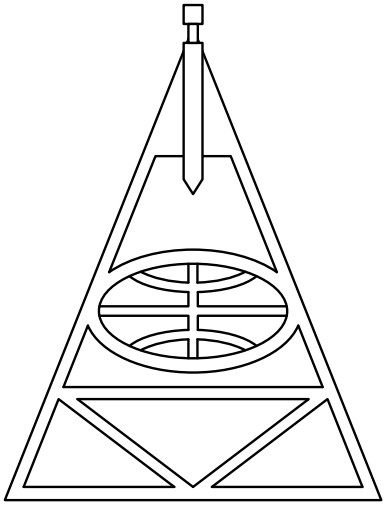
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ВОЛОГОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Кафедра городского кадастра и геодезии



ГЕОДЕЗИЯ

Обработка материалов теодолитной съёмки

Методические указания
для выполнения лабораторных и расчётно-графических работ и составления отчётов по учебным геодезическим практикам

Факультеты: экологии, инженерно-строительный

Направления: 21.03.02 – "Землеустройство и кадастры",
08.03.01 – "Строительство",
20.03.02 – "Природообустройство и водопользование",
05.03.06 – "Экология и природопользование",
07.03.01 – "Архитектура",
54.03.04 – "Реставрация"

Специальности: 08.05.01 – "Строительство уникальных зданий и сооружений"
08.05.03 – "Строительство, эксплуатация, восстановление и техническое прикрытие автомобильных дорог, мостов и тоннелей"

Вологда
2015

УДК 528.422.2 (076)

Геодезия. Обработка материалов теодолитной съёмки: методические указания для выполнения лабораторных и расчётно-графических работ и составления отчётов по учебным геодезическим практикам. – Вологда: ВоГУ, 2015. – 36 с.

Рассмотрен процесс обработки материалов теодолитной съёмки. Имеются поясняющие схемы, рисунки, таблицы, примеры вычислений. Предусмотрена выдача индивидуального задания.

Утверждено редакционно-издательским советом ВоГУ

Составители: А.В. Белый, канд. геогр. наук, доцент,
Ю.П. Попов, ст. преподаватель,
Н.Н. Суворова, ст. преподаватель

Рецензент А.Н. Кичигин, канд. геогр. наук, доцент кафедры ГиИГ

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ 4

1. ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ ТЕОДОЛИТНОЙ (ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ) СЪЁМКИ 4

1.1. Вычислительная обработка разомкнутого теодолитного хода 5

1.1.1. Уравнивание углов 6

1.1.2. Вычисление дирекционных углов и румбов 7

1.1.3. Уравнивание приращений координат 8

1.1.4. Вычисление координат 10

1.2. Вычислительная обработка замкнутого теодолитного хода 12

1.2.1. Уравнивание углов 12

1.2.2. Вычисление дирекционных углов и румбов 13

1.2.3. Уравнивание приращений координат 14

1.2.4. Вычисление координат 16

1.2.5. Особенности вычисления диагонального хода 16

1.3. Построение плана теодолитной съёмки 17

2. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ 23

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ (РАЗОМКНУТЫЙ ХОД) 27

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ (ЗАМКНУТЫЙ ХОД) 29

ПРИЛОЖЕНИЕ 3. ВАРИАНТЫ АБРИСОВ 31

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 36

Введение

Целью топографо-геодезических съемок является получение планов местности – контурных или топографических. В первом случае выполняют теодолитную съемку, во втором – тахеометрическую.

Съёмочные работы выполняют в два этапа: 1 этап – полевые работы (создание съемочного обоснования и геодезические измерения на местности) и 2 этап – камеральные работы (обработка результатов полевых измерений и составление плана участка местности).

Планово-высотным геодезическим обоснованием топографических съёмок служат теодолитно-нивелирные или теодолитно-высотные (теодолитно-тахеометрические) ходы.

Теодолитный ход представляет собой систему линий, образующих замкнутый и разомкнутый полигон, углы которого измеряют теодолитом, а стороны – стальной лентой, стальной рулеткой, оптическим или лазерным дальномером.

Теодолитная съемка состоит из угловых и линейных измерений на местности, дающих возможность составить план местности с изображением на ней ситуации, но без рельефа.

Тахеометрическая съёмка позволяет получить план, на котором изображается ситуация и рельеф. Тахеометрия – быстрый способ одновременного определения планового и высотного положения точек местности. Тахеометрическое расстояние измеряют нитяным дальномером, а высоты определяют при помощи тригонометрического нивелирования.

1. Обработка материалов теодолитной (горизонтальной) съёмки

Теодолитная съёмка выполняется на базе созданного теодолитного хода. Теодолитные ходы прокладывают при создании съёмочного обоснования топографических съёмок – системы опорных точек с известными планово-высотными координатами.

Теодолитный ход представляет собой систему линий, образующих разомкнутый или замкнутый многоугольник (полигон).

Углы поворота сторон теодолитного хода измеряют теодолитом, а стороны – стальной лентой, стальной рулеткой или светодальномером.

Полевой этап теодолитной съёмки состоит из угловых и линейных измерений на местности, дающих возможность в дальнейшем составить план местности с изображением на ней ситуации, но без рельефа.

Форма ходов зависит от конфигурации участка, насыщенности ситуацией, целесообразности. Пункты съёмочного обоснования закрепляются на местности временными или долговременными знаками. Каждый знак должен быть «привязан» к твердым пунктам местности.

Измерение углов между сторонами теодолитных ходов обычно производят способом приёмов, при этом могут определяться как правые, так и левые по ходу движения углы. Данные измерения углов и линий заносят в специальные полевые журналы и одновременно выполняют схематический чертёж участка местности – абрис.

Таким образом, исходными полевыми данными для вычислений являются:

- горизонтальные углы в вершинах основного хода;
- горизонтальные проложения сторон хода;
- дирекционные углы некоторых сторон;
- координаты исходных вершин.

Вычисления возможно производить для двух вариантов хода – **разомкнутого** и **замкнутого**.

1.1. Вычислительная обработка разомкнутого теодолитного хода

Целью вычислений является получение значений координат вершин теодолитного хода, являющихся плановым обоснованием теодолитной съемки.

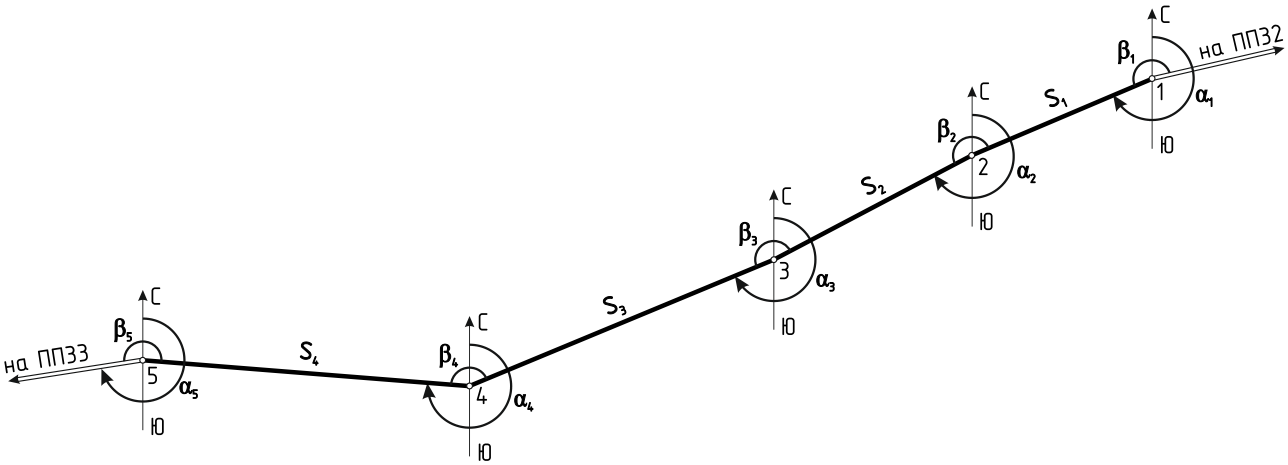


Рис. 1. Схема разомкнутого теодолитного хода:

С-Ю – направление осевого меридиана (оси X); ВУ – вершины углов хода;
β_1, β_2, β_3, β_4, β_5 – горизонтальные углы (правые по ходу);
S_1, S_2, S_3, S_4 – горизонтальные проложения сторон хода;
α – дирекционные углы направлений, из них α_1 и α_5 – углы исходных направлений

Из журнала теодолитного хода (или по заданию, см. приложение 1) в ведомость координат (таблица 2) вписывают следующие данные:

- названия вершин углов *1, 2* и т. д. – в столбцы 1 и 14;
- средние значения измеренных углов β, округленных до десятых долей минут – в столбец 2 с указанием названий углов (левые или правые);
- значения дирекционных углов начального $\alpha_{нач}$ и конечного $\alpha_{кон}$ направлений хода – в столбец 4;
- значения горизонтальных проложений S сторон хода – в столбец 7;
- значения координат $X_{нач}$; $Y_{нач}$ начального и $X_{кон}$; $Y_{кон}$ конечного пункта хода – в столбцы 12 и 13.

Плановая привязка нашего хода (рис. 1) выполнена к пунктам полигонометрии ПП32 и ПП33.

Порядок вычисления ведомости координат

1.1.1. Уравнивание углов

- Вычисляют сумму измеренных углов $\sum \beta_{изм}$ и записывают её как итог внизу ведомости.
- Вычисляют теоретическую сумму горизонтальных углов хода $\sum \beta_{теор}$ и записывают ниже $\sum \beta_{изм}$.

$\sum \beta_{теор} = \alpha_{кон} - \alpha_{нач} + (180° \cdot n)$, если измеренные углы хода ***левые***,

$\sum \beta_{теор} = \alpha_{нач} - \alpha_{кон} + (180° \cdot n)$, если измеренные углы хода ***правые***,

где n – число измеренных горизонтальных углов.

- Вычисляют угловую невязку f_β как разность суммы измеренных и теоретической суммы углов:

$$f_\beta = \sum \beta_{изм} - \sum \beta_{теор} ,$$

которую сравнивают с допустимой угловой невязкой:

$$f_{\beta(доп)} = \pm 2 \cdot t' \cdot \sqrt{n} ,$$

где t – точность отсчёта по горизонтальному кругу.

Пример: $\sum \beta_{теор} = 257° 14{,}8' - 261° 45{,}6' + 180° \cdot 5 = 895° 29{,}2';$

$$f_\beta = 895° 28{,}9' - 895° 29{,}2' = -0{,}3';$$

$$f_{\beta(доп)} = \pm 2 \cdot 0{,}5' \cdot \sqrt{5} = 2{,}2'.$$

Контроль

Качество угловых измерений и правильность вычислений контролируют, вычисленная угловая невязка не должна превышать допустимую: $f_\beta \le f_{\beta(доп)}$.

Если условие соблюдено, то производят уравнивание (увязку) угловых измерений; невязку распределяют введением поправок υ_i с обратным знаком в значения измеренных углов поровну, если длины сторон хода близки по

значению. Если длины сторон значительно отличаются, то в углы с короткими сторонами вводят бóльшие поправки. Поправки, округленные до десятых долей минут, записывают над значениями горизонтальных углов.

Контроль

Во всех случаях должно быть соблюдено условие: $\sum v_i = -f_\beta$, т. е. сумма поправок должна равняться угловой невязке с обратным знаком.

В нашем случае первые две стороны хода короче других и являются сторонами углов 1, 2, 3, поэтому в каждые из этих углов вводим бóльшую поправку $|+0{,}1|'$, а в остальные – меньшую $|0{,}0|'$.

Пример: $0{,}1' + 0{,}1' + 0{,}1' + 0{,}0' + 0{,}0' = +0{,}3' = -(-0{,}3')$.

- Исправленные значения углов $\beta_{испр}$ (столбец 3) вычисляют как сумму значения измеренного угла и поправки с учётом знака:

$$\beta_{испр} = \beta_{изм} + v_i .$$

Пример для станции 1: $\beta_{испр} = 190° 22{,}5' + (+0{,}1') = 190° 22{,}6'$.

Контроль

Сумма исправленных углов должна быть равна теоретической сумме:

$$\sum \beta_{испр} = \sum \beta_{теор} .$$

1.1.2. Вычисление дирекционных углов и румбов

Для каждого направления вычисляют значение дирекционного угла и записывают в столбец 4:

- при **правых углах** дирекционный угол последующего направления (стороны) равен дирекционному углу предыдущего направления плюс 180° минус исправленный угол между этими направлениями:

$$\alpha_i = \alpha_{i-1} + 180° - \beta_{испр\ i} .$$

Пример:

для направления 1-2: $\alpha = 257° 14{,}8' + 180° - 190° 22{,}6' = 246° 52{,}2'$;

- при **левых углах** дирекционный угол последующего направления (стороны) равен дирекционному углу предыдущего направления минус 180° плюс исправленный угол между этими направлениями:

$$\alpha_i = \alpha_{i-1} - 180° + \beta_{испр\ I} .$$

Дирекционный угол какой-либо стороны должен быть в пределах от 0° до 360°, поэтому при вычислении, в случае необходимости, к нему прибавляют или от него отнимают 360°.

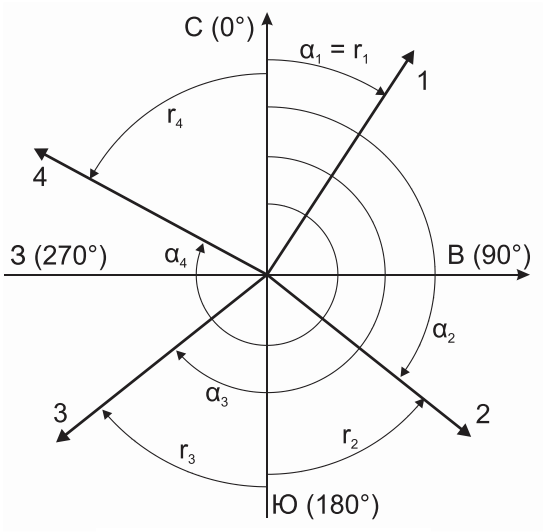


Рис. 2. Связь углов

Контроль

Правильностью вычислений дирекционных углов является получение дирекционного угла конечной стороны, равного $\alpha_{кон}$.

При обработке теодолитных ходов в ряде случаев целесообразно дирекционные углы переводить в румбы (*r*) (рис. 2, таблица 1), значение которых округляют до целых минут.

Таблица 1

Перевод дирекционных углов в румбы

Значение дирекционного угла в пределах	Знаки приращений координат		Название румба	Значение румба
	Δ*x*	Δ*y*		
0° < *α* < 90°	+	+	СВ	*r* = *α*
90° < *α* < 180°	–	+	ЮВ	*r* = 180° – *α*
180° < *α* < 270°	–	–	ЮЗ	*r* = *α* – 180°
270° < *α* < 360°	+	–	СЗ	*r* = 360° – *α*

Пример для направления 1-2: r = 246° 52,2′ – 180° = 66° 52′ (ЮЗ);

Названия и значения румбов записывают в столбцы 5, 6.

1.1.3. Уравнивание приращений координат

Приращения координат вычисляют по формулам:

$\Delta x = S \cdot Cos\ \alpha$ или $\Delta x = S \cdot Cos\ r$;

$\Delta y = S \cdot Sin\ \alpha$ или $\Delta y = S \cdot Sin\ r$

с округлением до сотых долей метра и записывают в столбцы 8, 9. При расчёте значения функции угла, его переводят в десятичную систему (минуты делят на 60, результат прибавляют к градусам), а калькулятор – в режим работы "DEG".

Знаки приращений координат определяют в зависимости от знаков *Sin α* и *Cos α* или от названий румбов (таблица 1).

Пример для направления 1-2:

$\Delta x = 313{,}42 \cdot Cos\ 246° 52{,}2' = -123{,}12$ *м*,

$\Delta y = 313{,}42 \cdot Sin\ 246° 52{,}2' = -288{,}23$ *м*.

- Вычисляют суммы приращений координат $\sum\Delta x$ и $\sum\Delta y$ и записывают их как итог внизу ведомости.

➢ Вычисляют теоретические суммы приращений координат $\sum\Delta x_{теор}$ и $\sum\Delta y_{теор}$ как разность абсцисс или ординат конечной и начальной точек хода и записывают ниже вычисленных значений $\sum\Delta x$ и $\sum\Delta y$:

$$\sum x_{теор} = X_{кон} - X_{нач}\ ; \qquad \sum y_{теор} = Y_{кон} - Y_{нач}\ .$$

Пример:

$$\sum x_{теор} = 24459{,}20 - 24910{,}65 = -451{,}45\ м;$$
$$\sum y_{теор} = 21017{,}70 - 22631{,}06 = -1613{,}36\ м.$$

➢ Вычисленные значения приращений координат алгебраически суммируют по каждой оси:

$$f_X = \sum\Delta x - \sum\Delta x_{теор}\ , \qquad f_Y = \sum\Delta y - \sum\Delta y_{теор}\ .$$

➢ Вычисляют абсолютную линейную невязку хода: $f_S = \sqrt{f_X{}^2 + f_Y{}^2}$.

➢ Вычисляют относительную линейную невязку: $\frac{f_S}{\sum S} = \frac{1}{N}$,

где $\sum S$ – длина хода.

В знаменателе пишут значение N с округлением до целых сотен.

Контроль

Допустимая относительная невязка должна быть не более $\frac{1}{2000}$, то есть $N \geq 2000$. (при неблагоприятных условиях измерений длин линий на учебной геодезической практике и при сравнительно коротких сторонах хода допускается относительная невязка не более $\frac{1}{1000}$, т. е. в 2 раза больше). Если полученная невязка больше допустимой, то проверяют правильность вычислений, а в худшем случае перемеряют длины сторон хода.

$$f_X = (-451{,}37) - (-451{,}45) = 0{,}08\ м;$$
$$f_Y = (-1613{,}29) - (-1613{,}36) = 0{,}07\ м;$$
$$f_S = \sqrt{0{,}08^2 + 0{,}07^2} = 0{,}11\ м\ ;$$

$$\frac{f_S}{\sum S} = \frac{0{,}11}{1722} = \frac{1}{15600},\ у\ нас\ \frac{1}{15600} < \frac{1}{2000},\ где\ 15600 = N = \frac{1722}{0{,}11}.$$

Невязки f_X и f_Y распределяют в виде поправок с обратными знаками между вычисленными приращениям координат пропорционально горизонтальным проложениям S_i сторон хода (чем длиннее сторона, тем больше вводимая поправка по абсолютной величине):

$$\upsilon_{Xi} = \frac{-f_X}{\sum S}\cdot S_i\ ; \qquad \upsilon_{Yi} = \frac{-f_Y}{\sum S}\cdot S_i\ ,$$

где i – порядковый номер стороны хода.

Поправки υ_{xi} и υ_{yi} вычисляют с округлением до 0,01 метра и записывают со знаком над соответствующим приращением координат в столбцы 8, 9.

Контроль

Сумма вводимых поправок должна равняться невязке с обратным знаком:

$$\sum \upsilon_X = -f_X; \qquad \sum \upsilon_Y = -f_Y.$$

Пример распределения поправок по вычисленным приращениям Δx: у нас первые две стороны хода короче других, поэтому в каждую из них вводим меньшую поправку |– 0,01|м, а в остальные – бóльшую |– 0,03|м.

(– 0,01) + (– 0,01) + (– 0,03) + (– 0,03) = – 0,08 = – (+ 0,08).

В результате введения поправок находят исправленные значения приращений координат, которые записывают в столбцы 10, 11:

$$\Delta x_{испр} = \Delta x_{выч} + \upsilon_X; \qquad \Delta y_{испр} = \Delta y_{выч} + \upsilon_Y.$$

Пример по направлению 1-2:

$$\Delta x_{испр} = -123{,}12 + (-0{,}01) = -123{,}13 \text{ м},$$
$$\Delta y_{испр} = -288{,}23 + 0{,}00 = -288{,}23 \text{ м}.$$

Контроль

Суммы исправленных значений приращений координат должны равняться теоретическим суммам:

$$\sum \Delta x_{испр} = X_{кон} - X_{нач}; \qquad \sum \Delta y_{испр} = Y_{кон} - Y_{нач}.$$

1.1.4. Вычисление координат

По известным координатам начального пункта хода и исправленным приращениям координат последовательно вычисляют координаты всех пунктов, записывая полученные значения в столбцы 12, 13.

Координата последующей вершины хода равна координате предыдущей вершины плюс исправленное значение приращения координат для соответствующей стороны хода:

$$X_{i+1} = X_i + \Delta x_{испр.\ i,\ i+1}; \qquad Y_{i+1} = Y_i + \Delta y_{испр.\ i,\ i+1}.$$

Пример для станции 2:

$$X = 24910{,}65 + (-123{,}13) = 24787{,}52 \text{ м};$$
$$Y = 22631{,}06 + (-288{,}23) = 22342{,}83 \text{ м}.$$

Контроль

В конце вычислений должны получиться значения координат, равные значениям координат конечного пункта $X_{кон}$; $Y_{кон}$.

Таблица 2

Ведомость вычисления координат пунктов теодолитного хода (разомкнутого)

Номер вершины хода	Горизонт. углы (правые), β				Дирекционный угол, α		Румб, r			Горизонтальное проложение, S (м)	Приращения координат (м)				Координаты (м)		Номер вершины хода
	измеренный		исправленный								вычисленное		исправленное				
	°	′	°	′	°	′	назв.	°	′		Δx	Δy	Δx	Δy	X	Y	
1	2		3		4		5	6		7	8	9	10	11	12	13	14
ПП 32																	*ПП 32*
					257	*14,8*	*ЮЗ*	*77*	*15*								
1	*190*	*+ 0,1 22,5*	*190*	*22,6*											*+ 24910,65*	*+ 22631,06*	*1*
					246	*52,2*	*ЮЗ*	*66*	*52*	*313,42*	*– 0,01 – 123,12*	*0,00 – 288,23*	*– 123,13*	*– 288,23*			
2	*184*	*+ 0,1 41,8*	*184*	*41,9*											*+ 24787,52*	*+ 22342,83*	*2*
					242	*10,3*	*ЮЗ*	*62*	*10*	*357,89*	*– 0,01 – 167,07*	*– 0,01 – 316,50*	*– 167,08*	*– 316,51*			
3	*174*	*+ 0,1 48,6*	*174*	*48,7*											*+ 24620,44*	*+ 22026,32*	*3*
					247	*21,6*	*ЮЗ*	*67*	*22*	*527,02*	*– 0,03 – 202,87*	*– 0,03 – 486,41*	*– 202,90*	*– 486,44*			
4	*152*	*0,0 47,7*	*152*	*47,7*											*+ 24417,54*	*+ 21539,88*	*4*
					274	*33,9*	*СЗ*	*85*	*26*	*523,81*	*– 0,03 + 41,69*	*– 0,03 – 522,15*	*+ 41,66*	*– 522,18*			
5	*192*	*0,0 48,3*	*192*	*48,3*											*+ 24459,20*	*+ 21017,70*	*5*
					261	*45,6*	*ЮЗ*	*81*	*46*								
ПП 33																	*ПП 33*
∑ пр	*895*	*28,9*	*895*	*29,2*						*∑ пр* *1722,14*	*– 451,37*	*– 1613,29*	*– 451,45*	*– 1613,36*			
∑ теор	*895*	*29,2*								*∑ теор*	*– 451,45*	*– 1613,36*					
f		*– 0,3*								*f* *0,11*	*+ 0,08*	*+ 0,07*	$\frac{1}{15600} < \frac{1}{2000}$				
$f_{доп}$		*± 2,2*															

1.2. Вычислительная обработка замкнутого теодолитного хода

Целью вычислений является получение значений координат вершин теодолитного хода, являющихся плановым обоснованием теодолитной съемки.

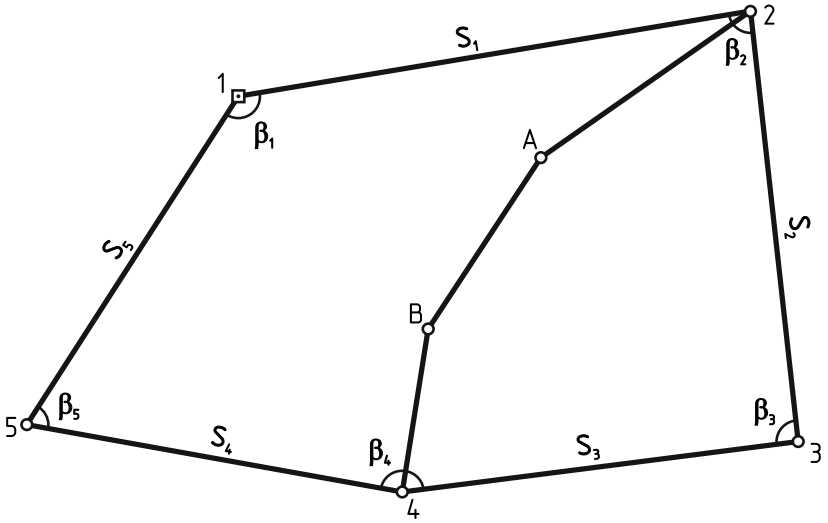


Рис. 3. Схема замкнутого теодолитного хода:
β_{1-5} – горизонтальные углы;
S_{1-5} – горизонтальные проложения сторон хода

Из журнала теодолитного хода (или по заданию, см. приложение 2) в ведомость координат (таблица 3) вписывают следующие данные:

- названия вершин углов – в столбцы 1 и 14;
- средние значения измеренных углов β, округлённых до десятых долей минут – в столбец 2 с указанием названий углов (левые или правые);
- значения дирекционного угла начального $\alpha_{нач}$ направления хода – в столбец 4;
- значения горизонтальных проложений S сторон хода – в столбец 7;
- значения координат $X_{нач}$; $Y_{нач}$ начального пункта хода – в столбцы 12 и 13. Точка 1 теодолитного хода является пунктом полигонометрии, включенным в теодолитный ход.

Порядок вычисления ведомости координат

1.2.1. Уравнивание углов

- Вычисляют сумму измеренных углов $\sum \beta_{изм}$ и записывают её как итог внизу ведомости.
- Вычисляют теоретическую сумму горизонтальных углов хода $\sum \beta_{теор}$ и записывают ниже $\sum \beta_{изм}$.

$$\sum \beta_{теор} = 180° \cdot (n - 2),$$

где n – число измеренных горизонтальных углов.

- Вычисляют угловую невязку f_β как разность суммы измеренных и теоретической суммы углов:

$$f_\beta = \sum \beta_{изм} - \sum \beta_{теор},$$

которую сравнивают с допустимой угловой невязкой:

$$f_{\beta(доп)} = \pm 2 \cdot t' \cdot \sqrt{n},$$

где t – точность отсчёта по горизонтальному кругу.

Контроль

Качество угловых измерений и правильность вычислений контролируют, вычисленная угловая невязка не должна превышать допустимую: $f_\beta \leq f_{\beta(доп)}$.

Если условие соблюдено, то производят уравнивание (увязку) угловых измерений; невязку распределяют введением поправок υ_i с обратным знаком в значения измеренных углов поровну, если длины сторон хода близки по значению. Если длины сторон значительно отличаются, то в углы с короткими сторонами вводят бóльшие поправки. Поправки, округленные до десятых долей минут, записывают над значениями горизонтальных углов.

Контроль

Во всех случаях должно быть соблюдено условие: $\sum \upsilon_i = -f_\beta$, т. е. сумма поправок должна равняться угловой невязке с обратным знаком.

Исправленные значения углов $\beta_{испр}$ (столбец 3) вычисляют как сумму значения измеренного угла и поправки с учётом знака:

$$\beta_{испр} = \beta_{изм} + \upsilon_i .$$

Контроль

Сумма исправленных углов должна быть равна теоретической сумме:

$$\sum \beta_{испр} = \sum \beta_{теор} .$$

1.2.2. Вычисление дирекционных углов и румбов

Для каждого направления вычисляют значение дирекционного угла и записывают в столбец 4.

Дирекционный угол последующего направления (стороны) равен дирекционному углу предыдущего направления плюс 180° минус исправленный угол между этими направлениями:

$$\alpha_i = \alpha_{i-1} + 180° - \beta_{испр\ i} .$$

Дирекционный угол какой-либо стороны должен быть в пределах от 0° до 360°, поэтому при вычислении, в случае необходимости, к нему прибавляют или от него отнимают 360°.

Контроль

Правильностью вычислений дирекционных углов является получение дирекционного угла начальной стороны хода, равного $\alpha_{нач}$.

При обработке теодолитных ходов в ряде случаев целесообразно дирекционные углы переводить в румбы (*r*) (рис. 2, таблица 1), значение которых округляют до целых минут.

Названия и значения румбов записывают в столбцы 5, 6.

1.2.3. Уравнивание приращений координат

Приращения координат вычисляют по формулам:

$\Delta x = S \cdot Cos\ \alpha$ или $\Delta x = S \cdot Cos\ r$;

$\Delta y = S \cdot Sin\ \alpha$ или $\Delta y = S \cdot Sin\ r$

с округлением до сотых долей метра и записывают в столбцы 8, 9. При расчёте значения функции угла, его переводят в десятичную систему (минуты делят на 60, результат прибавляют к градусам), а калькулятор – в режим работы "DEG".

Знаки приращений координат определяют в зависимости от знаков *Sin* α и *Cos* α или от названий румбов (таблица 1).

- Вычисляют суммы приращений координат $\sum\Delta x$ и $\sum\Delta y$ и записывают их как итог внизу ведомости (таблица 3).
- Теоретические суммы приращений координат $\sum\Delta x_{теор}$ и $\sum\Delta y_{теор}$ равны нулю, так как теодолитный ход является замкнутым.
- Вычисленные значения приращений координат алгебраически суммируют по каждой оси:

$$f_X = \sum\Delta x, \qquad f_Y = \sum\Delta y.$$

- Вычисляют абсолютную линейную невязку в приращениях координат хода: $f_S = \sqrt{f_X^{\,2} + f_Y^{\,2}}$.
- Вычисляют относительную линейную невязку: $\frac{f_S}{\sum S} = \frac{1}{N}$,

где $\sum S$ – длина хода.

В знаменателе пишут значение *N* с округлением до целых сотен.

Контроль

Допустимая относительная невязка должна быть не более 1/2000, то есть $N \geq 2000$ (при неблагоприятных условиях измерений длин линий на учебной геодезической практике и при сравнительно коротких сторонах хода допускается относительная невязка не более 1/1000, т. е. в 2 раза больше). Если полученная невязка больше допустимой, то проверяют правильность вычислений, а в худшем случае перемеряют длины сторон хода.

Таблица 3

Ведомость вычисления координат пунктов теодолитного хода (замкнутого)

Номер вершины хода	Горизонт. углы (правые), β				Дирекционный угол, α		Румб, r			Горизонтальное проложение, S (м)	Приращения координат (м)				Координаты (м)		Номер вершины хода
	измеренный		исправленный								вычисленное		исправленное				
	°	′	°	′	°	′	назв.	°	′		Δx	Δy	Δx	Δy	X	Y	
1	2		3		4		5	6		7	8	9	10	11	12	13	14
1															*+ 177,64*	*– 436,57*	*1*
	132	*+ 0,2 5,3*	*132*	*5,5*													
					80	*24,5*	*СВ*	*80*	*24*	*165,81*	*– 0,03 + 27,63*	*– 0,06 + 163,49*	*+ 27,60*	*+ 163,43*			
2															*+ 205,24*	*– 273,14*	*2*
	86	*+ 0,2 37,9*	*86*	*38,1*													
					173	*46,4*	*ЮВ*	*06*	*14*	*139,23*	*– 0,02 – 138,41*	*– 0,05 + 15,10*	*– 138,43*	*+ 15,05*			
3															*+ 66,81*	*– 258,09*	*3*
	91	*+ 0,3 4,2*	*91*	*4,5*													
					262	*41,9*	*ЮЗ*	*82*	*42*	*127,30*	*– 0,02 – 16,18*	*– 0,05 – 126,27*	*– 16,20*	*– 126,32*			
4															*+ 50,61*	*– 384,41*	*4*
	162	*+ 0,3 32,0*	*162*	*32,3*													
					280	*9,6*	*СЗ*	*79*	*50*	*121,28*	*– 0,02 + 21,39*	*– 0,05 – 119,38*	*+ 21,37*	*– 119,43*			
5															*+ 71,98*	*– 503,84*	*5*
	67	*+ 0,3 39,3*	*67*	*39,6*													
					32	*30*	*СВ*	*32*	*30*	*125,30*	*– 0,02 + 105,68*	*– 0,05 + 67,32*	*+ 105,66*	*+ 67,27*			
1															*+ 177,64*	*– 436,57*	*1*
	132	*5,3*	*132*	*5,5*													
					80	*24,5*	*СВ*	*80*	*24*								
2																	*2*
$\sum_{пр}$	*539*	*58,7*	*540*	*0,0*						$\sum_{пр}$ *678,92*	*+ 0,11*	*+ 0,26*	*0,00*	*0,00*			
$\sum_{теор}$	*540*	*0,0*								$\sum_{теор}$	*0,00*	*0,00*					
f		*– 1,3*								f *0,28*	*+ 0,11*	*+ 0,26*					
$f_{доп}$		*± 2,2*															

$$\frac{1}{2400} < \frac{1}{2000}$$

Невязки f_X и f_Y распределяют в виде поправок с обратными знаками между вычисленными приращениям координат пропорционально горизонтальным проложениям S_i сторон хода (чем длиннее сторона, тем больше вводимая поправка по абсолютной величине):

$$\upsilon_{Xi} = \frac{-f_X}{\sum S} \cdot S_i ; \qquad \upsilon_{Yi} = \frac{-f_Y}{\sum S} \cdot S_i ,$$

где i – порядковый номер стороны хода.

Поправки υ_{xi} и υ_{yi} вычисляют с округлением до 0,01 метра и записывают со знаком над соответствующим приращением координат в столбцы 8, 9.

Контроль

Сумма вводимых поправок должна равняться невязке с обратным знаком:

$$\sum \upsilon_X = -f_X ; \qquad \sum \upsilon_Y = -f_Y .$$

В результате введения поправок находят исправленные значения приращений координат, которые записывают в столбцы 10, 11:

$$\Delta x_{испр} = \Delta x_{выч} + \upsilon_X ; \qquad \Delta y_{испр} = \Delta y_{выч} + \upsilon_Y .$$

Контроль

Суммы исправленных значений приращений координат замкнутого теодолитного хода должны равняться нулю.

1.2.4. Вычисление координат

По известным координатам начального пункта хода и исправленным приращениям координат последовательно вычисляют координаты всех пунктов, записывая полученные значения в столбцы 12, 13.

Координата последующей вершины хода равна координате предыдущей вершины плюс исправленное значение приращения координат для соответствующей стороны хода:

$$X_{i+1} = X_i + \Delta x_{испр.\ i,\ i+1} ; \qquad Y_{i+1} = Y_i + \Delta y_{испр.\ i,\ i+1} .$$

Контроль

В конце вычислений должны получиться значения координат начального пункта хода.

1.2.5. Особенности вычисления диагонального хода

Теодолитный ход увязывают в том же порядке и по тем же формулам, что и полигон, но в столбец 1 таблицы 3 вписывают вершины хода, начиная с точек исходной линии (в нашем примере 1-2) и заканчивая точками исходной линии в конце хода (в нашем примере 4-3). В столбец 2 вписывают правые или левые по ходу измеренные горизонтальные углы против точек 2; А; В; 4,

начиная с примычных углов и заканчивая примычными углами в точках 2 и 4. В столбец 4 вписывают дирекционные углы сторон 1-2 и 3-4, взятые из ведомости координат полигона, причём для линии 3-4 берут обратный дирекционный угол. В столбцы 12 и 13 вписывают исходные координаты точек 1 и 4.

1.3. Построение плана теодолитной съёмки

Исходными данными для построения плана теодолитной съёмки являются:

- схема теодолитного хода (рис. 1 или рис. 2);
- вычисленные на 1 этапе координаты вершин теодолитного хода;
- абрис теодолитной съёмки с нанесёнными на нем результатами измерений на местности.

Последовательность работы при построении плана теодолитной съёмки:

1. Составление вспомогательной схемы;
2. На листе чертёжной бумаги строят сетку координат. Размер листа и масштаб указан в задании (рис. 5);
3. Подписывают сетку координат (рис. 6);
4. Наносят на план вершины теодолитного хода по координатам "X" и "Y";
5. Строят ситуацию по данным с абриса (см. приложение 3, номер абриса дан в задании, абрис строят по стороне с подчёркнутым значением расстояния);
6. Выполняют зарамочное оформление плана.

Составление вспомогательной схемы. До построения плана составляют вспомогательную схему хода в координатных осях (рис. 4) на листе бумаги "в клетку".

Схема нужна для определения оптимального расположения хода на листе чертежной бумаги: строят сетку квадратов произвольного размера, линии сетки подписывают значениями прямоугольных координат, выраженными в километрах и кратными 0,5 км для масштаба 1:5000 (0,2 км для масштаба 1:2000; 0,1 км для масштаба 1:1000; 50 м для масштаба 1:500). Точки теодолитного хода по координатам приближенно наносят на схему и соединяют их ломаной линией. Направления линий между соседними точками сравнивают с румбами.

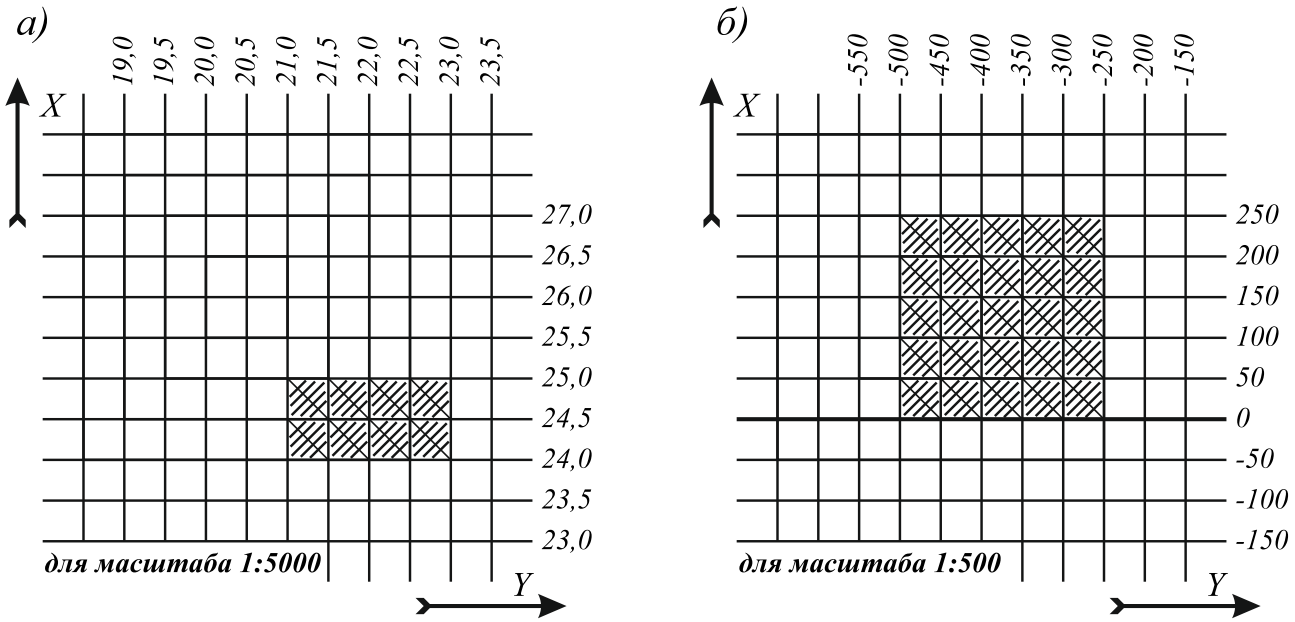


Рис. 4. Положение листа плана в системе прямоугольных координат: а) для разомкнутого хода, б) для замкнутого хода

Построение сетки координат (рис. 5). Так как размер плана должен быть ограниченным, то строить сетку необходимо при помощи миллиметровой линейки и измерителя. При этом предлагается следующий порядок работы:

- на листе чертёжной бумаги проводят диагонали;
- от точки пересечения диагоналей откладывают равные отрезки измерителем или миллиметровой линейкой. Получают точки 1, 2, 3, 4;
- полученные точки соединяют линиями 1-2, 2-3, 3-4, 4-1 и получают прямоугольник;
- стороны прямоугольника делят пополам, получают точки "А, Б, В, Г".

Соединяют противоположные точки линиями "А-В", "Б-Г". Получают две взаимно перпендикулярные линии. Это основа построения координатной сетки;

- если требуется построить сетку из 4 квадратов, то от точек "А" и "В" по линии 1-2 и 3-4 строят отрезки по 100 мм в обе стороны и получают точки 5, 6 и 7, 8; проводят линии 5-8 и 6-7;
- на линиях 5-8 и 6-7 от точек пересечения их с линией "Б-Г" строят также отрезки по 100 мм в обе стороны и получают точки "а, б, в, г". Соединив точки "а" с "б" и "в" с "г", получают сетку из 4 квадратов со сторонами по 100 мм.

Положение координатной сетки относительно прямоугольника 1-2-3-4 может быть различным, важно уложить теодолитный ход на выбранный лист бумаги.

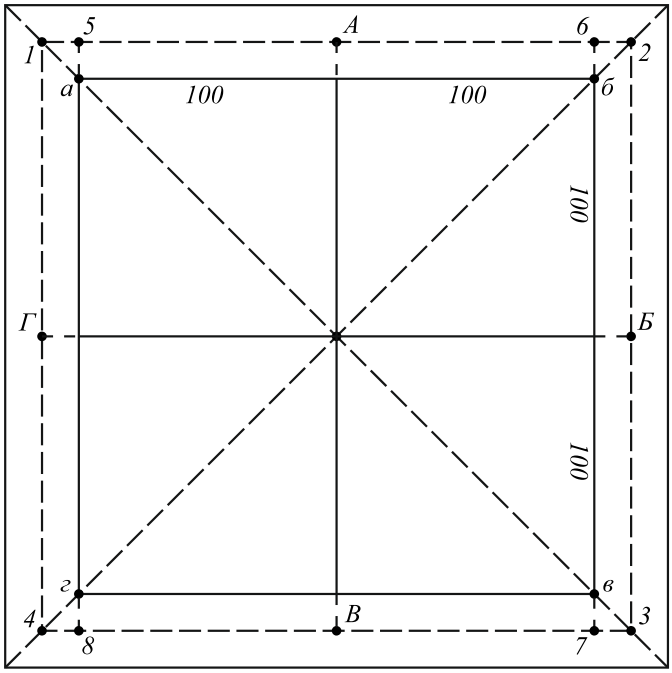


Рис. 5. Построение сетки координат

Контроль построения: измерителем проверяют диагонали квадратов: они должны быть равны между собой. Ошибка построений не должна превышать 2 мм.

При построении координатной сетки из 8 квадратов от линии "А-В" по сторонам 1-2 и 3-4 строят в обе стороны отрезки по 100 и 200 мм и по полученным крайним линиям от линии "Б-Г" строят также отрезки по 100 мм. Остальные построения аналогичны.

Подписывание сетки координат. При оформлении плана положительное направление оси "X" необходимо принять от нижней границы листа к верхней, а положительное направление оси "Y" – слева направо (рис. 6). Сетку координат полностью не прочерчивают, а обозначают лишь пересечение координатных линий крестиками 6×6 мм. Перекрестия сетки подписывают значениями прямоугольных координат, выраженными в километрах и кратными 0,5 км для масштаба 1:5000 (0,2 км для масштаба 1:2000; 0,1 км для масштаба 1:1000; 50 м для масштаба 1:500).

Нанесение вершин теодолитного хода на план по координатам. Нанесение точек хода на план выполняют с помощью циркуля-измерителя и масштабной линейки. Предположим, требуется нанести точку *2* с координатами: *2 (X;Y), м = (24787,52 ; 22342,83)*. *Сначала выясняют, в каком из квадратов координатной сетки (рис. 6) должна лежать эта точка: по направлению оси X точка должна находиться между линиями сетки с абсциссами 24,5 и 25,0 км, а по направлению оси Y точка располагается*

между линиями сетки с ординатами 22,0 и 22,5 км.

Далее вычисляют расстояния, которые нужно отложить от сторон квадрата для нанесения точки (рис. 6). Например, по оси X от стороны с абсциссой 24,5 км (т. е. 24500 м) расстояние будет равно разности координат нашей вершины и координат соответствующей (нижней) стороны квадрата:

$$24787{,}52 - 24500 = 287{,}52 \text{ м.}$$

Построение точек по координатам должно выполняться при помощи измерителя и поперечного масштаба.

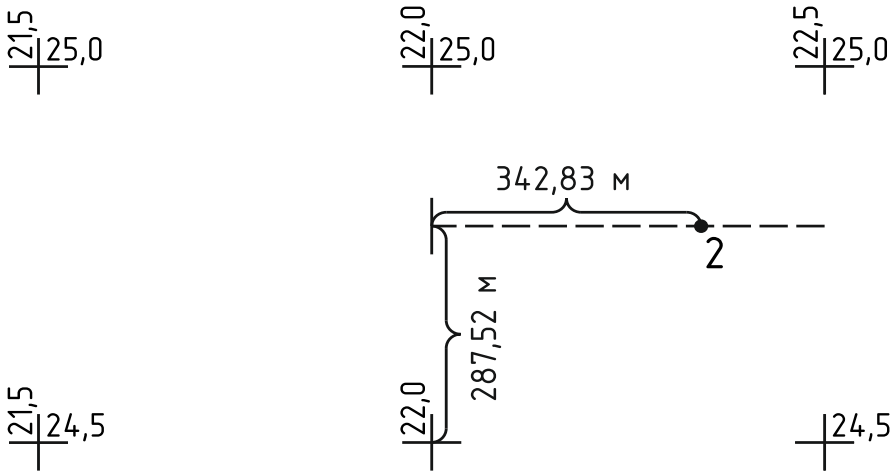


Рис. 6. Оформление плана теодолитной съемки

После построения всех точек теодолитного хода выполняют *контроль построения*:

а) измеренные расстояния между вершинами хода должны быть равны горизонтальным проложениям (таблица 2, столбец 7). Отклонения допускаются не более 0,2 мм плана;

б) при помощи геодезического транспортира определить значения измеренных и дирекционных углов сторон теодолитного хода и сравнить полученные значения с имеющимися данными (таблица 2, столбцы 3 и 4).

Нанесение ситуации местности на план по абрису. Контуры предметов снимаемого участка, составляющие ситуацию местности, накладывают на план после того, как все точки теодолитного хода наложены по их координатам и проверена правильность такой накладки. При этом сначала накладывают такие контуры, которые снимались непосредственно с теодолитного хода. Для накладки точек, снятых на местности способом координат, пользуются линейками и треугольниками, а соответствующие отрезки откладывают циркулем-измерителем по масштабу плана. Для накладки точек по углам и расстояниям пользуются транспортиром. Во всех случаях при накладке подробностей местности (дорог, строений, болот и т. д.) следует строго руководствоваться всеми записями и пометками, сделанными в абрисе при съёмке того или иного контура.

Вычерчивают план соответствующими условными знаками [5] сначала в карандаше, а после его проверки обводят тушью или гелевой ручкой. Начинают с надписей на плане, потом вычерчивают опорные пункты; при этом центр условного знака должен совпадать с действительным местоположением этого пункта на плане. После этого вычерчивают условные знаки населённых мест, затем отдельных местных предметов и путей сообщения с путевыми сооружениями. Далее наносят границы водных пространств и вычерчивают условные знаки отдельных угодий и границ.

Надписи на плане, которые следует выполнять нормальным шрифтом, необходимо располагать горизонтально, за исключением названий рек, ручьёв, дорог.

Зарамочное оформление плана. Его выполняют по заданию преподавателя в одном из двух вариантов (рис. 7 или рис. 8).

Вариант 1: материалы подписывают основной надписью, располагаемой в правом нижнем углу рамки графического документа. Рамка выполняется с отступами: от левого края листа – 20 мм, от верхнего, правого и нижнего края – по 5 мм.

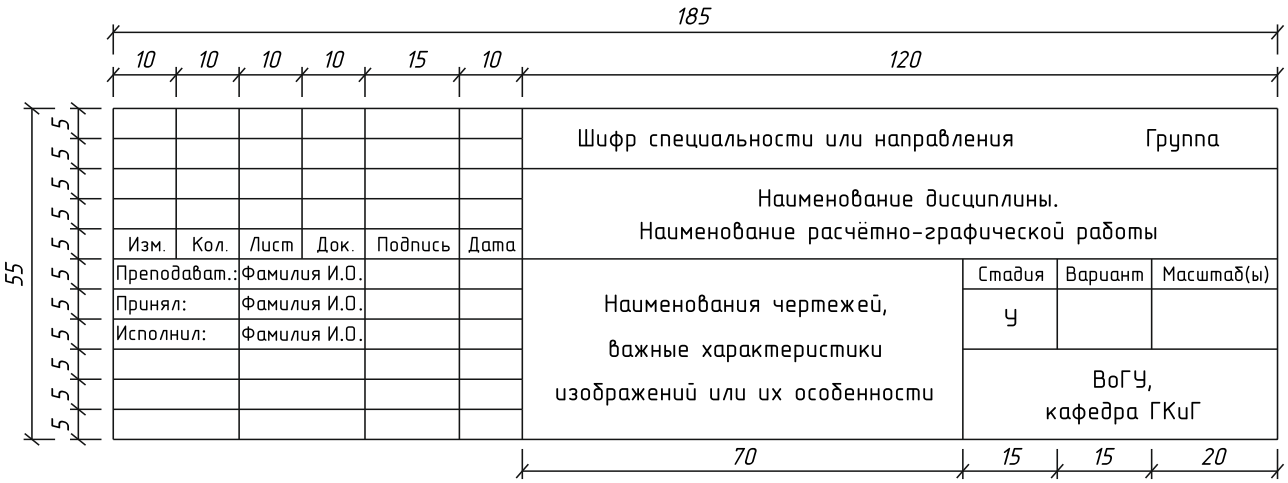


Рис. 7. Основная надпись

Содержание, расположение и размеры надписей должны соответствовать приведенному примеру (рис. 7).

Вариант 2: зарамочное оформление плана в данном случае отличается от производственного и показано на рис. 8. При вычерчивании внутренней рамки следует стремиться к тому, чтобы линия рамки совпадала со сторонами квадрата координатной сетки или была смещена на половину квадрата. Затем вычерчивают внешнюю оформительскую рамку (толщина линий 1,2 мм) (рис. 8, выноска справа). В междурамочном пространстве (12,8 мм) проводят чёрной тушью отрезки координатных линий. Координаты "X" рекомендуется подписывать на 1 мм выше горизонтальных линий сетки, а координаты "Y" –

на 1 мм ниже (вверху рамки) и на 1 мм выше (внизу рамки) внешней оформительской рамки. Высота цифр – 3 мм.

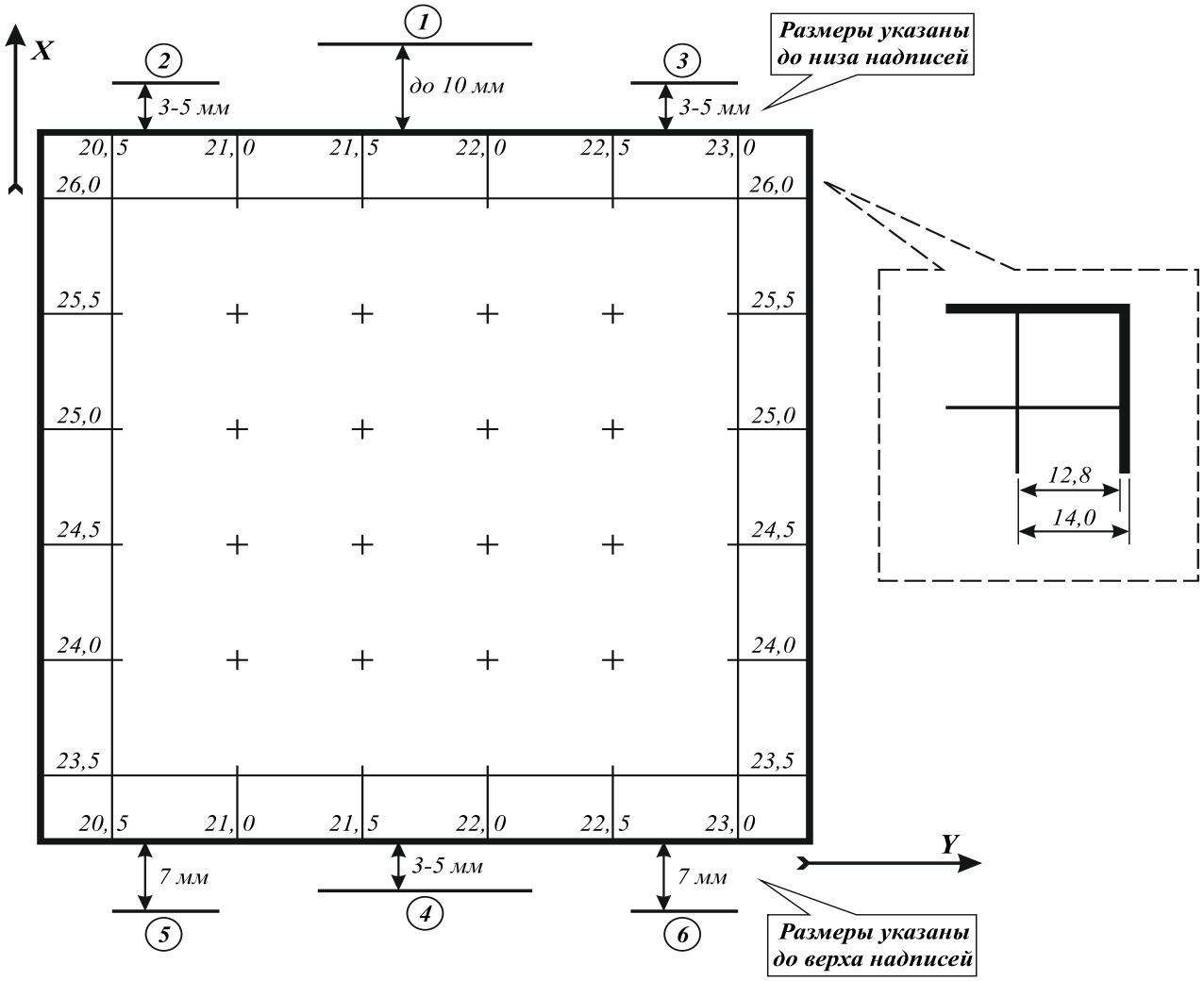


Рис. 8. Зарамочное оформление плана (для масштаба 1:5000)

Состав надписей за рамкой плана:

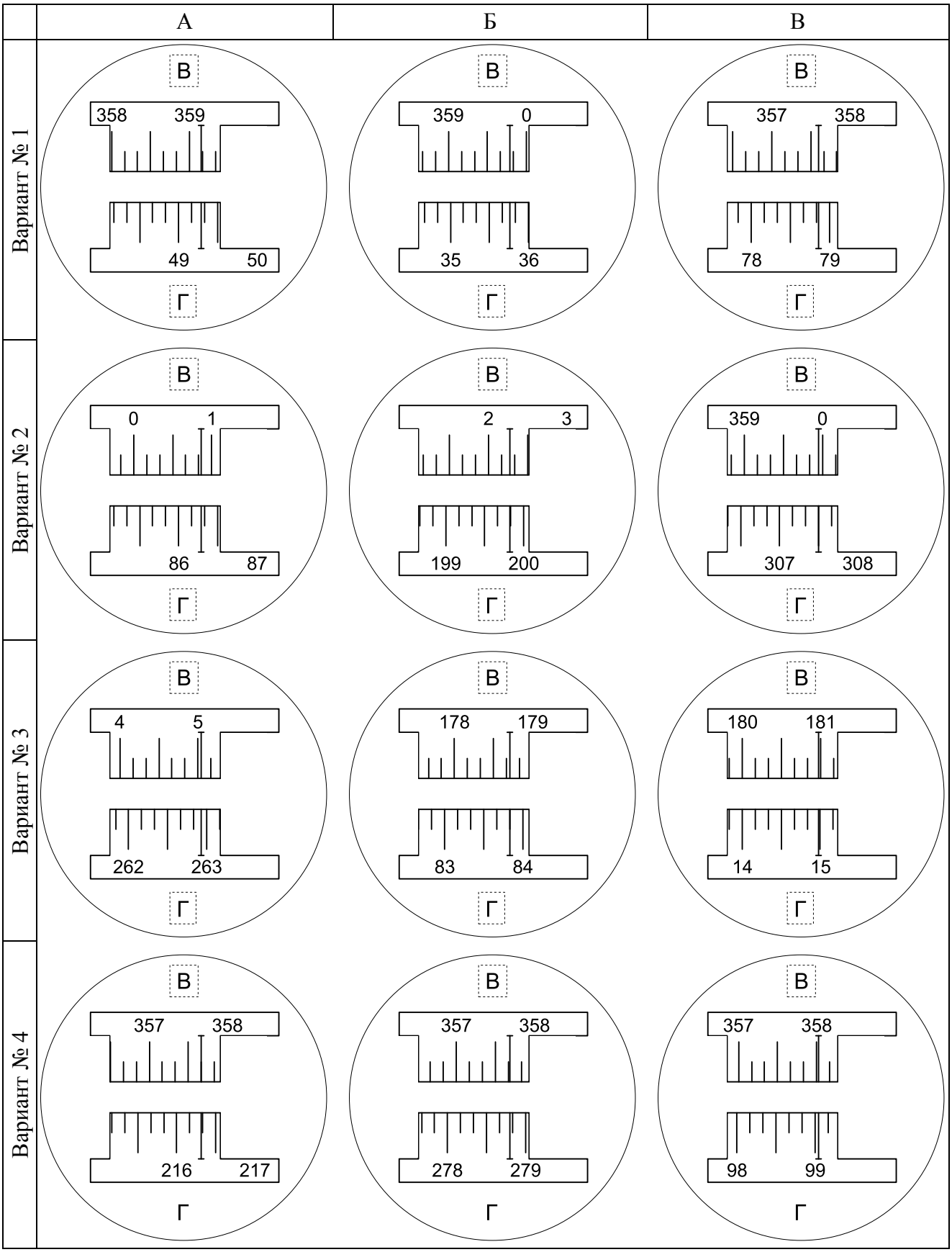
(1) – *ВоГУ, кафедра ГКиГ;*
(2) – *г. Вологда;*
(3) – *Учебный полигон;*
(4) – *М 1:5000;*
(5) – *Выполнил: Иванов С. С., группа СП – 11,*
Проверил: ст. преподаватель Иванов И. И.;
(6) – *Теодолитная съёмка, ____ год.*

Примечание:

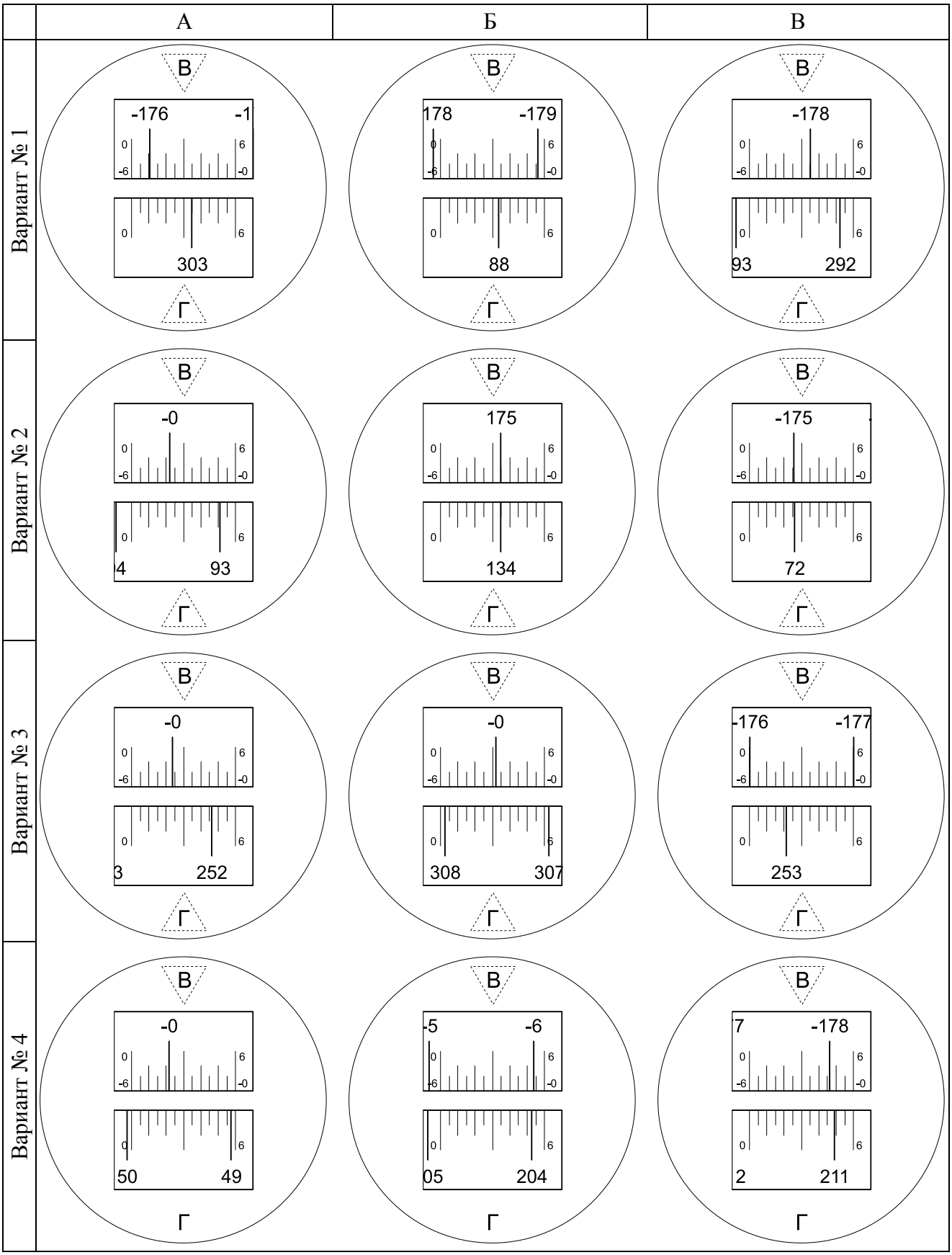
- текст должен быть в границах внутренней рамки плана;
- необходимо выдерживать интервалы между надписями зарамочного оформления;
- максимальная высота шрифта 3,5-4 мм.

2. Контрольные вопросы

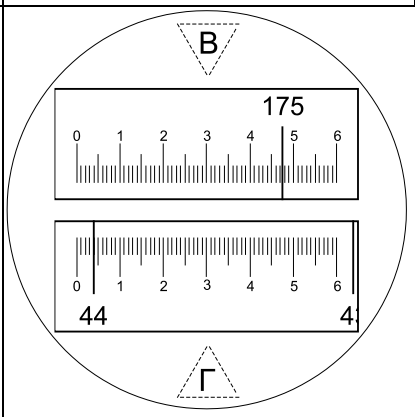
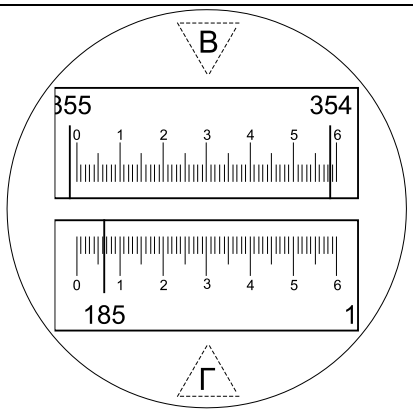
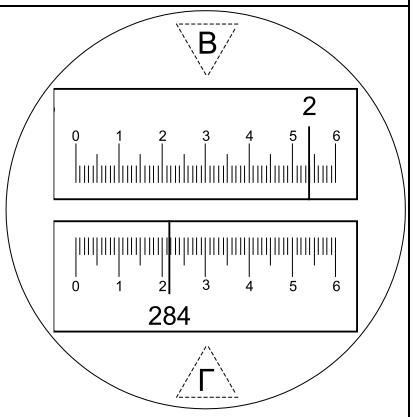
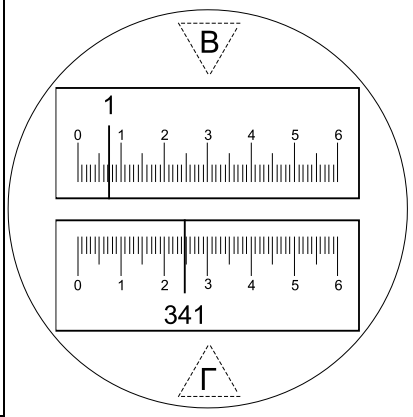
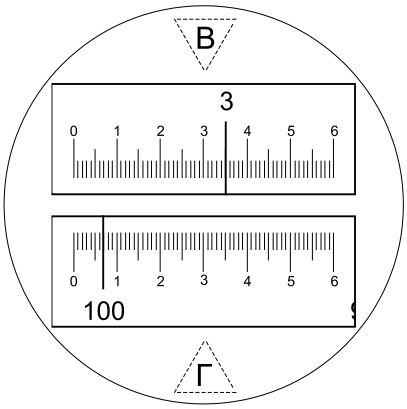
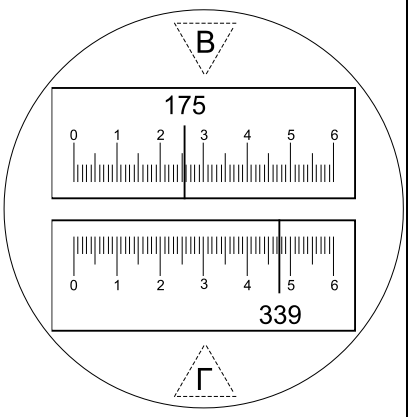
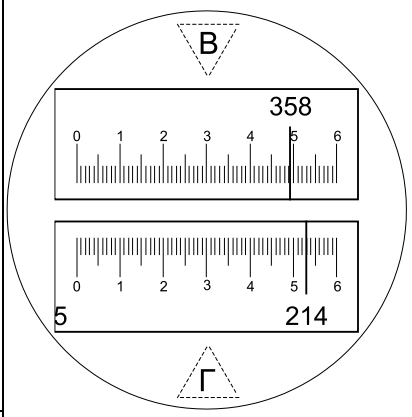
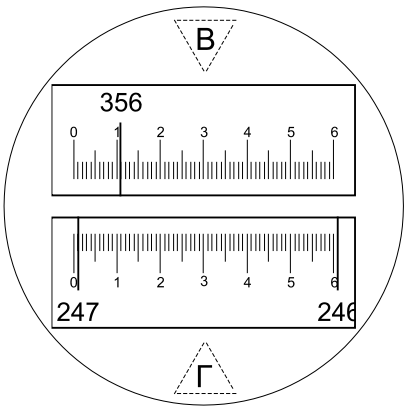
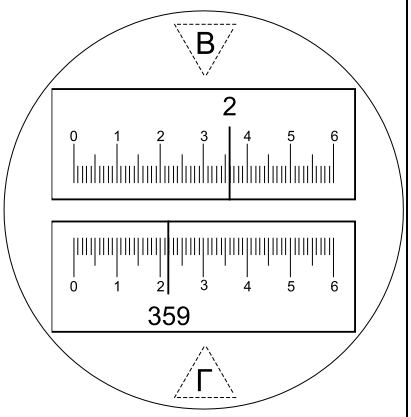
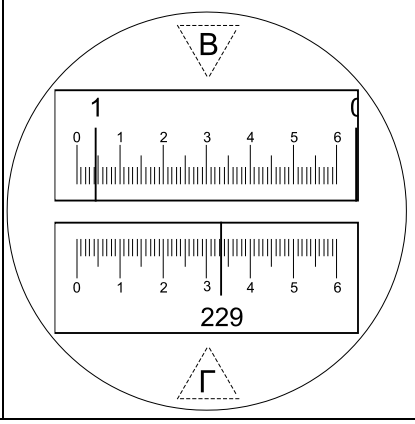
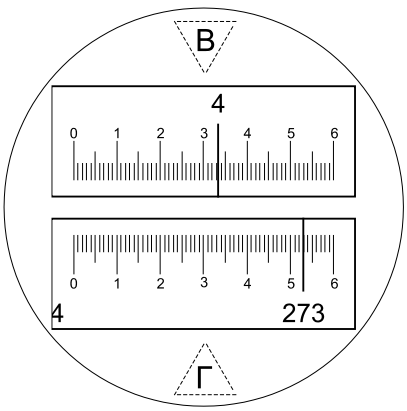
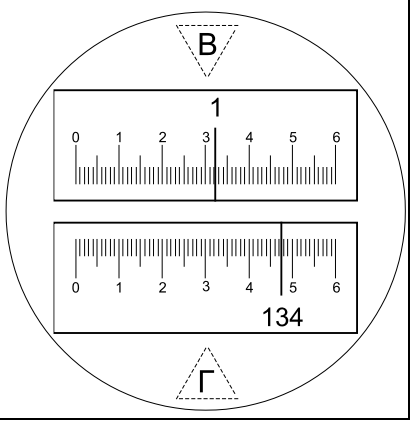
1. Какие основные измерения выполняются на местности при создании теодолитных ходов?
2. Назовите виды теодолитных ходов.
3. Измерение углов в теодолитных ходах выполняется с точностью 2t, определите точность измерения для теодолитов 2Т30 и Т15.
4. Какой величиной определяется точность измерения линий в теодолитных ходах?
5. Перечислите полевые документы при теодолитной съемке.
6. Что такое абрис и для чего он нужен?
7. Какие способы съёмки ситуации Вы знаете?
8. Как называется полевой документ, где изображают ситуацию на участке съемки?
9. Какие исходные данные необходимы для вычисления прямоугольных координат точек теодолитного хода?
10. Назовите формулу вычисления теоретической суммы углов:
    - для замкнутого теодолитного хода;
    - для разомкнутого теодолитного хода.
11. Как определить допустимую угловую невязку теодолитного хода?
12. В чем заключается контроль при вычислении дирекционных углов в ведомости прямоугольных координат?
13. По какой формуле вычисляют дирекционный угол последующей стороны для правоизмеренных горизонтальных углов?
14. Напишите формулы перехода от дирекционных углов к румбам.
15. Напишите формулы, по которым вычисляют приращения координат.
16. Как определить знаки приращений координат?
17. Как определить правильность вычисления приращений координат?
18. Каково общее правило распределения поправок в приращениях координат?
19. Что является контролем при вычислении координат точек теодолитного хода?
20. Какова допустимая невязка при вычислении приращений координат точек теодолитного хода?
21. Как вычисляют относительную невязку в приращениях координат точек теодолитного хода?
22. В чём состоит особенность вычисления прямоугольных координат для диагонального хода?
23. По каким данным выполняем контроль построения точек теодолитного хода на плане?
24. Снимите отсчёты по микроскопу теодолита Т30 (даны $4 \times 3 = 12$ вариантов заданий, представленных в таблице ниже).



25. Снимите отсчёты по микроскопу теодолита 2Т30 (даны 4×3 = 12 вариантов заданий, представленных в таблице ниже).


А
Б
В
Вариант № 1
Вариант № 2
Вариант № 3
Вариант № 4
В
Г
-176
-1
303
178
-179
88
-178
93
292
-0
4
93
175
134
-175
72
-0
3
252
-0
308
307
-176
-177
253
-0
50
49
-5
-6
05
204
7
-178
2
211

26. Снимите отсчёты по микроскопу теодолита Т15 (даны 4×3 = 12 вариантов заданий, представленных в таблице ниже).

	А	Б	В
Вариант № 1			
Вариант № 2			
Вариант № 3			
Вариант № 4			

Приложение 1. Варианты заданий (разомкнутый ход)

Вариант № 1; Абрис № 5

№ ст.	Измер. гориз. угол °	′	Расст. (м)
1	169	24,2	
			145,05
2	201	12,4	
			137,46
3	158	0,6	
			153,15
4	151	21,4	
			125,30
5	186	6,1	

Измерен. гориз. углы: левые

Дирек. угол ПП32→1 = 267° 42,0′

Дирек. угол 5→ПП33 = 233° 47,6′

Ст. 1 (X;Y), м = (5443,83 ; 5451,53)

Ст. 5 (X;Y), м = (5310,67 ; 4932,47)

Вариант № 2; Абрис № 3

№ ст.	Измер. гориз. угол °	′	Расст. (м)
1	171	6,5	
			137,58
2	154	58,3	
			150,67
3	204	19,7	
			127,30
4	150	30,3	
			143,66
5	189	3,3	

Измерен. гориз. углы: правые

Дирек. угол ПП32→1 = 265° 01,1′

Дирек. угол 5→ПП33 = 295° 01,6′

Ст. 1 (X;Y), м = (4834,47 ; 5627,03)

Ст. 5 (X;Y), м = (5007,68 ; 5112,14)

Вариант № 3; Абрис № 4

№ ст.	Измер. гориз. угол °	′	Расст. (м)
1	171	15,1	
			145,18
2	156	44,3	
			155,26
3	206	37,9	
			143,25
4	207	17,5	
			121,28
5	170	27,3	

Измерен. гориз. углы: правые

Дирек. угол ПП32→1 = 272° 56,2′

Дирек. угол 5→ПП33 = 260° 33,0′

Ст. 1 (X;Y), м = (5453,91 ; 6847,13)

Ст. 5 (X;Y), м = (5553,59 ; 6321,40)

Вариант № 4; Абрис № 1

№ ст.	Измер. гориз. угол °	′	Расст. (м)
1	170	50,9	
			165,81
2	154	39,0	
			143,99
3	202	22,9	
			151,90
4	153	43,2	
			139,43
5	186	39,4	

Измерен. гориз. углы: левые

Дирек. угол ПП32→1 = 270° 47,2′

Дирек. угол 5→ПП33 = 239° 01,9′

Ст. 1 (X;Y), м = (5015,15 ; 6912,37)

Ст. 5 (X;Y), м = (4796,17 ; 6368,96)

Вариант № 5; Абрис № 2

№ ст.	Измер. гориз. угол °	′	Расст. (м)
1	172	51,9	
			135,44
2	207	38,5	
			139,23
3	151	22,9	
			146,06
4	203	35,9	
			146,18
5	172	20,8	

Измерен. гориз. углы: левые

Дирек. угол ПП32→1 = 274° 41,8′

Дирек. угол 5→ПП33 = 282° 29,9′

Ст. 1 (X;Y), м = (4983,38 ; 6859,35)

Ст. 5 (X;Y), м = (5078,38 ; 6314,88)

Вариант № 6; Абрис № 1

№ ст.	Измер. гориз. угол °	′	Расст. (м)
1	169	21,9	
			165,81
2	201	27,1	
			147,89
3	152	50,6	
			152,24
4	200	9,0	
			149,79
5	173	44,2	

Измерен. гориз. углы: левые

Дирек. угол ПП32→1 = 269° 15,3′

Дирек. угол 5→ПП33 = 266° 46,5′

Ст. 1 (X;Y), м = (5902,60 ; 6310,45)

Ст. 5 (X;Y), м = (5858,80 ; 5707,38)

Вариант № 7; Абрис № 2

№ ст.	Измер. гориз. угол °	′	Расст. (м)
1	187	32,7	
			149,58
2	204	36,5	
			139,23
3	151	37,1	
			158,93
4	152	43,4	
			161,60
5	185	17,9	

Измерен. гориз. углы: правые

Дирек. угол ПП32→1 = 273° 40,0′

Дирек. угол 5→ПП33 = 291° 52,2′

Ст. 1 (X;Y), м = (5757,92 ; 6625,10)

Ст. 5 (X;Y), м = (5754,74 ; 6050,55)

Вариант № 8; Абрис № 3

№ ст.	Измер. гориз. угол °	′	Расст. (м)
1	186	37,9	
			165,16
2	209	13,0	
			141,97
3	155	34,9	
			127,30
4	150	13,2	
			159,04
5	185	7,2	

Измерен. гориз. углы: левые

Дирек. угол ПП32→1 = 266° 04,1′

Дирек. угол 5→ПП33 = 252° 50,1′

Ст. 1 (X;Y), м = (5562,71 ; 5663,10)

Ст. 5 (X;Y), м = (5601,68 ; 5104,16)

Вариант № 9; Абрис № 2

№ ст.	Измер. гориз. угол °	′	Расст. (м)
1	188	34,4	
			141,85
2	158	40,4	
			139,23
3	201	15,4	
			142,76
4	207	59,5	
			140,37
5	170	59,0	

Измерен. гориз. углы: правые

Дирек. угол ПП32→1 = 275° 10,4′

Дирек. угол 5→ПП33 = 247° 43,0′

Ст. 1 (X;Y), м = (5606,23 ; 6295,83)

Ст. 5 (X;Y), м = (5559,36 ; 5759,16)

Вариант № 10; Абрис № 1

№ ст.	Измер. гориз. угол °	′	Расст. (м)
1	190	10,5	
			165,81
2	157	34,0	
			138,97
3	206	52,5	
			161,87
4	153	0,2	
			152,60
5	186	13,5	

Измерен. гориз. углы: правые

Дирек. угол ПП32→1 = 269° 41,3′

Дирек. угол 5→ПП33 = 275° 50,5′

Ст. 1 (X;Y), м = (5397,93 ; 6810,40)

Ст. 5 (X;Y), м = (5386,65 ; 6205,60)

Вариант № 11; Абрис № 2

№ ст.	Измер. гориз. угол °	′	Расст. (м)
1	171	12,4	
			159,51
2	203	45,1	
			139,23
3	153	4,7	
			165,23
4	208	2,8	
			153,86
5	174	35,1	

Измерен. гориз. углы: правые

Дирек. угол ПП32→1 = 275° 15,1′

Дирек. угол 5→ПП33 = 264° 33,6′

Ст. 1 (X;Y), м = (4396,78 ; 5651,41)

Ст. 5 (X;Y), м = (4431,68 ; 5050,57)

Вариант № 12; Абрис № 3

№ ст.	Измер. гориз. угол °	′	Расст. (м)
1	187	28,6	
			162,94
2	207	13,4	
			157,88
3	157	14,5	
			127,30
4	203	24,7	
			156,52
5	174	4,0	

Измерен. гориз. углы: левые

Дирек. угол ПП32→1 = 266° 25,3′

Дирек. угол 5→ПП33 = 295° 52,1′

Ст. 1 (X;Y), м = (5837,87 ; 5268,47)

Ст. 5 (X;Y), м = (6031,44 ; 4711,98)

Вариант № 13; Абрис № 1

№ ст.	Измер. гориз. угол °	′	Расст. (м)
1	187	47,1	
			165,81
2	157	1,6	
			160,42
3	204	22,9	
			164,71
4	150	58,2	
			163,71
5	187	24,2	

Измерен. гориз. углы: правые

Дирек. угол ПП32→1 = 275° 09,2′

Дирек. угол 5→ПП33 = 287° 35,3′

Ст. 1 (X;Y), м = (4628,56 ; 6890,08)

Ст. 5 (X;Y), м = (4734,13 ; 6261,17)

Вариант № 14; Абрис № 5

№ ст.	Измер. гориз. угол °	′	Расст. (м)
1	171	51,1	
			144,91
2	152	6,6	
			143,73
3	206	34,1	
			135,54
4	152	41,3	
			125,30
5	187	45,0	

Измерен. гориз. углы: правые

Дирек. угол ПП32→1 = 275° 06,4′

Дирек. угол 5→ПП33 = 304° 06,8′

Ст. 1 (X;Y), м = (5361,93 ; 6528,34)

Ст. 5 (X;Y), м = (5607,48 ; 6054,40)

Вариант № 15; Абрис № 4

№ ст.	Измер. гориз. угол °	′	Расст. (м)
1	172	7,7	
			154,29
2	158	29,4	
			142,24
3	208	51,4	
			143,88
4	201	18,5	
			121,28
5	175	20,7	

Измерен. гориз. углы: правые

Дирек. угол ПП32→1 = 275° 46,5′

Дирек. угол 5→ПП33 = 259° 37,3′

Ст. 1 (X;Y), м = (5811,15 ; 6015,67)

Ст. 5 (X;Y), м = (5913,83 ; 5489,17)

Вариант № 16; Абрис № 2

№ ст.	Измер. гориз. угол °	′	Расст. (м)
1	190	40,6	
			138,94
2	210	29,2	
			139,23
3	159	49,6	
			161,53
4	206	8,7	
			149,81
5	173	39,8	

Измерен. гориз. углы: правые

Дирек. угол ПП32→1 = 268° 33,0′

Дирек. угол 5→ПП33 = 227° 44,8′

Ст. 1 (X;Y), м = (4339,09 ; 6235,12)

Ст. 5 (X;Y), м = (4041,35 ; 5748,50)

Вариант № 17; Абрис № 5

№ ст.	Измер. гориз. угол °	′	Расст. (м)
1	188	34,4	
			144,22
2	205	25,4	
			165,66
3	159	19,7	
			139,88
4	156	11,8	
			125,30
5	185	16,1	

Измерен. гориз. углы: левые

Дирек. угол ПП32→1 = 273° 14,4′

Дирек. угол 5→ПП33 = 268° 01,8′

Ст. 1 (X;Y), м = (4493,70 ; 5413,35)

Ст. 5 (X;Y), м = (4647,70 ; 4882,09)

Вариант № 18; Абрис № 1

№ ст.	Измер. гориз. угол °	′	Расст. (м)
1	189	59,2	
			165,81
2	156	39,1	
			156,85
3	200	28,0	
			141,90
4	207	2,1	
			155,61
5	172	25,5	

Измерен. гориз. углы: правые

Дирек. угол ПП32→1 = 268° 32,2′

Дирек. угол 5→ПП33 = 241° 59,1′

Ст. 1 (X;Y), м = (5017,74 ; 5643,05)

Ст. 5 (X;Y), м = (4905,26 ; 5060,29)

Приложение 2. Варианты заданий (замкнутый ход)

Вариант № 1; Абрис № 4

№ ст.	Измер. гориз. угол °	′	Расст. (м)
1	88	11,2	
			142,40
2	116	36,8	
			160,76
3	115	26,1	
			150,67
4	108	59,5	
			121,28
5	110	46,0	
			223,09
1	88	11,2	

Дирек. угол 1→2 = 208° 21,7′
Ст.1 (X;Y), м = (621,48 ; -341,93)

Вариант № 2; Абрис № 5

№ ст.	Измер. гориз. угол °	′	Расст. (м)
1	83	26,2	
			147,17
2	120	27,2	
			163,06
3	107	53,5	
			143,84
4	105	8,0	
			125,30
5	123	4,8	
			193,59
1	83	26,2	

Дирек. угол 1→2 = 236° 27,8′
Ст.1 (X;Y), м = (656,90 ; 646,83)

Вариант № 3; Абрис № 1

№ ст.	Измер. гориз. угол °	′	Расст. (м)
1	94	17,3	
			165,81
2	110	40,8	
			163,43
3	114	16,9	
			157,95
4	101	11,6	
			150,85
5	119	33,0	
			181,19
1	94	17,3	

Дирек. угол 1→2 = 160° 42,7′
Ст.1 (X;Y), м = (486,04 ; 793,48)

Вариант № 4; Абрис № 3

№ ст.	Измер. гориз. угол °	′	Расст. (м)
1	92	24,4	
			145,55
2	120	13,1	
			137,32
3	114	12,0	
			127,30
4	118	8,3	
			150,39
5	95	1,9	
			202,99
1	92	24,4	

Дирек. угол 1→2 = 201° 12,4′
Ст.1 (X;Y), м = (-507,81 ; -384,90)

Вариант № 5; Абрис № 1

№ ст.	Измер. гориз. угол °	′	Расст. (м)
1	113	20,6	
			165,81
2	100	39,8	
			158,21
3	117	38,7	
			165,42
4	109	28,7	
			164,16
5	98	51,9	
			185,8
1	113	20,6	

Дирек. угол 1→2 = 329° 11,1′
Ст.1 (X;Y), м = (359,16 ; -589,82)

Вариант № 6; Абрис № 2

№ ст.	Измер. гориз. угол °	′	Расст. (м)
1	91	49,6	
			162,88
2	117	29,4	
			139,23
3	120	20,6	
			135,61
4	109	18,5	
			165,52
5	101	2,5	
			201,79
1	91	49,6	

Дирек. угол 1→2 = 122° 45,7′
Ст.1 (X;Y), м = (-540,20 ; -575,07)

Вариант № 7; Абрис № 3

№ ст.	Измер. гориз. угол °	′	Расст. (м)
1	119	49,9	
			135,39
2	104	47,9	
			144,62
3	109	10,8	
			127,30
4	112	23,5	
			163,25
5	93	47,8	
			139,1
1	119	49,9	

Дирек. угол 1→2 = 126° 45,4′
Ст.1 (X;Y), м = (-715,02 ; 663,51)

Вариант № 8; Абрис № 2

№ ст.	Измер. гориз. угол °	′	Расст. (м)
1	87	13,8	
			160,27
2	119	5,3	
			139,23
3	106	30,6	
			145,46
4	100	13,4	
			144,09
5	126	56,4	
			144,59
1	87	13,8	

Дирек. угол 1→2 = 298° 46,7′
Ст.1 (X;Y), м = (766,60 ; 293,16)

Вариант № 9; Абрис № 2

№ ст.	Измер. гориз. угол °	′	Расст. (м)
1	96	46,5	
			148,18
2	110	33,4	
			139,23
3	119	54,1	
			141,78
4	109	5,9	
			138,30
5	103	39,4	
			192,64
1	96	46,5	

Дирек. угол 1→2 = 307° 27,0′
Ст.1 (X;Y), м = (-767,66 ; -95,28)

Вариант № 10; Абрис № 3

№ ст.	Измер. гориз. угол °	′	Расст. (м)
1	102	40,6	
			148,46
2	105	8,8	
			164,55
3	115	29,6	
			127,30
4	114	12,0	
			149,09
5	102	29,4	
			183,04
1	102	40,6	

Дирек. угол 1→2 = 261° 54,7′
Ст.1 (X;Y), м = (-681,87 ; -441,20)

Вариант № 11; Абрис № 1

№ ст.	Измер. гориз. угол °	′	Расст. (м)
1	116	58,0	
			165,81
2	100	47,6	
			162,37
3	106	3,5	
			159,49
4	106	42,9	
			162,32
5	109	28,3	
			127,65
1	116	58,0	

Дирек. угол 1→2 = 66° 51,2′
Ст.1 (X;Y), м = (-649,57 ; -750,83)

Вариант № 12; Абрис № 5

№ ст.	Измер. гориз. угол °	′	Расст. (м)
1	106	55,0	
			138,27
2	102	41,9	
			137,87
3	119	46,4	
			158,96
4	103	6,2	
			125,30
5	107	29,8	
			178,62
1	106	55,0	

Дирек. угол 1→2 = 219° 48,5′
Ст.1 (X;Y), м = (175,54 ; 307,94)

Вариант № 13; Абрис № 5

№ ст.	Измер. гориз. угол °	′	Расст. (м)
1	87	48,9	
			144,22
2	117	30,7	
			155,20
3	119	4,1	
			165,08
4	101	33,1	
			125,30
5	114	2,4	
			228,79
1	87	48,9	

Дирек. угол 1→2 = 69° 49,4′
Ст.1 (X;Y), м = (-348,12 ; 211,36)

Вариант № 14; Абрис № 3

№ ст.	Измер. гориз. угол °	′	Расст. (м)
1	90	3,9	
			139,17
2	117	12,1	
			163,21
3	107	43,1	
			127,30
4	104	2,5	
			144,51
5	120	57,8	
			160,44
1	90	3,9	

Дирек. угол 1→2 = 269° 50,2′
Ст.1 (X;Y), м = (-53,46 ; 686,65)

Вариант № 15; Абрис № 4

№ ст.	Измер. гориз. угол °	′	Расст. (м)
1	97	28,5	
			140,62
2	108	38,6	
			150,06
3	115	51,2	
			142,93
4	113	30,7	
			121,28
5	104	30,8	
			198,84
1	97	28,5	

Дирек. угол 1→2 = 234° 13,3′
Ст.1 (X;Y), м = (201,72 ; 764,22)

Вариант № 16; Абрис № 4

№ ст.	Измер. гориз. угол °	′	Расст. (м)
1	92	17,1	
			143,57
2	109	32,1	
			158,18
3	117	44,2	
			150,45
4	100	4,5	
			121,28
5	120	22,9	
			194,16
1	92	17,1	

Дирек. угол 1→2 = 109° 50,7′
Ст.1 (X;Y), м = (766,08 ; 445,83)

Вариант № 17; Абрис № 2

№ ст.	Измер. гориз. угол °	′	Расст. (м)
1	108	31,1	
			138,12
2	107	57,0	
			139,23
3	111	58,9	
			163,29
4	101	50,9	
			136,22
5	109	42,4	
			161,48
1	108	31,1	

Дирек. угол 1→2 = 245° 48,0′
Ст.1 (X;Y), м = (-338,24 ; -104,78)

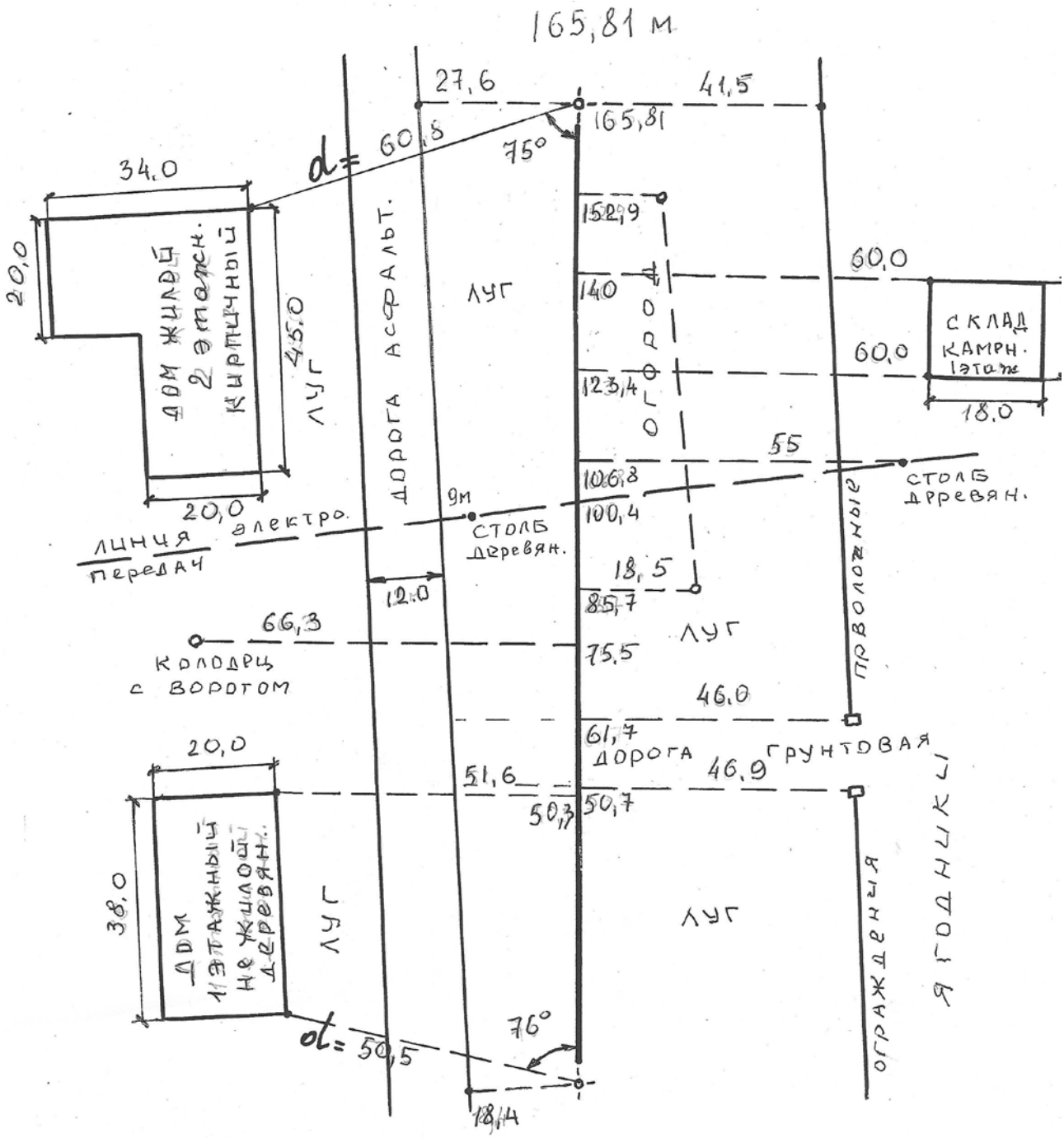
Вариант № 18; Абрис № 3

№ ст.	Измер. гориз. угол °	′	Расст. (м)
1	91	12,8	
			154,33
2	119	5,2	
			135,70
3	108	47,9	
			127,30
4	105	56,1	
			153,76
5	114	58,6	
			145,3
1	91	12,8	

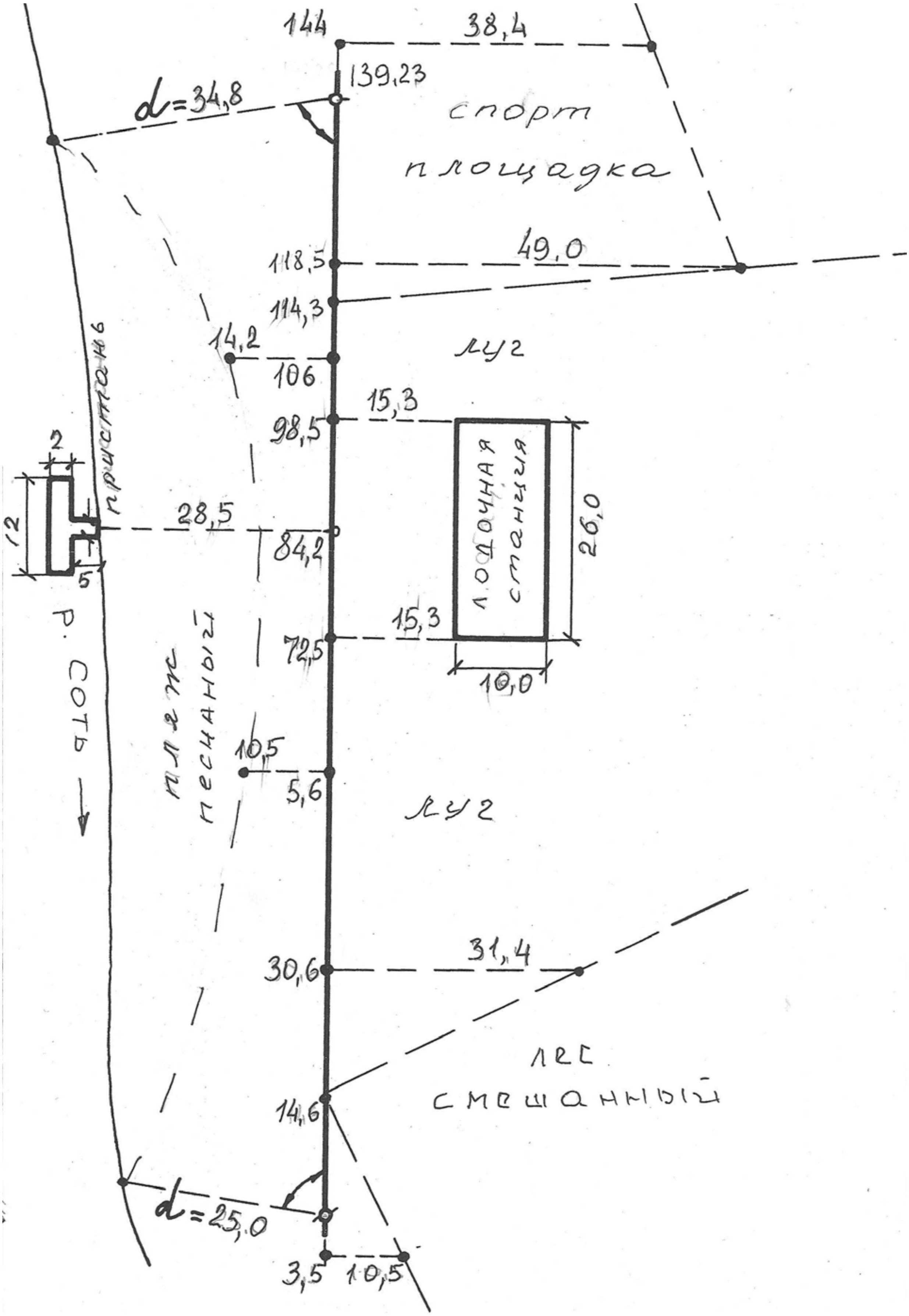
Дирек. угол 1→2 = 55° 47,0′
Ст.1 (X;Y), м = (-251,10 ; 585,60)

Приложение 3. Варианты абрисов

Абрис № 1

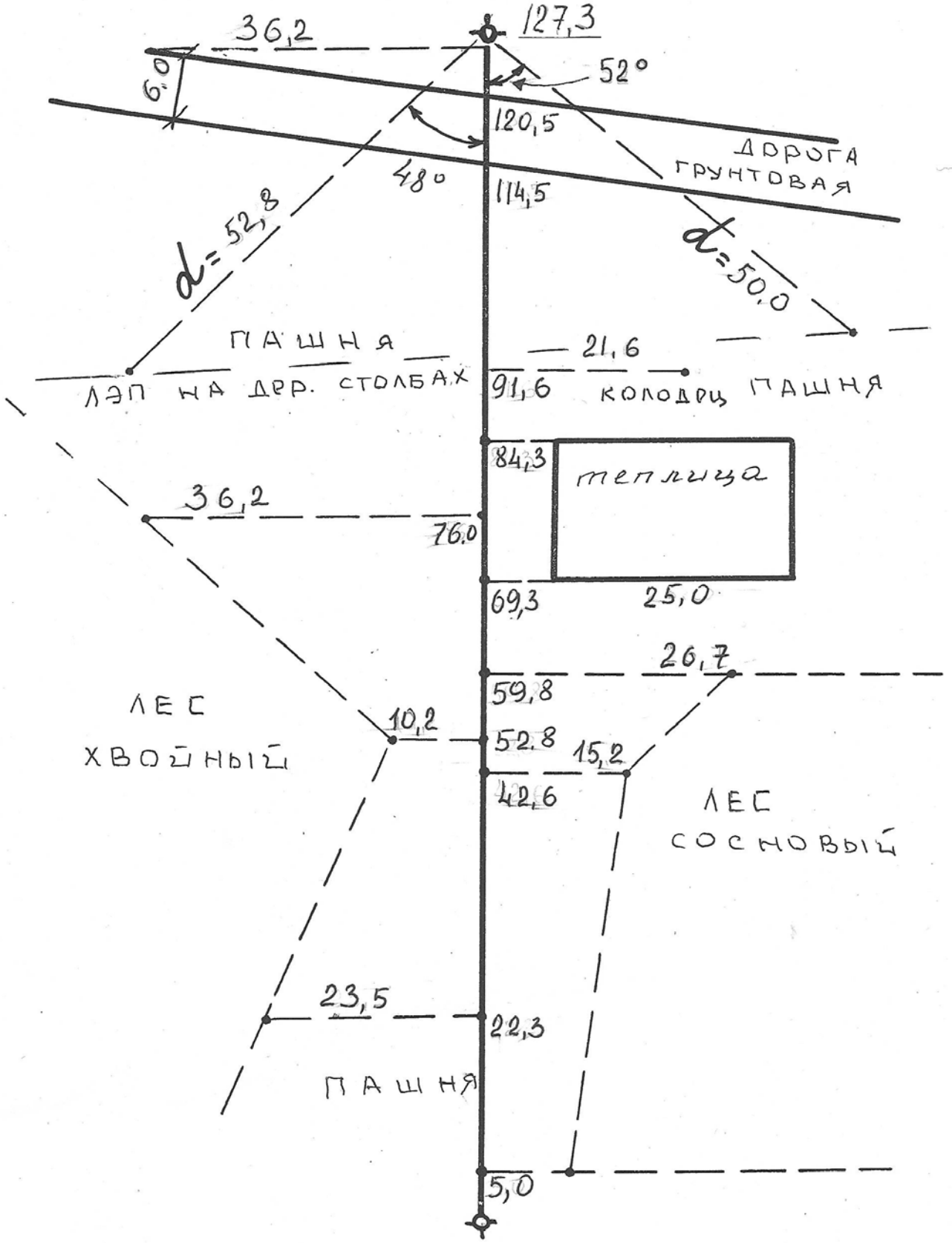


Абрис № 2

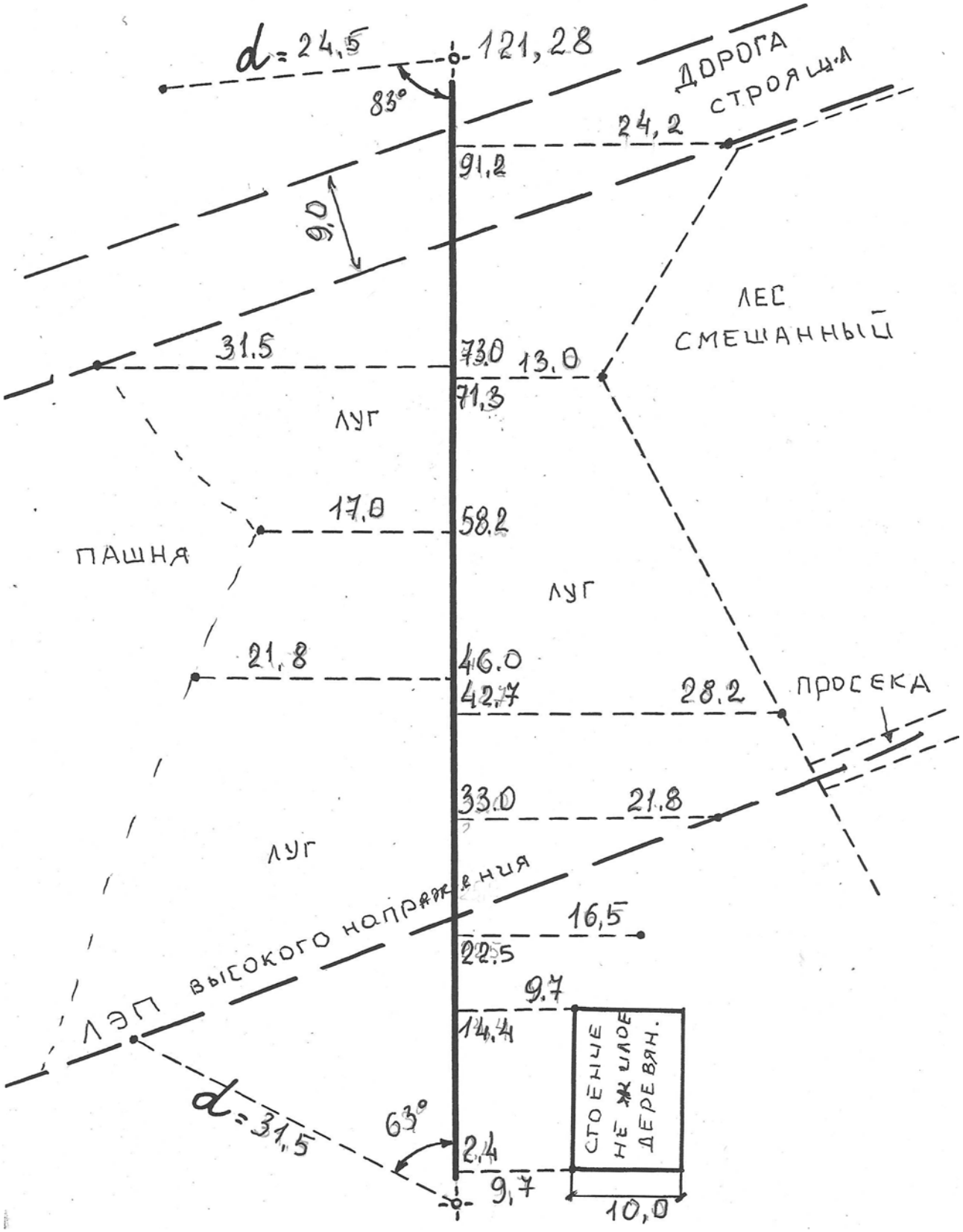


144
38,4
139,23
d=34,8
спорт
площадка
118,5
49,0
114,3
14,2
луг
106
15,3
98,5
2
пристань
12
28,5
84,2
5
лодочная
станция
26,0
р. Соть
пляж
песчаный
15,3
72,5
10,0
10,5
5,6
луг
31,4
30,6
лес
смешанный
14,6
d=25,0
3,5
10,5

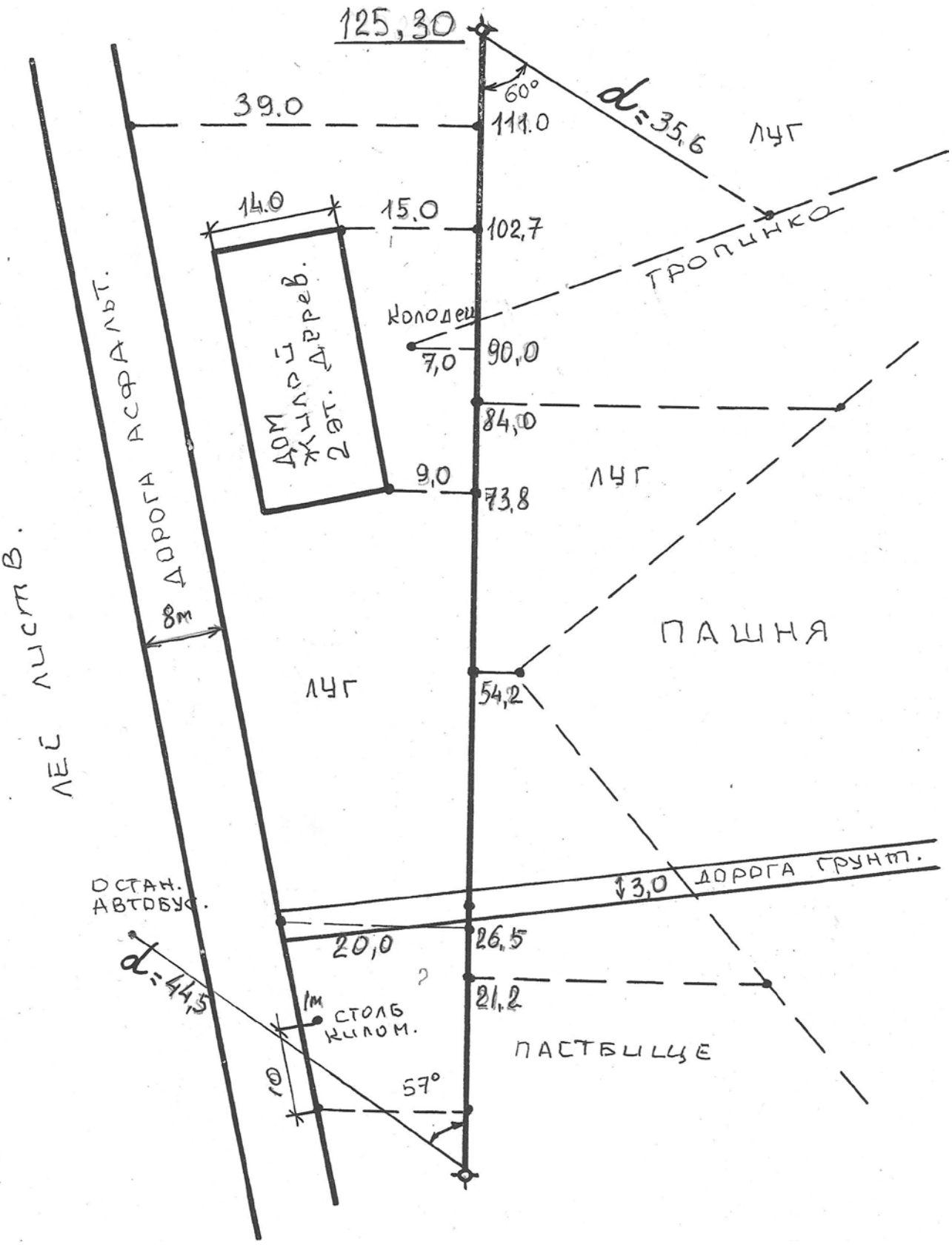
Абрис № 3


36,2
127,3
6,0
52°
120,5
ДОРОГА ГРУНТОВАЯ
48°
114,5
d=52,8
d=50,0
ПАШНЯ
21,6
ЛЭП НА ДРЕВ. СТОЛБАХ
91,6
КОЛОДЕЦ
ПАШНЯ
84,3
теплица
36,2
76,0
69,3
25,0
26,7
59,8
ЛЕС ХВОЙНЫЙ
10,2
52,8
15,2
42,6
ЛЕС СОСНОВЫЙ
23,5
22,3
ПАШНЯ
5,0

Абрис № 4


d = 24,5
121,28
83°
ДОРОГА
СТРОЯЩ.Л
24,2
91,2
9,0
ЛЕС
СМЕШАННЫЙ
31,5
73,0
13,0
71,3
ЛУГ
17,0
58,2
ПАШНЯ
ЛУГ
21,8
46,0
42,7
28,2
ПРОСЕКА
33,0
21,8
ЛУГ
ЛЭП ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ
16,5
22,5
9,7
14,4
СТОЕНИЕ НЕ ЖИЛОЕ ДЕРЕВЯН.
d = 31,5
63°
2,4
9,7
10,0

Абрис № 5


125,30
60°
d=35,6
ЛУГ
39,0
111,0
14,0
15,0
102,7
ТРОПИНКА
ДОМ ЖИЛОЙ 2 эт. Дерев.
Колодец
7,0
90,0
84,0
9,0
73,8
ЛУГ
ЛЕС ЛИСТВ.
ДОРОГА АСФАЛЬТ.
8м
ПАШНЯ
ЛУГ
54,2
ОСТАН. АВТОБУС.
3,0
ДОРОГА ГРУНТ.
20,0
26,5
d=44,5
1м
СТОЛБ КИЛОМ.
21,2
ПАСТБИЩЕ
10
57°

Библиографический список

1. Федотов, Г. А. Инженерная геодезия: учебник для вузов / Г. А. Федотов. – Изд. 5-е, стер. – Москва: Высш. шк. , 2009 . – 462, [1] с.
2. Инженерная геодезия: учебник для вузов / под ред. Д. Ш. Михелева. – 5-е изд., стер. – Москва: Академия, 2008. – 478 с.
3. Геодезия: Обработка материалов полевого трассирования. Проектирование трассы автомобильной дороги: метод. указания для выполнения лабораторных и расчётно-графических работ: ИСФ, ФЭ: направления 072200.62, 120700.62, 270100.62, 270800.62, 280100.62, 280700.62 / сост.: Е. М. Румянцева, Ю. П. Попов. – Вологда: ВоГТУ, 2013. – 39 с.
4. Инструкция по топографической съёмке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500 / главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР. – Москва: Недра, 1982. – 160 с.
5. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500: утв. ГУГК при Совете Министров СССР 25 нояб. 1986 г. / Роскартография. – Москва: Картгеоцентр, 2005. – 284 с.

Подписано в печать 23.12.2014. Усл. печ. л. . Тираж экз.
Печать офсетная. Бумага офисная. Заказ № _____

Отпечатано: РИО ВоГУ, г. Вологда, ул. С. Орлова, 6