, А. В. Геодезия : учебное пособие / А. В. Маслов, А. В. Гордеев, Ю. Г. Батраков. – Москва: Колосс, 2006. – 598 с.
5. Перфилов, В. Ф. Геодезия : учебник для вузов / В. Ф. Перфилов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Высшая школа, 2006. – 350 с.
6. Поклад, Г. Г. Геодезия : учебное пособие для вузов / Г. Г. Поклад, С. П. Гриднев. – Москва: Академический проспект, 2007. – 592 с.
7. Геодезия. Топографические съемки : справочное пособие / сост.: Ю. К. Неумывакин [и др.]. – Москва: Недра, 1991. – 317 с.
8. Государственная геодезическая сеть Республики Беларусь. Государственный банк геодезических данных Республики Беларусь. Основные положения. Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь : ТКП 046–2006. – 2007.

ПРИЛОЖЕНИЯ ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Схема размещения исходных и определяемых точек



ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Исходные данные для лабораторной работы № 13

Таблица П2.1

№	Координаты		№	Координаты	
	X	Y		X	Y
1	20145,267	7870,345	17	9351,671	21874,153
2	21954,951	11644,834	18	8409,095	19250,486
3	22365,348	13224,791	19	7886,353	18542,42
4	20650,281	18304,881	20	10561,699	9277,652
5	20770,109	20154,918	21	9400,925	10535,904
6	19635,338	20110,011	22	8994,776	9580,201
7	16600,897	10955,701	23	8175,364	12800,38
8	17477,071	16193,792	24	5569,569	7255,349
9	17455,208	18939,51	25	5542,89	8712,492
10	14570,805	15515,515	26	4839,576	9630,329
11	13829,989	19775,413	27	5510,805	11755,545
12	12642,341	7136,127	28	4730,878	11889,523
13	7084,601	14774,855	29	5291,681	10543,738
14	11948,562	10270,656	30	6068,646	10282,045
15	11639,743	10010,224	31	4531,558	14600,812
16	12343,739	20055,511	32	6971,425	13521,317

Таблица П2.2

№ вар.	Направления	Дирекц. углы на опред. пункты	№ вар.	Направления	Дирекц. углы на опред. пункты
1	3-I	274°42'18''	10	4-X	222°18'14''
	2-I	283°42'03''		9-X	285°13'29''
	7-I	336°41'53''		8-X	352°54'30''
	1-I	9°15'26''		3-X	145°12'00''
2	3-II	269°13'30''	11	4-XI	204°05'15''
	2-II	277°51'17''		9-XI	255°49'31''
	7-II	341°46'51''		11-XI	313°51'25''
	1-II	29°08'25''		10-XI	25°33'22''
3	3-III	263°51'06''	12	8-XI	145°24'44''
	2-III	268°11'12''		5-XII	226°22'48''
	7-III	334°49'59''		6-XII	257°22'49''
	1-III	19°50'02''		9-XII	349°56'24''
4	3-IV	260°13'26''	13	8-XII	52°59'32''
	2-IV	263°58'34''		4-XII	167°10'37''
	7-IV	344°57'29''		11-XIII	14°57'53''
	1-IV	46°58'44''		9-XIII	43°27'43''
5	2-V	224°01'35''	14	6-XIII	70°37'21''
	3-V	234°02'06''		5-XIII	117°01'23''
	7-V	329°37'57''		11-XIV	10°53'06''
	1-V	115°11'24''		9-XIV	54°29'51''
6	2-VI	213°39'13''	15	6-XIV	146°24'21''
	3-VI	224°40'40''		5-XIV	164°40'06''
	7-VI	314°49'08''		11-XV	18°53'03''
	1-VI	143°24'25''		9-XV	122°37'38''
7	2-VII	205°34'24''	16	6-XV	170°45'06''
	3-VII	216°09'26''		5-XV	173°41'00''
	7-VII	279°05'15''		7-XVI	208°31'27''
	12-VII	26°08'41''		10-XVI	266°07'08''
8	1-VII	157°36'37''	17	20-XVI	5°39'41''
	3-VIII	186°29'46''		12-XVI	58°32'05''
	4-VIII	232°46'46''		7-XVII	185°18'44''
	8-VIII	251°40'32''		10-XVII	262°18'09''
9	10-VIII	299°33'15''	18	14-XVII	12°27'42''
	7-VIII	102°05'28''		12-XVII	70°17'55''
	4-IX	251°01'10''		10-XVIII	254°21'48''
	8-IX	311°38'49''		23-XVIII	329°21'36''
9	7-IX	50°51'48''	18	14-XVIII	342°32'21''
	3-IX	162°46'36''		20-XVIII	15°04'32''
				12-XVIII	82°32'01''

Продолжение табл. П2.2

№ вар.	Направления	Дирекц. углы на опред. пункты	№ вар.	Направления	Дирекц. углы на опред. пункты
19	14-XIX	282°29'36"	28	27-XXVIII	228°04'31"
	15-XIX	299°55'41"		28-XXVIII	268°45'03"
	20-XIX	349°45'24"		26-XXVIII	96°04'31"
	12-XIX	102°28'16"		29-XXVIII	151°22'12"
20	23-XX	317°04'54"	29	27-XXIX	280°02'40"
	20-XX	62°15'28"		28-XXIX	317°33'21"
	12-XX	118°14'06"		29-XXIX	56°43'38"
	15-XX	166°57'44"		30-XXIX	119°06'03"
21	23-XXI	302°35'30"	30	32-XXX	198°58'09"
	21-XXI	319°08'36"		13-XXX	237°29'42"
	22-XXI	30°12'38"		27-XXX	68°17'38"
	20-XXI	128°42'17"		30-XXX	89°30'48"
22	20-XXII	221°42'35"	31	23-XXX	168°36'53"
	21-XXII	278°14'36"		31-XXXI	8°41'48"
	22-XXII	303°05'07"		28-XXXI	70°42'34"
	12-XXII	155°04'57"		27-XXXI	85°32'21"
23	13-XXIII	337°02'48"	32	32-XXXI	134°06'56"
	23-XXIII	22°39'03"		13-XXXI	179°30'24"
	21-XXIII	79°14'02"		31-XXXII	40°34'30"
	15-XXIII	115°11'27"		28-XXXII	74°06'40"
24	7-XXIII	158°36'43"	33	32-XXXII	117°56'26"
	23-XXIV	274°23'06"		13-XXXII	143°53'32"
	27-XXIV	337°29'10"		13-XXXIII	206°19'48"
	30-XXIV	7°28'07"		31-XXXIII	359°20'41"
25	22-XXIV	122°58'57"	34	28-XXXIII	53°59'43"
	21-XXIV	177°34'41"		32-XXXIII	105°16'55"
	22-XXV	212°07'54"		18-XXXIV	260°09'39"
	30-XXV	301°28'44"		19-XXXIV	267°29'38"
26	25-XXV	350°52'46"	35	13-XXXIV	45°42'01"
	24-XXV	36°19'07"		32-XXXIV	68°03'56"
	29-XXVI	299°22'07"		23-XXXIV	99°03'51"
	26-XXVI	335°36'22"		19-XXXV	199°32'46"
27	25-XXVI	29°01'50"	36	18-XXXV	210°10'02"
	24-XXVI	72°23'20"		31-XXXV	64°38'05"
	25-XXVII	204°16'53"		13-XXXV	107°27'13"
	30-XXVII	234°56'24"		17-XXXVI	203°07'01"
27	26-XXVII	263°53'00"	36	13-XXXVI	91°39'06"
	24-XXVII	128°53'55"		19-XXXVI	113°05'51"
				18-XXXVI	133°28'18"

Окончание табл. П2.2

№ вар.	Направления	Дирекц. углы на опред. пункты	№ вар.	Направления	Дирекц. углы на опред. пункты
37	17-XXXVII	223°46'51''	39	16-XXXIX	258°05'08''
	19-XXXVII	78°02'52''		17-XXXIX	301°46'56''
	18-XXXVII	90°21'53''		18-XXXIX	337°23'57''
	16-XXXVII	167°04'57''		19-XXXIX	349°34'46''
16-XXXVIII	206°26'22''	10-XXXIX		139°39'12''	
38	17-XXXVIII	286°24'18''	40	11-XXXX	232°37'06''
	18-XXXVIII	351°43'32''		19-XXXX	317°37'18''
	19-XXXVIII	10°56'34''		13-XXXX	16°03'04''
				23-XXXX	48°57'24''
		10-XXXX		174°50'01''	

ПРИЛОЖЕНИЕ 3**Исходные данные для лабораторной работы № 14**

Таблица ПЗ.1

№	Координаты		№	Координаты	
	X	Y		X	Y
1	20145,267	7870,345	17	9351,671	21874,153
2	21954,951	11644,834	18	8409,095	19250,486
3	22365,348	13224,791	19	7886,353	18542,42
4	20650,281	18304,881	20	10561,699	9277,652
5	20770,109	20154,918	21	9400,925	10535,904
6	19635,338	20110,011	22	8994,776	9580,201
7	16600,897	10955,701	23	8175,364	12800,38
8	17477,071	16193,792	24	5569,569	7255,349
9	17455,208	18939,51	25	5542,89	8712,492
10	14570,805	15515,515	26	4839,576	9630,329
11	13829,989	19775,413	27	5510,805	11755,545
12	12642,341	7136,127	28	4730,878	11889,523
13	7084,601	14774,855	29	5291,681	10543,738
14	11948,562	10270,656	30	6068,646	10282,045
15	11639,743	10010,224	31	4531,558	14600,812
16	12343,739	20055,511	32	6971,425	13521,317

Таблица ПЗ.2

№ вар.	Направление на	Горизонтальные углы	№ вар.	Направление на	Горизонтальные углы
I	2	8°59'45''	XIII	9	28°29'49''
	7	61°59'36''		6	55°39'27''
	1	94°33'07''		5	102°03'30''
II	2	8°37'48''	XIV	9	43°36'46''
	7	72°33'21''		6	135°31'15''
	1	119°54'56''		5	153°46'59''
III	2	4°20'05''	XV	9	103°44'36''
	7	70°58'52''		6	151°52'04''
	1	115°58'56''		5	154°47'58''
IV	2	3°45'07''	XVI	10	57°35'40''
	7	84°44'02''		20	157°08'13''
	1	146°45'18''		12	210°00'38''
V	3	10°00'32''	XVII	10	76°59'24''
	7	105°36'21''		14	187°08'57''
	1	251°09'48''		12	244°59'10''
VI	3	11°01'28''	XVIII	23	74°59'48''
	7	101°09'56''		14	88°10'32''
	1	289°45'12''		20	120°42'45''
VII	3	10°35'03''		12	188°10'13''
	7	73°30'52''	XIX	15	17°26'06''
	12	180°34'16''		20	67°15'49''
1	312°02'12''	12		179°58'40''	
VIII	4	46°17'00''	XX	23	105°10'33''
	8	65°10'46''		20	161°09'13''
	10	113°03'30''		12	209°52'50''
	7	275°35'41''	XXI	21	16°33'05''
IX	8	60°37'39''		22	87°37'07''
	7	159°50'38''		20	186°06'46''
	3	271°45'26''	XXII	21	56°32'00''
X	9	62°55'14''		22	81°22'33''
	8	130°36'16''		12	293°22'23''
	3	282°53'46''	XXIII	23	45°36'14''
XI	9	51°44'17''		21	102°11'13''
	11	109°46'11''		15	138°08'38''
	10	181°28'07''	7	181°33'54''	
	8	301°19'28''	XXIV	27	63°06'03''
XII	6	31°00'02''		30	93°05'01''
	9	123°33'37''		22	208°35'52''
	8	186°36'43''	21	263°11'34''	
	4	300°47'48''			

Окончание табл. 3.2

№ вар.	Направление на	Горизонтальные углы	№ вар.	Направление на	Горизонтальные углы
XXV	30	89°20'51''	XXXIII	31	153°00'54''
	25	138°44'53''		28	207°39'55''
	24	184°11'12''		32	258°57'07''
XXVI	26	36°14'16''	XXXIV	19	7°20'00''
	25	89°39'43''		13	145°32'23''
	24	133°01'14''		32	167°54'17''
XXVII	30	30°39'31''	XXXV	23	198°54'12''
	26	59°36'07''		18	10°37'15''
	24	284°37'01''		31	225°05'19''
XXVIII	28	40°40'31''	XXXVI	13	267°54'26''
	26	228°00'01''		13	248°32'04''
	29	283°17'40''		19	269°58'50''
XXIX	28	37°30'42''	XXXVII	18	290°21'18''
	29	136°40'58''		19	214°16'02''
	30	199°03'23''		18	226°35'01''
XXX	13	38°31'33''	XXXVIII	16	303°18'07''
	27	229°19'28''		17	79°57'56''
	30	250°32'38''		18	145°17'09''
	23	329°38'44''		19	164°30'12''
XXXI	28	62°00'47''	XXXIX	17	43°41'49''
	27	76°50'33''		18	79°18'50''
	32	125°25'08''		19	91°29'37''
	13	170°48'36''		10	241°34'03''
XXXII	28	33°32'10''	XXXX	19	85°00'12''
	32	77°21'55''		13	143°25'57''
	13	103°19'01''		23	176°20'19''
				10	302°12'55''

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ Факультет транспортных коммуникаций

Утверждаю
Заведующий кафедрой _____
" ____ " _____ 20__ г.
(подпись) (фамилия, инициалы)

ЗАДАНИЕ ПО КУРСОВОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ

Обучающемуся _____

1. Тема курсовой работы: "Проектирование геодезического обоснования при комбинированной съемке для создания плана масштаба 1:2000" _____

2. Срок сдачи студентом законченной работы _____

3. Исходные данные к работе: _____

3.1. Масштаб съемки: 1:2000 _____

3.2. Место положения объекта _____

3.3. Картографические материалы для проектирования: - карта веб ресурса OpenTopoMap.org М 1:25000 _____

3.4. Координаты углов рамок участка принять равными координатам углов рамок трапеции карты М 1:25000 _____

3.5. В качестве исходных пунктов для развития геодезической сети принять 3 пункта СГС-1 с карты М 1:100000 (Генштаб 1 км) соответствующего района. _____

3.6. Аэрофотосъемочные работы: _____

На всю территорию проектируемого объекта в 20.. г., выполнена аэрофотосъемка РСХАУП «БелПСХАГИ». Аэросъемка выполнена по направленным маршрутам, проложенным _____, Масштаб аэрофотосъемки - 1:_____,

Фокусное расстояние _____ мм. Формат аэрофотонегатива – ____ × ____ см. _____

4. Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень вопросов, которые подлежат разработке) _____

4.1. Общие сведения _____

4.2. Определение номенклатуры и географических координат углов рамок трапеции, выполнить расчёт их прямоугольных координат для листа карты масштаба 1:2000 для проектируемого района. _____

4.3. Физико-географическое описание, характеристика района работ. _____

4.4. Расчет числа аэрофотосъемочных маршрутов и аэроснимков _____

4.5. Проектирование и привязка плановых и высотных опознаков _____

4.6. Проектирование геодезических сетей сгущения _____

4.7. Проектирование съемочного обоснования в плане и по высоте. _____

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

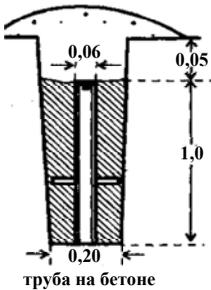
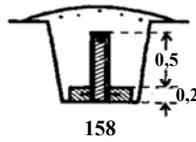
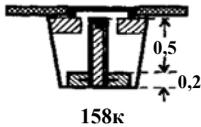
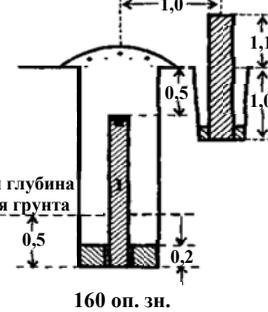
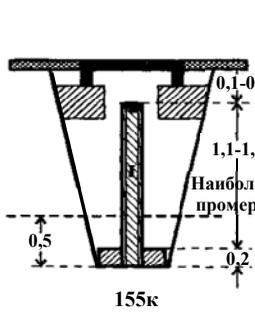
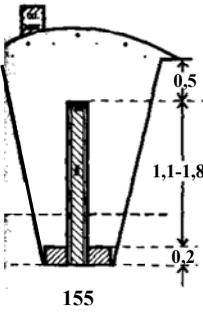
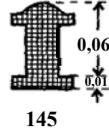
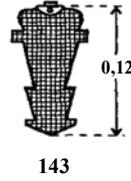
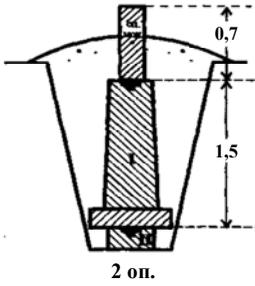
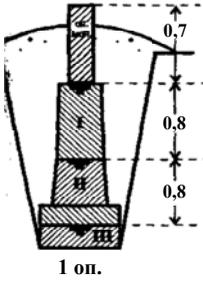
Кодовое обозначение видов геодезических и картографических работ

Код	Вид работ
01	Создание и развитие государственных геодезических сетей
02	Топографические (съёмочные) работы
03	Нивелирные работы
04	Гравиметрические работы
05	Картографические работы
06	Вычислительные работы
07	Обследование и восстановление пунктов и знаков ГГС
08	Обновление топографических карт и планов
09	Аэрофотосъёмка, космическая съёмка местности, дистанционное зондирование Земли
10	Специальные работы научного и прикладного характера
11	Топографо-геодезические работы на внутренних водоемах
12	Фотограмметрические работы
13	Стандартизация, учёт и упорядочение географических названий
14	Создание картографической продукции открытого пользования
15	Издательские работы
16	Проектно-сметные и отчётно-оформительские работы
17	Общие вопросы (контроль, качество и хранение материалов)
18	Создание информационных банков данных
19	Создание географических информационных систем

Схема расположения объекта Филиппенки



Чертежи типов центров

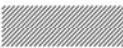


Условные знаки

	Линия насыпи		Твердое дорожное покрытие
	Контур ямы		Марка
	Бетон		Железная труба
	Чугун		Рельс
			Камень

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

Условные обозначения

-  - поперечное перекрытие
-  - продольное перекрытие
-  - тройное перекрытие

-  - пункты триангуляции
-  - полигонометрический ход 4 класса
-  - полигонометрический ход 1 разряда
-  - теодолитный ход
-  - плановые опознаки (ОП)
-  - планово-высотные опознаки (ОПВ)
-  - прямая засечка
-  - обратная засечка
-  - геометрическое нивелирование III класса
-  - геометрическое нивелирование IV класса
-  - техническое нивелирование
-  - тригонометрическое нивелирование
-  - центры аэроснимков
-  - урез воды

Выполнил: _____

Содержание

Лабораторная работа № 12. ПРИВЯЗКА ПОЛИГОНОМЕТРИИ К ПУНКТАМ ОПОРНОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ. СНЕСЕНИЕ КООРДИНАТ С ВЕРШИНЫ ЗНАКА НА ЗЕМЛЮ.....	3
Лабораторная работа № 13. ПРИВЯЗКА ПОЛИГОНОМЕТРИИ К ПУНКТАМ ОПОРНОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ. ПРЯМАЯ МНОГОКРАТНАЯ ЗАСЕЧКА	10
Лабораторная работа № 14. ПРИВЯЗКА ПОЛИГОНОМЕТРИИ К ПУНКТАМ ОПОРНОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ. ОБРАТНАЯ МНОГОКРАТНАЯ ЗАСЕЧКА	14
Лабораторная работа № 15. УРАВНИВАНИЕ ВЫТЯНУТОГО ПОЛИГОНОМЕТРИЧЕСКОГО ХОДА.....	17
ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ	28
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СЕТЕЙ В CREDO_DAT	53
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	56
ПРИЛОЖЕНИЯ	57

Учебное издание

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ

Лабораторный практикум
для студентов специальности
1-56 02 01 «Геодезия»

В 2 частях

Часть 2

Составитель
КУПРИЕНКО Николай Олегович

Редактор *Т. В. Грищенкова*
Компьютерная верстка *Н. А. Школьниковой*

Подписано в печать 20.12.2018. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 4,19. Уч.-изд. л. 3,27. Тираж 100. Заказ 400.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.