

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**КАФЕДРА КАДАСТРА НЕДВИЖИМОСТИ, ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА
И ГЕОДЕЗИИ**

ГЕОДЕЗИЯ

Раздел «Теодолитная съемка»

*Методические указания
к выполнению лабораторных и практических работ
для студентов 1-го курса, обучающихся по направлению 120700
«Землеустройство и кадастры» и специальности 271101
«Строительство уникальных зданий и сооружений»*

Воронеж 2013

УДК 528
ББК 26.1

Составители С.П. Гриднев, Ю.С. Нетребина

Геодезия. Раздел «Теодолитная съемка» : метод. указания к выполнению лабораторных и практических работ по дисциплине «Геодезия» для студ. спец. 120700, 271101 / Воронежский ГАСУ ; сост.: С.П. Гриднев, Ю.С. Нетребина. – Воронеж, 2013. – 32 с.

Дана последовательность выполнения лабораторных и практических работ по разделу «Теодолитная съемка» курса «Геодезия»: цель работы, соответствующие теоретические положения, порядок вычислений при обработке теодолитной съемки, способы обработки результатов и описание используемых методик.

Предназначены для студентов, обучающихся по направлению 120700 «Землеустройство и кадастры» и специальности 271101 «Строительство уникальных зданий и сооружений» всех форм обучения.

Ил. 8. Табл. 6. Библиогр.: 2 назв.

УДК 528
ББК 26.1

*Печатается по решению научно-методического совета
Воронежского ГАСУ*

*Рецензент – С.И. Матренинский, к.т.н. доц. кафедры технологии
строительного производства Воронежского ГАСУ*

ВВЕДЕНИЕ

Данные методические указания состоят из 8 заданий, обязательных для выполнения студентами, обучающихся по направлению 120700 «Землеустройство и кадастры» и специальности 271101 «Строительство уникальных зданий и сооружений» всех форм обучения.

Приступая к выполнению заданий, студент должен иметь четкое представление о сущности теодолитной съемки, методике угловых и линейных измерений при прокладке теодолитных ходов, их привязке к пунктам геодезической опорной сети, об операциях с невязками при уравнивании результатов измерений и вычислений, знать правила построения координатной сетки и ситуационного плана местности, устройство планиметров, методику определения площадей различными способами, правила увязки площадей участков и составление экспликации земельных угодий.

Выполнение работы предусматривает обязательное изучение соответствующих разделов учебной литературы: [1, гл. 12 – 14; 2, гл. 4].

В процессе выполнения студентами работ все результаты измерений, графических построений и расчетов должны быть аккуратно оформлены. Студенты направления 120700 «Землеустройство и кадастры» оформляют работы, виде лабораторных работ на листах А4, студенты направления 271101 «Строительство уникальных зданий и сооружений» оформляют работы в виде практических работ.

Результаты выполнения заданий представляются в виде сброшюрованного отчета, включающего краткую пояснительную записку, состоящую из выполненных заданий, схему замкнутого и диагонального ходов, полевой журнал измерений, абрисы съемки, ведомости вычисления координат точек теодолитных ходов и определения и увязки площадей земельных участков, ситуационный план местности в масштабе 1:2 000. Схему теодолитных ходов и план местности следует вычерчивать в туши с соблюдением принятых условных обозначений [3].

Задание 1. Обработка полевых журналов измерений

Цель работы: научиться выполнять обработку полевых журналов угловых и линейных измерений при прокладке теодолитных ходов.

Приборы и принадлежности: микрокалькулятор, чертежные принадлежности.

На участке землепользования создана сеть съемочного обоснования в виде замкнутого и разомкнутого (диагонального) теодолитных ходов (рис. 1). Привязка съемочной сети выполнена к исходным пунктам полигонометрии II разряда пп.105 и пп.104 с известными координатами x , y .

Горизонтальные углы в теодолитных ходах измерены теодолитом 4Т30П одним полным приемом (при КЛ и КП) с точностью 0,5' (на узловых точках – одним круговым приемом). Длины сторон измерены стальной мерной лентой в

прямом и обратном направлениях с точностью 1:2000, углы наклона линий – с помощью теодолита. Результаты угловых и линейных измерений приведены в полевом журнале (табл. 1).

Таблица 1

Журнал угловых и линейных измерений

Дата 9.07.2013г. Наблюдатель: Петров А.В.
 Теодолит 4Т30П №18096 Лента ЛЗ №7151

| Точки | | Полож. верти- кальн. круга | Отчеты по гориз. кругу | | Угол $\beta_{кл}, \beta_{кп}$ | | Средний угол β | | Длина линии, м | | | | |
|-------------------------|------------------|-------------------------------|---------------------------|------|----------------------------------|------|-------------------------|------|----------------|--------------------------|------------------|--------------------------|---------------------------|
| стоя- ния | визи- рования | | ° | ' | ° | ' | ° | ' | Сторона | Угол наклона ν | Прямо Обратно | Средняя длина D, м | Гориз. пролож. d, м |
| Привязка | | | | | | | | | | | | | |
| пп. 105 | пп.104 2 | КЛ | 315 | 23,0 | 293 | 17,0 | 293 | 17,5 | | | | | |
| | пп.104 2 | КП | 135 | 23,5 | 293 | 18,0 | | | | | | | |
| | | | 202 | 05,5 | | | | | | | | | |
| Замкнутый ход | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | пп.105 3 | КЛ | 121 | 03,5 | 142 | 53,0 | 142 | 52,5 | пп.105-2 | 0° 10' | 188,59 | 188,61 | 188,61 |
| | пп.105 3 | КП | 301 | 03,0 | 142 | 52,0 | | | | | 188,63 | | |
| 3 | 2 | КЛ | 73 | 52,5 | 137 | 52,5 | 137 | 52,0 | 2-3 | 0° 15' | 230,95 | 230,90 | 230,90 |
| | 4 | | 296 | 00,0 | | | | | | | | | |
| | 2 | КП | 253 | 51,0 | 137 | 51,5 | | | | | 230,85 | | |
| 4 | 3 | КЛ | 56 | 38,0 | 101 | 27,0 | 101 | 27,5 | 3-4 | 3° 20' | 286,62 | 286,58 | 286,10 |
| | 5 | | 315 | 11,0 | | | | | | | | | |
| | 3 | КП | 236 | 38,0 | 101 | 28,0 | | | | | 286,54 | | |
| 5 | 4 | КЛ | 354 | 41,0 | 148 | 56,0 | 148 | 56,5 | 4-5 | 0° 20' | 254,13 | 254,13 | 254,13 |
| | 6 | | 205 | 45,0 | | | | | | | | | |
| | 4 | КП | 174 | 41,0 | 148 | 57,0 | | | | | 254,13 | | |
| 6 | 5 | КЛ | 269 | 24,5 | 99 | 00,0 | 99 | 00,5 | 5-6 | 0° 10' | 334,42 | 334,48 | 334,48 |
| | 7 | | 170 | 24,5 | | | | | | | | | |
| | 5 | КП | 89 | 24,0 | 99 | 01,0 | | | | | 334,54 | | |
| 7 | 6 | КЛ | 5 | 14,0 | 128 | 29,0 | 128 | 28,5 | 6-7 | 0° 15' | 352,87 | 352,82 | 352,82 |
| | пп.105 6 | КП | 236 | 45,0 | 128 | 28,0 | | | | | 352,77 | | |
| | пп.105 | | 185 | 14,0 | | | | | | | | | |
| пп. 105 | 7 | КЛ | 37 | 44,0 | 141 | 21,5 | 141 | 21,0 | 7-пп.105 | 1°30' | 179,83 | 179,80 | 179,74 |
| | 2 | | 256 | 22,5 | | | | | | | | | |
| | 7 | КП | 217 | 43,0 | 141 | 20,5 | | | | | 179,77 | | |
| Диагональный ход | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 4 | КЛ | 34 | 59,0 | 82 | 31,0 | 82 | 30,5 | 5-8 | 0° 10' | 305,76 | 305,73 | 305,73 |
| | 8 | | 312 | 28,0 | | | | | | | | | |
| | 4 | КП | 214 | 59,5 | 82 | 30,0 | | | | | 305,70 | | |
| 8 | 5 | КЛ | 94 | 26,0 | 192 | 22,0 | 192 | 22,5 | 8-пп.105 | 0° 05' | 248,00 | 248,02 | 248,02 |
| | пп.105 | | 262 | 04,0 | | | | | | | | | |

| Точки | | Полож. верт.-кальн. круга | Отчеты по гориз. кругу | | Угол $\beta_{КЛ}, \beta_{КП}$ | | Средний угол β | | Длина линии, м | | | | | |
|---------|-------------|---------------------------|------------------------|------|-------------------------------|------|----------------------|------|----------------|--------------------|------------------|-----------------------|------------------------|--|
| стояния | визирования | | ° | ' | ° | ' | ° | ' | Сторона | Угол наклона ν | Прямо Обратно | Средняя длина D , м | Гориз. пролож. d , м | |
| | 5 | КП | 274 | 26,0 | 192 | 23,0 | | | | | 248,04 | | | |
| | пп. 105 | | 82 | 03,0 | | | | | | | | | | |
| пп. 105 | 8 | КЛ | 153 | 34,5 | 62 | 53,0 | 62 | 53,0 | | | | | | |
| | 2 | | 90 | 41,5 | | | | | | | | | | |
| | 8 | КП | 333 | 34,0 | 62 | 53,0 | | | | | | | | |
| | 2 | | 270 | 41,0 | | | | | | | | | | |

Индивидуальные исходные данные выдаются преподавателем.

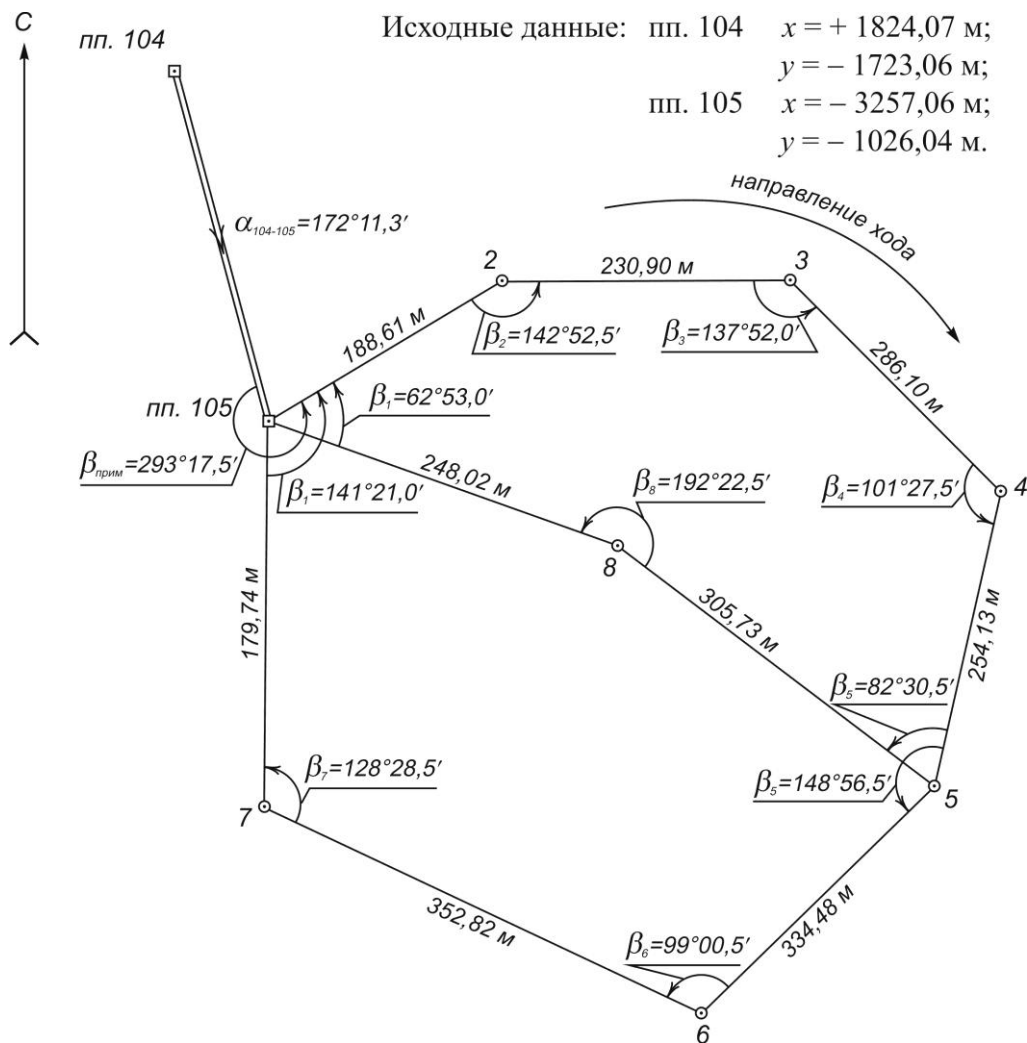


Рис. 1. Схема теодолитных ходов

Обработка полевых журналов измерений включает вычисления правых по ходу горизонтальных углов и горизонтальных проложений сторон теодолитных ходов:

1. Значения правого по ходу горизонтального угла на каждой станции рассчитывают дважды (для КЛ и КП) как разность отчета на заднюю и переднюю точку (см.

табл. 1). Если отсчет на заднюю точку меньше отсчета на переднюю точку, то к нему прибавляют 360° . Например,

$$(135^\circ 23,5' + 360^\circ) - 202^\circ 05,5' = 293^\circ 18,0'.$$

Значение угла по первому и второму полуприемам не должны отличаться более чем на $1'$, т.е. $\beta_{кп} - \beta_{кп} \leq 1'$. За окончательный результат принимают среднее значение угла.

2. Расхождение между результатами двойных измерений (прямо и обратно) длины каждой стороны не должны превышать $\frac{1}{2000}$ длины, т.е. 5 см на 100 м длины линии. Для сторон, в которых измерены углы наклона линий, вычисляют их горизонтальные проложения как

$$d = D \cos \nu \text{ или } d = D - \Delta D_H,$$

где $\Delta D_H = 2D \sin^2 \frac{\nu}{2}$ – поправка за наклон.

Примечание: Углы наклона линий приняты одинаковыми для всех вариантов заданий.

Например, для стороны 3-4 $D = 286,58$ м и $\nu = 3^\circ 20'$:

$$d = 286,58 \cos 3^\circ 20' = 286,58 \cdot 0,99831 = 286,10 \text{ м};$$

$$d = 286,58 - 2 \cdot 286,58 \sin^2 1^\circ 40' = 286,58 - 0,48 = 286,10 \text{ м}.$$

На схеме теодолитных ходов, ориентированной по сторонам света (см. рис. 1), у вершин ходов выписывают средние значения горизонтальных углов, а возле каждой стороны – ее горизонтальную длину.

Задание 2. Привязка теодолитных ходов

Цель работы: научиться рассчитывать привязку теодолитных ходов к пунктам опорной геодезической сети.

Приборы и принадлежности: микрокалькулятор.

Привязка теодолитных ходов к пунктам геодезической опорной сети состоит в передаче плановых координат (x, y) как минимум на одну из точек теодолитного хода и дирекционного угла на одну из сторон. Поскольку координаты начальной точки пп.105 известны (см. схему рис. 1), в нашем примере привязка теодолитных ходов сводится к определению дирекционного угла первой стороны замкнутого хода α_{105-2} ; последний определится исходя из дирекционного угла стороны пп.104 – пп.105 и примычного угла $\beta_{прим}^{np}$ как

$$\alpha_{105-2} = \alpha_{104-105} + 180^\circ - \beta_{прим}^{np}.$$

Дирекционный угол $\alpha_{104-105}$ определится из решения обратной геодезической задачи:

$$\operatorname{tgr}_{104-105} = \frac{y_{105} - y_{104}}{x_{105} - x_{104}} = \frac{-1026,04 - (-1723,06)}{-3257,06 - 1824,07} = \frac{+697,02}{-5081,13} = -0,137178.$$

Отсюда $r_{104-105} = \arctg \frac{\Delta y}{\Delta x} = 7,81097^\circ = 7^\circ 48,7'$.

С учетом знаков приращений координат $(-\Delta x, +\Delta y)$ линия 104-105 располагается во II четверти (ЮВ); тогда дирекционный угол

$$\alpha_{104-105} = 180^\circ - r_{104-105} = 180^\circ - 7^\circ 48,7' = 172^\circ 11,3'.$$

Тогда дирекционный угол первой стороны теодолитного хода будет:

$$\alpha_{105-2} = 172^\circ 11,3' + 180^\circ - 293^\circ 17,5' = 58^\circ 53,8'.$$

Вычисления приводятся в пояснительной записке в полном объеме.

Задание 3. Вычислительная обработка результатов измерений. Замкнутый ход (полигон)

Цель работы: научиться уравнивать результаты измерений и вычислять координаты точек съемочного обоснования.

Приборы и принадлежности: микрокалькулятор.

Вычисления ведут в специальной ведомости (табл. 2), в которую выписывают из полевого журнала значения измеренных горизонтальных углов и горизонтальных проложений линий, координаты начального пункта пп.105 и дирекционный угол первой стороны (α_{105-2}) теодолитного хода.

1. Вычисляют угловую невязку полигона

$$f_\beta = \sum \beta_{изм} - \sum \beta_{теор} \quad (1)$$

где $\sum \beta_{изм}$ – сумма внутренних измеренных углов полигона; $\sum \beta_{теор} = 180^\circ \cdot (n-2)$ – теоретическая сумма внутренних углов полигона; n – число углов полигона.

В приведенном примере $\sum \beta_{изм} = 899^\circ 58,5'$;

$$\sum \beta_{теор} = 180^\circ \cdot (7-2) = 900^\circ 00';$$

$$f_\beta = 899^\circ 58,5' - 900^\circ 00,0' = -1,5'.$$

2. Сравнивают полученную невязку с допустимой, определяемой по формуле

$$f_{\beta доп} = 1' \sqrt{n} = 1' \sqrt{7} = 2,6'.$$

Фактическая угловая невязка должна удовлетворять условию $f_\beta \leq f_{\beta доп}$.

Если условие выполняется, то фактическая угловая невязка распределяется с обратным знаком поровну на все углы полигона. Поправка в каждый угол

$$\delta_\beta = -\frac{f_\beta}{n}. \quad (2)$$

Если невязка f_β не делится без остатка на число углов, то несколько большие поправки вводятся в углы с короткими сторонами. Поправки δ_β с округлением до $0,1'$ выписывают со своими знаками в ведомость над значениями соответствующих измеренных углов (табл. 2).

При этом должно соблюдаться условие

$$\sum \delta_\beta = -f_\beta. \quad (3)$$

В приведенном примере $\delta_\beta = -\frac{-1,5'}{7} = +0,2'$; для соблюдения вышеприведенного условия в шесть измеренных углов вводятся поправки по $+0,2'$, а в один угол (с короткими сторонами) – $+0,3'$.

3. Вычисляют исправленные углы как

$$\beta_{испр_i} = \beta_{изм_i} + \delta_\beta.$$

В примере

$$\begin{aligned} \beta_{2испр} &= 142^\circ 52,5' + 0,2' = 142^\circ 52,7'; \\ \beta_{3испр} &= 137^\circ 52,0' + 0,2' = 137^\circ 52,2' \text{ и т.д.} \end{aligned}$$

Контроль:

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

4. По дирекционному углу начальной стороны и значениям исправленных внутренних углов полигона последовательно вычисляют дирекционные углы всех других сторон:

$$\alpha_i = \alpha_{i-1} + 180^\circ - \beta_{испр_i}^{прав}. \quad (4)$$

В рассматриваемом примере:

$$\alpha_{2-3} = \alpha_{105-2} + 180^\circ - \beta_{2(испр)} = 58^\circ 53,8' + 180^\circ - 142^\circ 52,7' = 96^\circ 01,1';$$

$$\alpha_{3-4} = \alpha_{2-3} + 180^\circ - \beta_{3(испр)} = 96^\circ 01,1' + 180^\circ - 137^\circ 52,2' = 138^\circ 08,9' \text{ и т.д.}$$

$$\alpha_{105-2} = \alpha_{7-105} + 180^\circ - \beta_{1(испр)} = 20^\circ 15,1' + 180^\circ - 141^\circ 21,3' = 58^\circ 53,8'.$$

Контролем правильности вычислений является повторное получение дирекционного угла начальной стороны ($58^\circ 53,8'$).

5. По найденным значениям дирекционных углов сторон вычисляют румбы сторон в зависимости от четверти, в которой находится данное направление (табл. 3). По горизонтальным проложениям длин и дирекционным углам (румбам) сторон вычисляют приращения координат, используя формулы прямой геодезической задачи:

$$\Delta x = d \cos \alpha(r); \quad \Delta y = d \sin \alpha(r).$$

Знаки приращений координат определяют с учетом четверти, в которой лежит данное направление, т.е. по румбу или дирекционному углу стороны (табл. 3).

Таблица 2.

| Номер точек | Горизонтальные углы | | Дирекционные углы сторон, α | Румбы | | Мера линий $d, м$ | Приращеня координат, м | | | | Координаты | | | №№ точек | |
|-------------------------|--|----------------------|------------------------------------|----------|----|-------------------|---|----------------|---|----------------|----------------|---------|----------|----------|---------|
| | Измер. $\beta_{изм}$ | Истр. $\beta_{истр}$ | | название | о | | ' | $\pm \Delta x$ | $\pm \Delta y$ | $\pm \Delta x$ | $\pm \Delta y$ | $\pm x$ | $\pm y$ | | |
| Замкнутый ход | | | | | | | | | | | | | | | |
| п.п.104 | | | $\alpha_{104-105}$ | | | | | | | | | | | | п.п.104 |
| | | | 172 | 11,3 | | | | | | | | | | | |
| п.п.105 | $\beta_{трис}$ | | | | | | | | | | | | | | |
| | 293 | 17,5 | 58 | 53,8 | СВ | 188,61 | +2 | +3 | 97,43 | +161,49 | +97,45 | +161,52 | -3257,06 | -1026,04 | п.п.105 |
| | +0,2 | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 142 | 52,5 | 96 | 01,1 | ЮВ | 230,90 | +2 | +3 | 24,21 | +229,63 | -24,19 | +229,66 | -3159,61 | -864,52 | 2 |
| | +0,2 | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 137 | 52,0 | 138 | 08,9 | ЮВ | 286,10 | +3 | +5 | 213,11 | +190,89 | -213,08 | +190,94 | -3183,80 | -634,86 | 3 |
| | +0,2 | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 101 | 27,5 | 216 | 41,2 | ЮЗ | 254,13 | +3 | +4 | 203,79 | -151,83 | -203,76 | -151,79 | -3396,88 | -443,92 | 4 |
| | +0,2 | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 148 | 56,5 | 247 | 44,5 | ЮЗ | 334,48 | +3 | +6 | 126,70 | -309,56 | -126,67 | -309,50 | -3600,64 | -595,71 | 5 |
| | +0,2 | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 99 | 00,5 | 328 | 43,8 | СЗ | 352,82 | +3 | +6 | 301,57 | -183,14 | +301,60 | -183,08 | -3727,31 | -905,21 | 6 |
| | +0,2 | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 128 | 25,8 | 20 | 15,1 | СВ | 179,74 | +2 | +3 | 62,22 | +168,63 | +168,65 | +62,25 | -3425,71 | -1088,29 | 7 |
| | +0,3 | | | | | | | | | | | | | | |
| п.п.105 | 141 | 21,0 | 58 | 53,8 | | $P =$ | $f_x = -0,18м$ | $f_y = -0,30м$ | | | | | -3257,06 | -1026,04 | п.п.105 |
| | | | | | | | | | | | | | контроль | контроль | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | $\Sigma\beta_{изм} = 899^{\circ} 58,5'$ | | контроль | | | | | | | | контроль | | | контроль | 2 |
| | $\Sigma\beta_{испр} = 900^{\circ} 00,0'$ | | | | | | $f_{иср} = \sqrt{0,18^2 + 0,30^2} = 0,35 м$ | | | | контроль | | | | |
| | $\beta\beta = -1,5'$ | | | | | | | | | | | | | | |
| | $\beta\beta_{дон} = \pm 1 \sqrt{7} = 2,6'$ | | | | | | | | | | | | | | |
| Диагональный ход | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | 216 | 41,2 | ЮЗ | 36 | 41,2 | | | | | | | | 4 |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 82 | 30,5 | 314 | 10,2 | СЗ | 45 | 49,8 | 305,73 | -5 | -12 | 212,98 | -219,41 | -3600,64 | -595,71 | 5 |
| | +0,4 | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 192 | 22,5 | 301 | 47,3 | СЗ | 58 | 12,7 | 248,02 | -5 | -10 | 130,60 | -210,92 | -3387,66 | -815,12 | 8 |
| | +0,5 | | | | | | | | | | | | | | |
| п.п.105 | 62 | 53,0 | 58 | 53,8 | СВ | 58 | 53,8 | | | | | | -3257,06 | -1026,04 | п.п.105 |
| | | | | | | | | | | | | | контроль | контроль | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | $\Sigma\beta_{изм} = 337^{\circ} 46,0'$ | | | | | | | $\Sigma d =$ | | | | | | | |
| | $\Sigma\beta_{испр} = 337^{\circ} 47,4'$ | | | | | | | 553,75м | $f_x = -0,10м$ | $f_y = +0,22м$ | | | | | |
| | $\beta\beta = -1,4'$ | | | | | | | | | | контроль | | | контроль | 2 |
| | $\beta\beta_{дон} = \pm 2 \sqrt{3} = 3,4'$ | | | | | | | | | | контроль | | | контроль | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | $f_{иср} = \sqrt{0,10^2 + 0,22^2} = 0,24 м$ | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | $f_{дон} = 0,24 / 553,75 = 1 / 2300$ | | | | | | |

Знаки приращений координат по четвертям

| Приращение координат | Четверти | | | |
|----------------------|----------|----|-----|----|
| | I | II | III | IV |
| Δx | + | - | - | + |
| Δy | + | + | - | - |

Вычисленные значения приращения координат со своими знаками заносятся в ведомость (см. табл. 2).

6. Вычисляют невязки в приращениях координат как

$$f_x = \sum \Delta x; \quad f_y = \sum \Delta y, \quad (5)$$

а затем абсолютную линейную невязку

$$f_{абс} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}. \quad (6)$$

В нашем примере $f_x = -0,18 м, \quad f_y = -0,30 м,$

$$f_{абс} = \sqrt{0,18^2 + 0,30^2} = 0,35 м.$$

7. Выполняют оценку точности угловых и линейных измерений по относительной невязке полигона

$$f_{отно} = \frac{f_{абс}}{P} = \frac{1}{P : f_{абс}} = \frac{1}{N}, \quad (7)$$

где P - периметр полигона, м; N - знаменатель относительной невязки с округлением до сотен.

В примере $f_{отно} = \frac{0,35}{1826,78} = \frac{1}{5200}.$

Вычисленную относительную невязку сравнивают с допустимой, принимаемой в рассматриваемом случае $f_{отно}^{\text{доп}} = \frac{1}{2000}$; при этом должно выполняться условие $f_{отно} \leq f_{отно}^{\text{доп}}.$

В примере $f_{отно} = \frac{1}{5200} \leq \frac{1}{2000}$, т.е. условие выполнено. Это дает основание произвести увязку (уравнивание) вычисленных приращений координат.

8. Распределяют невязки f_x и f_y по вычисленным приращениям координат пропорционально длинам сторон с обратным знаком. Поправки в приращения координат определяют по формулам:

$$\delta_{x_i} = -\frac{f_x}{P} d_i = -K_x d_i; \quad \delta_{y_i} = -\frac{f_y}{P} d_i = -K_y d_i. \quad (8)$$

В рассматриваемом примере:

$$K_x = \frac{-0,18м}{1826,78м} = -0,000100; \quad K_y = \frac{-0,30м}{1826,78м} = -0,000148.$$

Тогда для стороны пп.105-2: $\delta_{x_i} = -(-0,00100) \cdot 188,61м = +0,02м$;
 $\delta_{y_i} = -(-0,00148) \cdot 188,61м = +0,03м$ и т.д.

Вычисленные значения поправок в сантиметрах записывают в ведомости над соответствующими вычисленными приращениями координат (см. табл. 2). При этом должны соблюдаться условия:

$$\sum \delta_x = -f_x; \quad \sum \delta_y = -f_y. \quad (9)$$

9. По вычисленным приращениям координат и поправкам находят исправленные приращения координат:

$$\Delta x_{испр_i} = \Delta x_i + \delta_{x_i}; \quad \Delta y_{испр_i} = \Delta y_i + \delta_{y_i}. \quad (10)$$

Например, для стороны 2-3 имеем

$$\Delta x_{2_{испр}} = -24,21 + 0,02 = -24,19м;$$

$$\Delta y_{2_{испр}} = +229,63 + 0,03 = +229,66м.$$

Контроль:

$$\underline{\sum \Delta x_{испр}} = 0; \quad \underline{\sum \Delta y_{испр}} = 0.$$

10. По исправленным приращениям и координатам начальной точки последовательно вычисляют координаты всех точек полигона:

$$x_{i+1} = x_i + \Delta x_{испр_i}; \quad y_{i+1} = y_i + \Delta y_{испр_i}. \quad (11)$$

Для рассматриваемого примера:

$$x_2 = x_{105} + \Delta x_{1_{испр}} = \underline{-3257,06} + (+97,45) = -3159,61м;$$

$$y_2 = y_{105} + \Delta y_{1_{испр}} = \underline{-1026,04} + (+161,52) = -864,52м;$$

$$x_3 = x_2 + \Delta x_{2_{испр}} = -3159,61 + (-24,19) = -3183,80м;$$

$$y_3 = y_2 + \Delta y_{2_{испр}} = -864,52 + (+229,66) = -634,86м;$$

К К К К К К К К К К К

К К К К К К К К К К К

$$x_{105} = x_7 + \Delta x_{7_{испр}} = -3425,71 + (+168,65) = \underline{-3257,06м};$$

$$y_{105} = y_7 + \Delta y_{7_{испр}} = -1088,29 + (+62,25) = \underline{-1026,04м}.$$

Окончательный контроль: получение координат начальной точки теодолитного хода (пп.105).

Результаты вычислений заносят в ведомость координат (см. табл. 2).

В отчете вычисления приводят в сокращенном виде, но с необходимыми пояснениями.

Задание 4. Вычислительная обработка результатов измерений. Диагональный ход

Цель работы: научиться уравнивать результаты измерений и вычислять координаты точек съемочного обоснования.

Приборы и принадлежности: микрокалькулятор.

Диагональный ход, проложенный между точками основного полигона, уравнивают как ход между двумя исходными пунктами (точками с известными координатами x, y) и двумя исходными сторонами (сторонами с известными дирекционными углами). При этом сохраняется та же последовательность вычислений, что и при обработке результатов измерений в полигоне.

В рассматриваемом примере между точками 5 и пп.105 полигона (см. рис. 1) проложен диагональный ход 5 – 8 – пп.105, в котором измерены правые по ходу горизонтальные углы $\beta'_5, \beta'_8, \beta'_1$ и длины сторон. В результате обработки измерений полигона получены координаты начальной и конечной точек 5 и 105 ($x_{нач}, y_{нач}$ и $x_{кон}, y_{кон}$) диагонального хода и дирекционные углы начальной и конечной сторон α_{4-5} и α_{105-2} ($\alpha_{нач}$ и $\alpha_{кон}$). Пример обработки диагонального хода приведен в ведомости (см. табл. 2), в которую предварительно выписывают измеренные углы, горизонтальные проложения длин сторон, дирекционные углы начальной и конечной сторон и координаты начальной и конечной точек хода.

1. Угловую невязку диагонального хода вычисляют по формуле

$$f_{\beta} = \sum \beta_{изм}^{прав} - [\alpha_{нач} - \alpha_{кон} + 180^{\circ}(N+1)], \quad (12)$$

где N – число сторон диагонального хода.

Примечание: при $\alpha_{нач} > \alpha_{кон}$ из полученного результата следует вычесть 360° .

Допустимую угловую невязку в диагональном ходе рассчитывают по формуле

$$f_{\beta доп} = 2' \sqrt{n},$$

где $n = N+1$ – число углов в ходе, включая примычные.

Для приведенного примера

$$f_{\beta} = 337^{\circ}46,0' - [216^{\circ}41,2' - 58^{\circ}53,8' + 180^{\circ}(2+1)] - 360^{\circ} = -1,4';$$

$$f_{\beta доп} = 2' \sqrt{3} = 3,4'; \quad f_{\beta} < f_{\beta доп}.$$

2. Распределение угловой невязки, вычисление дирекционных углов диагонального хода производится по тем же правилам, что и при обработке полигона.

Контроль: получение исходного дирекционного угла конечной стороны ($\alpha_{105-2} = 58^{\circ}53,8'$).

3. Вычисляют приращения координат так же, как и в основном полигоне. Невязки в приращениях координат вычисляют как

$$f_x = \sum \Delta x_{\text{выч}} - \sum \Delta x_{\text{теор}}; \quad f_y = \sum \Delta y_{\text{выч}} - \sum \Delta y_{\text{теор}}, \quad (13)$$

где $\sum \Delta x_{\text{выч}}$, $\sum \Delta y_{\text{выч}}$ – суммы вычисленных приращений координат; $\sum \Delta x_{\text{теор}} = x_{\text{кон}} - x_{\text{нач}}$, $\sum \Delta y_{\text{теор}} = y_{\text{кон}} - y_{\text{нач}}$ – теоретические суммы приращений координат в диагональном ходе.

В примере $\sum \Delta x_{\text{выч}} = +343,68 \text{ м}$, $\sum \Delta y_{\text{выч}} = -430,11 \text{ м}$;

$$\sum \Delta x_{\text{теор}} = x_{105} - x_5 = -3257,06 - (-3600,64) = +343,58 \text{ м};$$

$$\sum \Delta y_{\text{теор}} = y_{105} - y_5 = -1026,04 - (-595,71) = -430,33 \text{ м};$$

$$f_x = +343,68 - (+343,58) = +0,10 \text{ м};$$

$$f_y = -430,11 - (-430,33) = +0,22 \text{ м}.$$

4. Вычисляют абсолютную и относительную невязки в диагональном ходе:

$$f_{\text{абс}} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{0,10^2 + 0,22^2} = 0,24 \text{ м};$$

$$f_{\text{отн}} = \frac{f_{\text{абс}}}{\sum d} = \frac{0,24}{553,75} = \frac{1}{2300},$$

где $\sum d$ – длина диагонального хода от начальной до конечной точки.

Относительную невязку сравнивают с допустимой, принимаемой для диагонального хода $f_{\text{отн}}^{\text{дон}} = \frac{1}{1500}$. В рассматриваемом примере

$$f_{\text{отн}} < f_{\text{отн}}^{\text{дон}}; \quad \left(\frac{1}{2300} < \frac{1}{1500} \right).$$

Распределяют невязки в приращениях координат f_x и f_y , а затем вычисляют исправленные приращения координат и координаты точек диагонального хода так же, как и в полигоне.

Окончательный контроль: получение исходных координат конечной точки диагонального хода (пп.105).

Результаты вычислений заносят в ведомость координат (табл. 2).

В отчете вычисления приводят в сокращенном виде, но с необходимыми пояснениями.

Задание 5. Построение координатной сетки и нанесение на план точек съёмочной сети

Цель работы: научиться строить на ватмане координатную сетку масштаба 1 :2 000, наносить по координатам точки съёмочной сети (точки теодолитного хода).

Приборы и принадлежности: микрокалькулятор, линейка Дробышева (ЛТ), геодезический транспортир, поперечный масштаб, циркуль–измеритель и др. чертежные принадлежности.

Построение координатной сетки

Построение сетки требует особого внимания и аккуратности. От точности построения сетки во многом зависит точность нанесения точек съемочной сети и ситуации, а, следовательно, и точность решаемых по плану задач.

Координатная сетка со сторонами квадратов 10×10 см строится на листе ватмана формата А1 при помощи линейки Ф.В. Дробышева ЛД-1 или ЛТ (рис. 3). ЛД-1 – это металлическая линейка с шестью вырезами (окнами) через 10 см. Скошенный край первого выреза сделан по прямой, а края остальных вырезов и скошенный торец имеют форму дуг окружностей радиусов 10, 20, 30, 40, 50 и 70,711 см, центр которых расположен в точке пересечения штриха со скошенным ребром крайнего окна 0.

Построение прямого угла линейкой Дробышева основано на построении прямоугольного треугольника с катетами по 50 см и гипотенузой 70,711 см.

Порядок построения сетки показан на рис. 2.

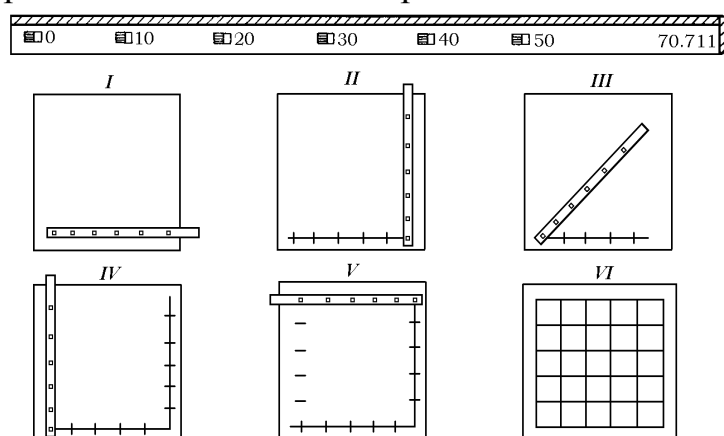


Рис. 2. Построение координатной сетки линейкой Дробышева

При правильном построении сетки 5×5 квадратов должны выполняться следующие условия:

- вершины малых квадратов должны лежать на диагоналях большого квадрата или на линиях, параллельных им;
- расхождения между диагоналями малых квадратов не должны превышать 0,2 мм.

При несоблюдении указанных условий сетку квадратов ставят заново.

Примечание: Для обеспечения требуемой точности построение сетки и последующие графические построения следует выполнять остро отточенным карандашом твердостью не менее 2Т (2Н).

Линии координатной сетки подписывают в соответствии с масштабом 1:2 000 с расчетом, чтобы участок съемки расположился в середине листа. Координаты линий сетки должны быть кратными 200 м (0,2 км) и подписываться в километрах.

При этом надо помнить, что значения абсцисс возрастают с юга на север (снизу-вверх), а ординат – с запада на восток (слева направо). Оцифровка координатной сетки для рассматриваемого примера показана на рис. 3.

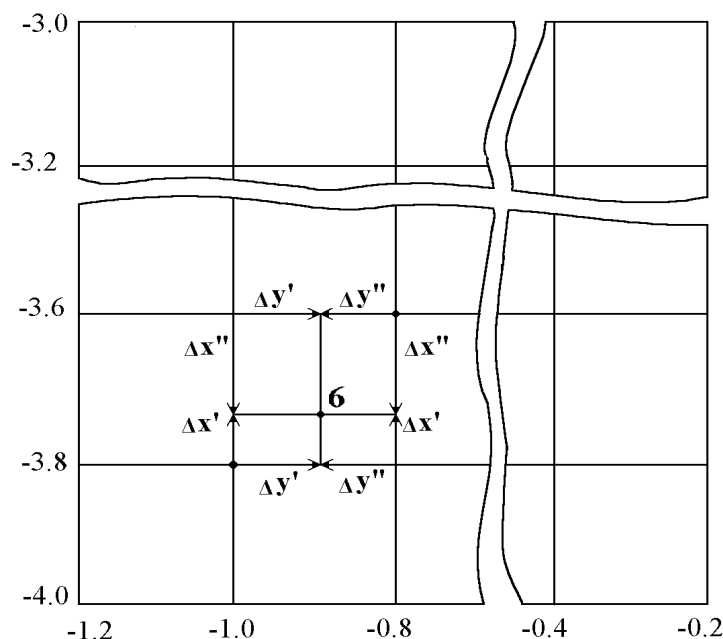


Рис. 3. Пример оцифровки координатной сетки и нанесения точки теодолитного хода на план по ее координатам

Нанесение на план точек съёмочной сети

Нанесение на план точек теодолитных ходов производят по их вычисленным координатам.

Рассмотрим на примере порядок нанесения на план точки б с координатами

$$x_6 = -3727,31 \text{ м}, \quad y_6 = -905,21 \text{ м}.$$

1. Находим квадрат, в котором располагается точка б (см. рис. 3); координаты юго-западного угла этого квадрата

$$x'_0 = -3800 \text{ м}, \quad y'_0 = 1000 \text{ м}.$$

2. Определяем приращения координат точки б над координатами юго-западного угла квадрата:

$$\Delta x' = x_6 - x'_0 = -3727,31 - (-3800,00) = +72,69 \text{ м};$$

$$\Delta y' = y_6 - y'_0 = -905,21 - (-1000,00) = +94,79 \text{ м}.$$

3. На противоположных сторонах квадрата циркулем-измерителем с использованием поперечного масштаба откладываем отрезки, соответствующие приращениям координат $\Delta x'$ и $\Delta y'$. Точки отложения отрезков $\Delta x'$ и $\Delta y'$ на сторонах квадрата попарно соединяем линиями, пересечение которых дает положение наносимой на план точки б.

4. Для контроля производим повторное нанесение точки б относительно северо-восточного угла квадрата по значениям $\Delta x''$ и $\Delta y''$:

$$\Delta x'' = x_6 - x''_0 = -3727,31 - (-3600,00) = -127,31 \text{ м};$$

$$\Delta y'' = y_6 - y''_0 = -905,21 - (-800,00) = -105,21 \text{ м}.$$

Направления откладывания отрезков Δx и Δy от вершин квадратов показаны стрелками (см. рис. 3).

Аналогично наносим по координатам все точки теодолитных ходов.

Правильность нанесения на план точек теодолитного хода обязательно проверяют:

1) *по длинам сторон хода*. Для этого на плане измеряют расстояния между точками хода и сравнивают их с соответствующими горизонтальными проекциями сторон, взятыми из ведомости вычисления координат; расхождения не должны превышать 0,2 мм на плане, т.е. графической точности масштаба;

2) *по горизонтальным углам в ходе*. Измерив геодезическим транспортиром горизонтальные углы между сторонами хода, сравнивают их со значениями соответствующих измеренных углов;

3) *по дирекционным углам сторон хода*. Для этого на плане измеряют дирекционные углы 2–3 сторон хода и сравнивают их с соответствующими значениями, приведенными в ведомости.

Задание 6. Нанесение на план ситуации

Цель работы: научиться наносить ситуацию местности по абрисам (рис. 4).

Приборы и принадлежности: микрокалькулятор, геодезический транспортир, поперечный масштаб, циркуль–измеритель и др. чертежные принадлежности.

Съемка ситуации местности выполнена способами перпендикуляров, полярных координат, засечек и створов; результаты съемки представлены на абрисах (рис. 4). Нанесение на план ситуации выполняют от сторон и точек теодолитных ходов согласно абрисам съемки. Приведенные на абрисах линейные размеры следует умножить на коэффициент, соответствующий номеру варианта задания.

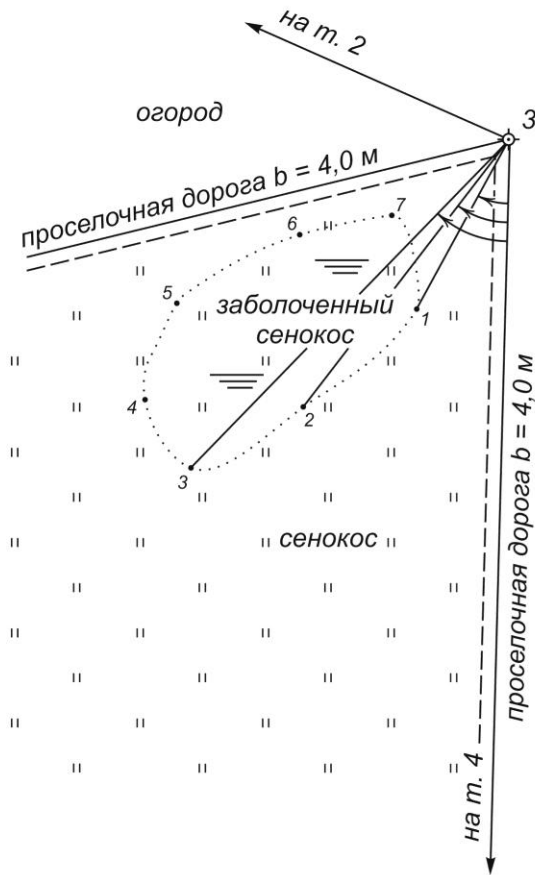
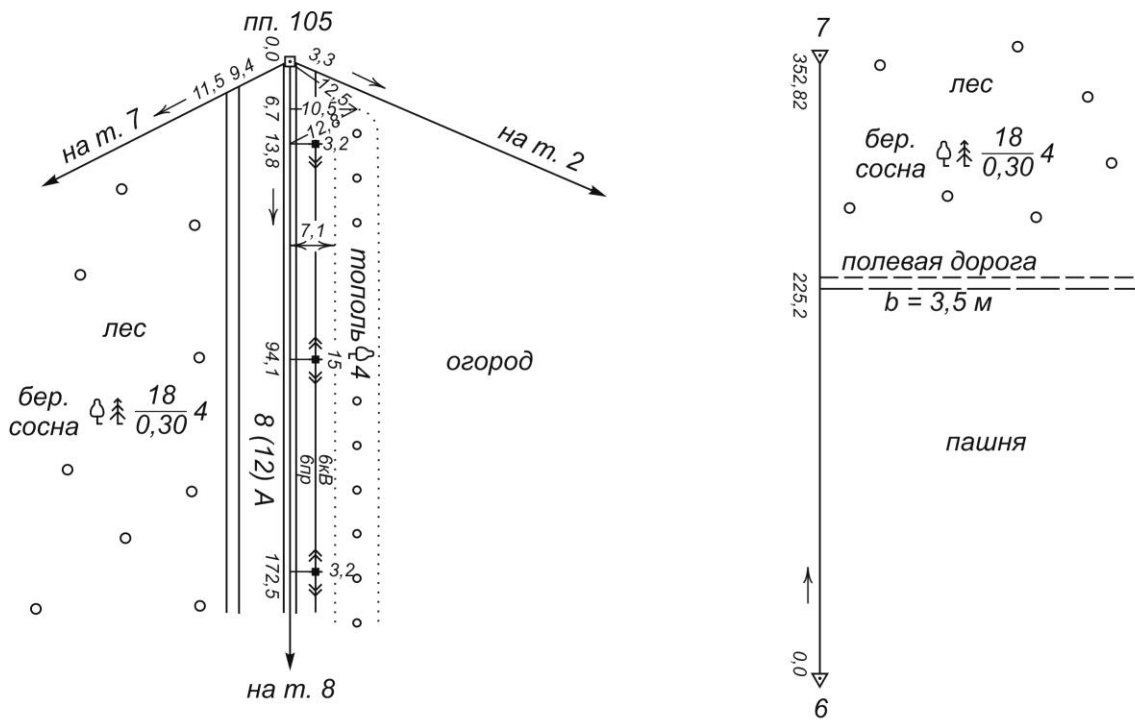
При накладке ситуации на план расстояния откладывают при помощи циркуля–измерителя и масштабной линейки, а углы – геодезическим транспортиром. При нанесении точек, заснятых способом перпендикуляров, перпендикуляры к сторонам хода восстанавливают прямоугольным треугольником.

Для нанесения точек, снятых полярным способом (например, заболоченный сенокос), центр транспортира совмещают с вершиной хода, принятой за полюс (точка 3), а нуль транспортира – с направлением исходной стороны теодолитного хода (сторона 3–4). По дуге транспортира откладывают углы, измеренные при визировании на характерные точки контура заболоченного угла (1, 2, 3, ..., 7) и прочерчивают направления; на этих направлениях откладывают горизонтальные направления до точек, определяемые как

$$d = L \cos^2 \nu,$$

где L – дальномерное расстояние; ν – угол наклона (см. журнал съемки заболоченного сенокоса на рис. 4).

Абрисы



Журнал
съемки заболоченного сенокоса
полярным способом
Станция т. 3 $0^\circ \rightarrow$ т. 4 $i=V=1,40$ м

| Точки визирования | Дальномерное расстояние L, м | Горизонтальный угол β | Угол наклона ν | Горизонт. проложение $d=L\cos^2\nu$, м |
|-------------------|------------------------------|-----------------------------|--------------------|---|
| т. 4 | | $0^\circ 00'$ | | |
| 1 | 49,4 | $42^\circ 45'$ | $-4^\circ 50'$ | 49,1 |
| 2 | 63,8 | $49^\circ 15'$ | $-3^\circ 45'$ | ... |
| 3 | 96,5 | $53^\circ 20'$ | $-2^\circ 29'$ | ... |
| 4 | 97,6 | $63^\circ 10'$ | $-2^\circ 28'$ | ... |
| 5 | 96,7 | $70^\circ 55'$ | $-3^\circ 02'$ | ... |
| 6 | 66,7 | $75^\circ 15'$ | $-3^\circ 36'$ | ... |
| 7 | 48,6 | $66^\circ 10'$ | $-4^\circ 31'$ | ... |
| т. 2 | | $137^\circ 52'$ | | |

Рис. 4. Абрисы съемки ситуации местности

Абрисы

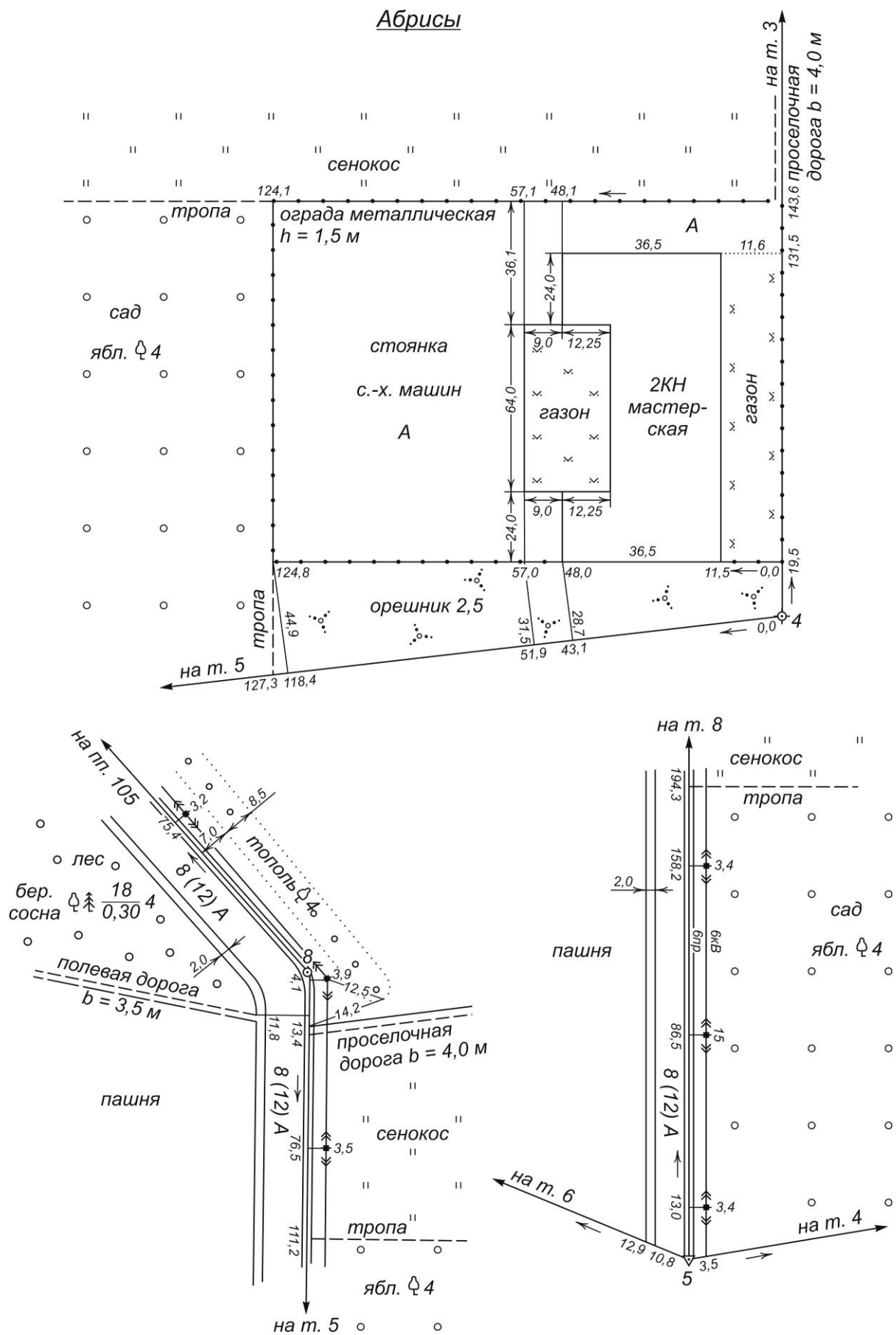


Рис. 5. Абрисы съемки ситуации местности

Нанесение точек способом линейных засечек, выполняемое с помощью циркуля-измерителя, сводится к построению треугольника по трем сторонам, длины которых измерены на местности.

При построении контуров местности на плане все вспомогательные построения выполняют карандашом тонкими линиями; значения углов и расстояний, приведенные в абрисах, на плане не приводятся.

По мере накладки точек на план по ним в соответствии с абрисами вычерчивают предметы местности и контуры и заполняют их установленными условными знаками.

На рис. 5 дан образец ситуационного плана участка местности, на котором приведены номера условных знаков (например, УЗ 417) в соответствии с «Условными знаками для топографических планов и масштабов 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000 и 1:500.-М.: Недра, 1989».

После выполнения зарамочного оформления вычерчивают план тушью с соблюдением правил топографического черчения.

Задание 7. Определение площадей земельных угодий

Цель работы: определять площади земельных участков различными способами.

Приборы и принадлежности: микрокалькулятор, полярный планиметр ПП-М, цифровой планиметр.

Прежде, чем приступить к определению площадей, студент должен изучить различные способы измерения площадей: аналитический (по координатам, измеренным длинам линий и углам на местности), графический (с помощью палеток), и механический (полярным и цифровым планиметрами).

1. Аналитический способ

Аналитический способ вычисления площади полигона по координатам его вершин. При этом удобно использовать формулы, в которые наряду с координатами точек входят приращения координат:

$$2S = \sum_{i=1}^n x_{i+1} \Delta y_i + \sum_{i=1}^n x_i \Delta y_i \quad (14)$$

где x_i, x_{i+1} – координаты предыдущей и последующей точек стороны хода; Δy_i – приращения координат по стороне хода.

Вычисления ведут на основе ведомости вычисления координат, в которой имеются все элементы, входящие в формулу. Расчеты по этой формуле позволяют выполнять постоянный контроль произведений по строкам исходя из следующих соображений:

$$x_{i+1} \Delta y_i - x_i \Delta y_i = (x_{i+1} - x_i) \Delta y_i = \Delta x_i \Delta y_i \quad (15)$$

Для рассматриваемого примера результаты расчета площади участка землепользования в пределах теодолитного полигона пп.105-2-3...-7-п.п.105 приведены в табл. 4.

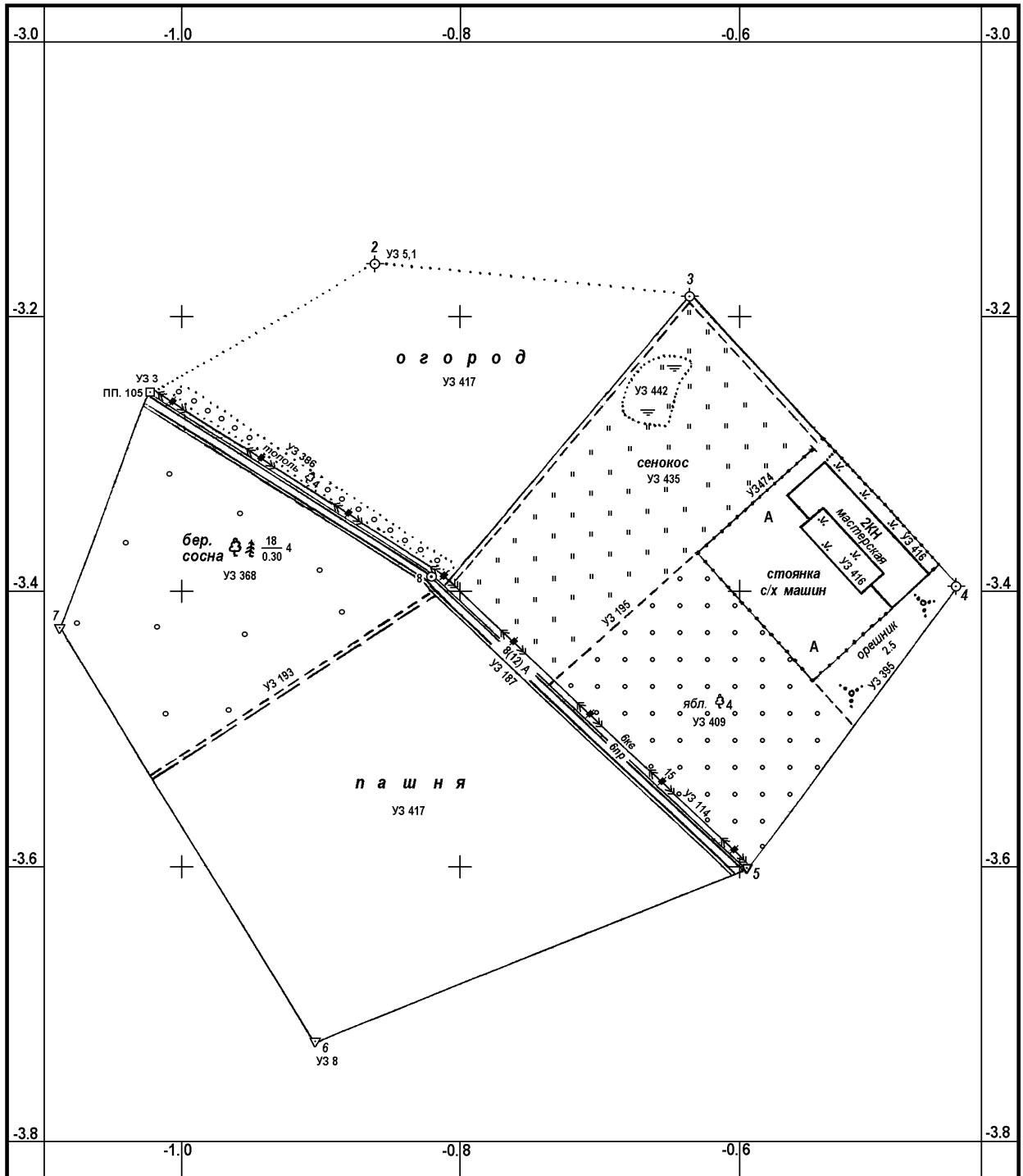
ВОРОНЕЖСКИЙ ГАСУ

Кафедра кадастра недвижимости, землеустройства и геодезии

Система координат местная
Бобровский р-н Воронежской обл.

7-Г

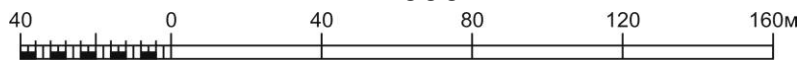
Участок отделения №1



Составил студ. 3211 Гуляев И.С.
Проверил доц. Нетребина Ю.С.

Теодолитная съемка 2012г.

1:2 000



В 1 сантиметре 20 метров

Рис. 6. Ситуационный план участка местности

**Ведомость вычисления площади в пределах теодолитного полигона
аналитическим способом по координатам точек**

| Номера пунк- тов | Исправленные приращения, м | | Координаты, м | | $\Delta y_i x_{i+1}, м^2$ | $\Delta y_i x_i, м^2$ | $\Delta y_i \Delta x_i, м^2$ |
|------------------------|-------------------------------|------------|---------------|----------|---|-----------------------|------------------------------|
| | Δx | Δy | x | y | | | |
| пп.105 | | | -3257,06 | -1026,04 | | | |
| 2 | +97,45 | +161,52 | -3159,61 | -864,52 | -510340 | -526080 | +15740 |
| 3 | -24,19 | +229,66 | -3183,80 | -634,86 | -730091 | -725636 | -5555 |
| 4 | -213,08 | +190,94 | -3396,88 | -443,92 | -648600 | -607915 | -40685 |
| 5 | -203,76 | -151,79 | -3600,64 | -595,71 | +546541 | +515612 | +30929 |
| 6 | -126,67 | -309,50 | -3727,31 | -905,21 | +1153602 | +1114398 | +39204 |
| 7 | +301,60 | -183,08 | -3425,71 | -1088,29 | +627179 | +682396 | -55217 |
| 7 | +168,65 | +62,25 | -3257,06 | -1026,04 | -202752 | -213250 | +10498 |
| пп.105 | | | | | $\Sigma=234439$ | $\Sigma=239525$ | $\Sigma=-5086$ |
| | | | | | $P = \frac{234439 + 239525}{2} = 236982 м^2 = 23,70 га$ | | |

Примечание: Произведения $x_{i+1}\Delta y_i$, $x_i\Delta y_i$ и $x_i\Delta y_i$ следует округлять до целых $м^2$.

В нашем примере

$$S = \frac{\sum x_{i+1} \Delta y_i + \sum x_i \Delta y_i}{2} = \frac{234439 + 239525}{2} = 236982 м^2 = 23,70 га.$$

Этот способ является наиболее точным, так как на точность вычисления площади влияют лишь погрешности угловых и линейных измерений на местности.

Аналитический способ вычисления площадей по результатам измерений длин линий и углов на местности. Для учета площадей под строениями, усадьбами, полями вспашки, посевам и т.п., имеющих прямолинейные очертания, выделяют геометрические фигуры (треугольники, прямоугольники, трапеции, многоугольники), элементы которых известны (рис. 6).

Площади каждой фигуры определяют по формулам геометрии, приведенным ниже.

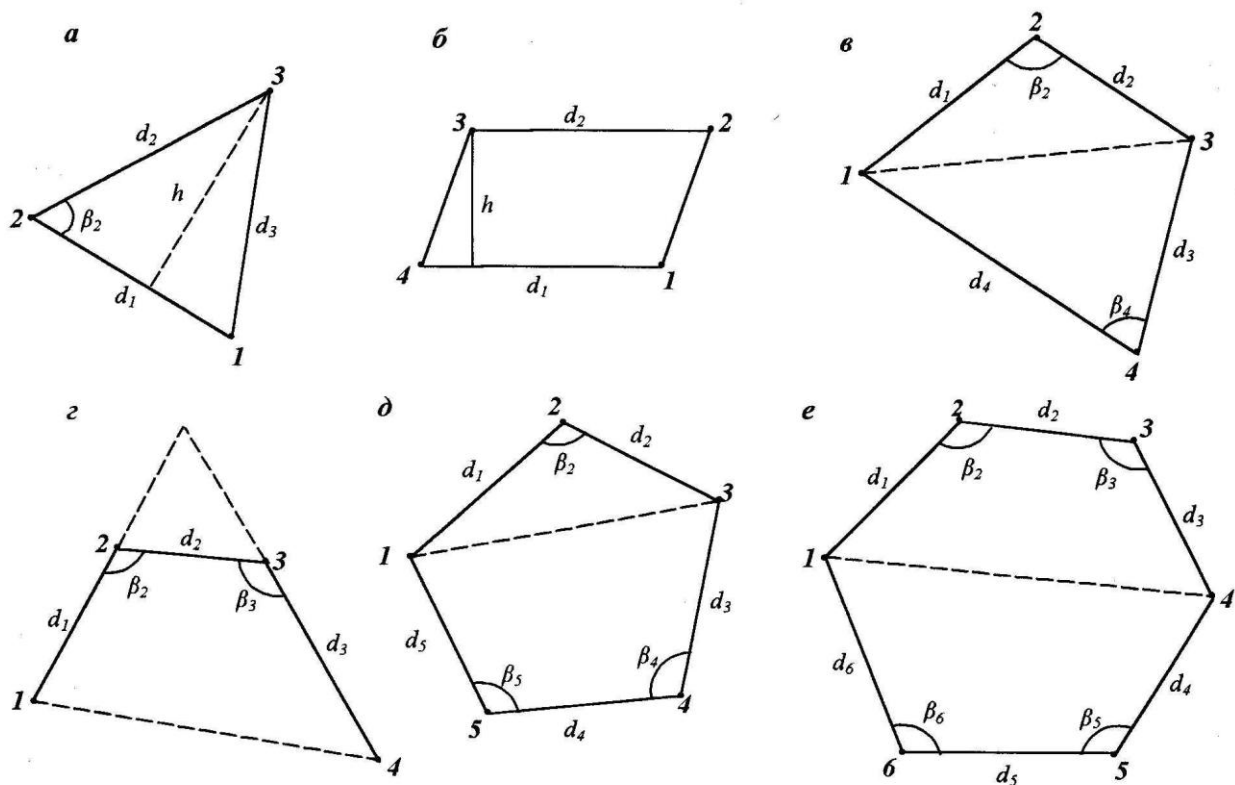


Рис. 7. Схемы к определению площадей геометрических фигур аналитическим способом

Треугольник (рис. 6, а):

$$S_{\Delta} = \sqrt{p(p-d_1)(p-d_2)(p-d_3)} \text{ – формула Герона,}$$

где $p = 0,5(d_1 + d_2 + d_3)$, d_1, d_2, d_3 – стороны треугольника;

$$S_{\Delta} = \frac{d_1 d_2 \sin \beta_2}{2}; \quad S_{\Delta} = \frac{d_1 h}{2},$$

где β_2 – угол между сторонами d_1 и d_2 ; h – высота треугольника.

Трапеция (рис. 6, б):

$$S_{\text{трап}} = \frac{d_1 + d_2}{2} h,$$

где d_1, d_2 – основания трапеции, h – высота трапеции.

Четырехугольник (рис. 6, в, г):

$$S_{\text{чет}} = \frac{d_1 d_2 \sin \beta_2 + d_3 d_4 \sin \beta_4}{2},$$

где (рис. 6, в) d_1, d_2, β_2 и d_3, d_4, β_4 – соответственно по две стороны четырехугольника и углы между ними

$$S_{\text{чет}} = \frac{d_1 d_2 \sin \beta_2 + d_2 d_3 \sin \beta_3 + d_1 d_3 \sin(\beta_2 + \beta_3 - 180^\circ)}{2},$$

где элементы фигуры показаны на рис. 6, з.

по длинам сторон и углам

Пятиугольник (рис. 6, д):

$$S_{\text{пят}} = \frac{d_1 d_2 \sin \beta_2 + d_3 d_4 \sin \beta_4 + d_4 d_5 \sin \beta_5 + d_3 d_5 \sin(\beta_4 + \beta_5 - 180^\circ)}{2}.$$

Шестиугольник (рис. 6, е):

$$S_{\text{шест}} = \frac{d_1 d_2 \sin \beta_2 + d_2 d_3 \sin \beta_3 + d_1 d_3 \sin(\beta_2 + \beta_3 - 180^\circ)}{2} + \frac{d_4 d_5 \sin \beta_5 + d_5 d_6 \sin \beta_6 + d_4 d_6 \sin(\beta_5 + \beta_6 - 180^\circ)}{2}.$$

2. Графический способ

Изображенные на плане участки разбивают на простейшие геометрические фигуры, обычно на треугольники, реже на прямоугольники и трапеции. В каждой фигуре по плану измеряют высоту и основание, по которым вычисляют площадь; сумма площадей фигур дает площадь участка.

Оптимальным вариантом разбивки участка на треугольники будет тот, при котором треугольники получаются примерно равносторонними, т.е. когда их высоты по величине близки к основаниям. Если отдельные элементы фигур известны из измерений на местности (например, стороны теодолитных ходов), то для повышения точности определения площадей в расчетах принимают измеренные на местности их значения. Для контроля и повышения точности площадь треугольника определяют дважды: по двум различным основаниям и высотам. Расхождение между двумя значениями площади фигуры не должны превышать

$$\Delta S_{\text{за}}^{\text{дон}} = \frac{0,04M}{10\,000} \sqrt{S_{\text{за}}},$$

где M – знаменатель численного масштаба; $S_{\text{за}}$ – приближенное значение площади фигуры.

Если расхождение допустимо, то за окончательное значение площади фигуры принимают среднее арифметическое.

Определение площадей с помощью палеток

Определение площадей с помощью палеток выполняется для участков с резко выраженными криволинейными границами.

При определении площадей до 10 см^2 используют параллельную (линейную) палетку (рис. 7, а), представляющую собой лист прозрачной основы, на

которой через равные промежутки $a = 2 \div 5$ мм нанесен ряд параллельных линий.

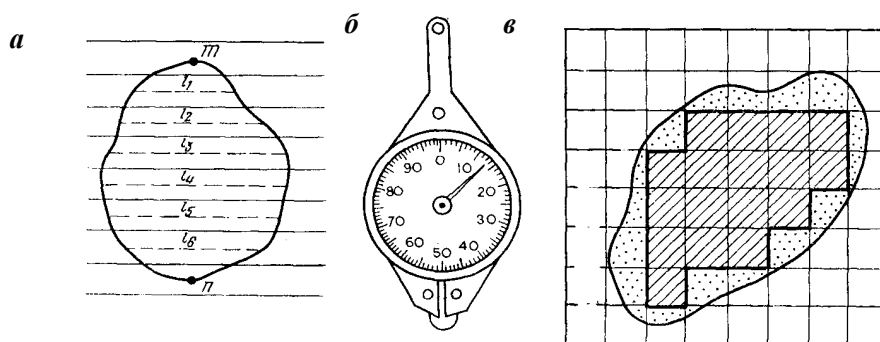


Рис. 8. Определение площадей с помощью палеток:

a – линейная палетка;
 b – курвиметр; $в$ – квадратная палетка

Палетку накладывают на измеряемый участок так, чтобы крайние точки контура разместились посередине между параллельными линиями палетки. В результате измеряемая площадь оказывается расчлененной на фигуры, близкие к трапециям с равными высотами; при этом отрезки параллельных линий внутри контура являются средними линиями трапеции. Следовательно, для определения площади участка с помощью циркуля-измерителя и масштабной линейки следует измерить длины средних линий трапеций l_1, l_2, \dots, l_n и их сумму умножить на расстояние между линиями с учетом масштаба плана, т.е.

$$S = a(l_1 + l_2 + \dots + l_n) = a \sum_{i=1}^n l_i. \quad (16)$$

Суммарную длину отрезков можно измерить с помощью *курвиметра* (см. рис. 7, б). Для этого колесо курвиметра последовательно прокатывают по измеряемым линиям и по разности начального и конечного отсчетов на циферблате определяют длину отрезков в сантиметрах плана. Для контроля измеряют площадь при втором положении палетки, развернув ее на $60-90^\circ$ относительно первоначального положения.

Определение площадей участков до $2-3 \text{ см}^2$ в плане рекомендуется производить с помощью квадратной палетки. Палетка представляет собой (см. рис. 7, в) лист прозрачной основы, на который нанесена сеть квадратов со сторонами $a = 1 \div 5$ мм. По длине стороны квадрата палетки и масштабу плана легко вычислить площадь квадрата палетки s . Например, площадь квадрата палетки со стороной $a = 2$ мм для масштаба $1:2000$ $s = a^2 = 16 \text{ м}^2$. Для определения площади участка палетку произвольно накладывают на план и подсчитывают число N_1 полных квадратов, расположенных внутри контура участка (см. рис. 7, в). Затем оценивают на глаз число квадратов N_2 , составляемых из неполных квадратов у границ участка. Общая площадь измеряемого участка

$$S = s(N_1 + N_2). \quad (17)$$

Для контроля площадь заданного участка измеряют повторно, развернув палетку примерно на 45° .

3. Механический способ определения площадей полярным планиметром

Измерение площадей земельных угодий площадью до 400 см^2 производят полярным планиметром ПП-М при положении полюса вне контура.

Приступая к работе с планиметром, необходимо уяснить методику производства измерений, выполнить поверки и юстировки планиметра и определить его цену деления.

Перед измерением площади участка план закрепляют на гладкой горизонтальной поверхности. Планиметр устанавливают так, чтобы его полюс располагался вне измеряемого участка, а полюсной и обводный рычаги образовывали примерно прямой угол.

Место закрепления полюса выбирают с расчетом, чтобы во время обвода фигуры угол между рычагами был не менее 30° и не более 150° . Совместив обводную точку планиметра с исходной точкой O контура, снимают по счетному механизму начальный отсчет n_0 и плавно обводят весь контур по ходу часовой стрелки. Вернувшись в исходную точку, берут конечный отсчет n . Разность отсчетов $(n - n_0)$ выражает величину площади фигуры в делениях планиметра. Тогда площадь измеряемого участка

$$S = \mu(n - n_0), \quad (18)$$

где μ – цена деления планиметра, т.е. площадь, соответствующая одному делению планиметра.

Определение цены деления планиметра. Цена деления бывает абсолютной ($\mu_{абс.}$), если она выражена в миллиметрах на 1 деление (мм/дел), и относительной ($\mu_{отн.}$), если выражена в квадратных метрах на 1 деление ($\text{м}^2/\text{дел}$) или в гектарах на 1 деление (га/дел) с учетом масштаба данного плана.

Для определения цены деления планиметра выбирают фигуру, площадь которой S_0 известна заранее (например, один или несколько квадратов координатной сетки). С целью получения более высокой точности выбранную фигуру обводят по контуру четыре раза: два раза при положении «полюс право» (ПП) и два – при положении «полюс лево» (ПЛ).

При каждом обводе берут начальный и конечный отсчеты и вычисляют их разность $(n_i - n_{0i})$. Расхождения между значениями разностей, полученными при ПП и ПЛ, не должны превышать: при площади фигуры до 200 делений – 2, от 200 до 2000 делений – 3 и свыше 2000 – 4 деления планиметра. Если расхождения не превышают допустимых, то рассчитывают среднюю разность отсчетов $(n_i - n_{0i})_{ср.}$ и вычисляют цену деления планиметра по формуле

$$\mu = \frac{S_0}{(n - n_0)_{ср.}}. \quad (19)$$

Пример записи результатов измерений и вычислений абсолютной и относительной (для плана масштаба 1:2 000) цены деления планиметра приведен в табл. 5.

Таблица 5

Определение цены деления планиметра

Планиметр ПП-М № 1297

Длина обводного рычага $R = 155,3$ мм; $S_0 = 8$ га (80000 м^2)

| Положение полюса | Отсчеты | Разности отсчетов $n_i - n_{i-1}$ | Средние разности при ПП и ПЛ | Средняя разность $(n - n_0)_{ср.}$ | Цена деления планиметра | |
|------------------|---------|-----------------------------------|------------------------------|------------------------------------|--|---|
| | | | | | абсолютная $\mu_{абс}, \text{мм}^2/\text{дел}$ | относительная $\mu_{отн}, \frac{\text{га} / \text{дел}}{\text{м}^2 / \text{дел}}$ |
| ПП | 1224 | 2050 | 2050,5 | 2051,0 | 9,75 | $\frac{0,00390}{39,0}$ |
| | 3274 | | | | | |
| | 5325 | | | | | |
| ПЛ | 0872 | 2052 | 2051,5 | 2051,0 | 9,75 | $\frac{0,00390}{39,0}$ |
| | 2924 | | | | | |
| | 4975 | | | | | |

Большие площади следует измерять по частям. Для этого измеряемую фигуру делят на части плавными, слегка изогнутыми линиями. Площади слишком узких, вытянутых фигур (дорог, оврагов, речек и т. п.) измерять планиметром не рекомендуется.

Точность определения площадей полярным планиметром зависит главным образом от размеров обводимых фигур; чем меньше площадь, тем больше относительная погрешность ее определения. Поэтому не рекомендуется измерять с помощью планиметра площади участков на плане (карте), меньше $10-15 \text{ см}^2$, так как при этом условии они точнее могут быть измерены графическим способом.

Цифровой планиметр

Цифровой (электронный) планиметр PLANIX 7 (рис. 8) состоит из роликового механизма с двумя роликами 1, обводного механизма (трассера) 2 с линзой 3, дисплея 4 и функциональных клавиш 5. На задней стороне прибора расположено счетное (интегрирующее) колесо 6, головка 7 и гнездо для аккумуляторной батареи 8. Никелево-кадмиевая батарея обеспечивает работу с планиметром в течение 16 часов. Прибор может также работать с питанием как постоянного, так и переменного тока.

Конструктивно прибор решен по схеме линейного планиметра с диапазоном работы по ширине 300 мм и неограниченном по длине. Вычисление площадей выполняется с помощью встроенного микрокалькулятора с точностью 0,2 %.

Экран планиметра представляет собой (рис. 8, в) 8-разрядный жидкокристаллический индикатор (дисплей), на котором высвечиваются символы единиц

измерения ($\text{cm}^2 \diamond \text{in}^2$, $\text{m}^2 \diamond \text{ft}^2$, $\text{km}^2 \diamond \text{acre}$). Выбранная единица измерения отображается при нажатии клавиши UNIT.

a

б

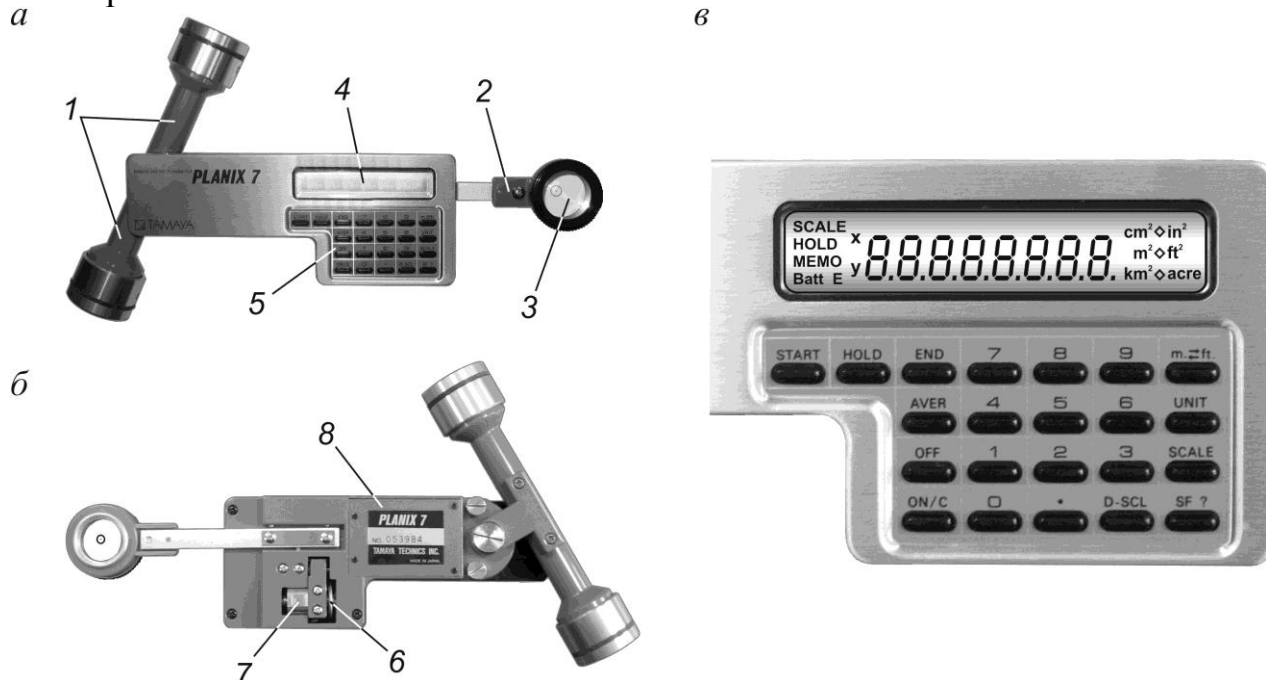


Рис. 9. Цифровой планиметр PLANIX 7: *a* – вид сверху; *б* – вид снизу; *в* – дисплей и панель управления

Назначение функциональных клавиш определяется их подписями, при нажатии которых на экране отображаются соответствующие символы. Так, при нажатии клавиши UNIT символ \diamond отображает выбранную единицу измерения; символ SCALE отображает выбранный масштаб; символ HOLD высвечивается при нажатии клавиши HOLD, при этом отображаемый рисунок фиксируется; при нажатии клавиши END высвечивается символ MEMO и изображаемый рисунок запоминается. При низком уровне заряда батареи на экране высвечивается символ BATT.

Планиметр позволяет выполнять измерения при различающихся горизонтальном и вертикальном масштабах (по осям x и y) с использованием клавиши ввода двойного масштаба D-SCL.

При изучении устройства цифрового планиметра и работе с ним студент должен соблюдать особую осторожность. Нельзя допускать резких толчков и ударов приборов. Во время работы избегать попадания на прибор прямых солнечных лучей и не располагать его близко к нагревательным приборам. Чистка прибора допускается только сухой мягкой тканью. При долговременном простое прибора рекомендуется ежемесячно перезаряжать батареи, что продлит срок их эксплуатации.

Измерение площадей цифровым планиметром выполняют в следующем порядке.

1. Чертеж закрепляют на ровной горизонтальной поверхности. Планиметр размещают таким образом, чтобы роликовый механизм и рамка трассера распо-

лагались под прямым углом друг к другу, а обводная линза находилась примерно посередине контура измеряемой фигуры.

2. Включают прибор нажатием клавиши ON/C; при этом на экране высвечивается цифра «0». Выбор системы мер выполняют после нажатия клавиши $m \rightleftharpoons ft.$; при этом на экране отображаются единицы систем мер, из которых с помощью клавиши UNIT устанавливают необходимую единицу измерений.

Если единицы на экране не высвечиваются, то система находится в *режиме пульсирующего счета*, в котором один импульс соответствует $0,1 \text{ см}^2$ для масштаба 1:1.

3. На контуре фигуры намечают начальную точку и устанавливают на метку кружок обводной линзы и нажимают клавишу START. На экране высвечивается цифра «0», а прибор подтверждает начало работы звуковым сигналом.

4. Обводную линзу плавно перемещают по контуру фигуры по ходу часовой стрелки; при этом на экране постоянно отображаются результаты измерений.

Если во время обвода фигуры произошло небольшое отклонение обводной точки от контура, то для компенсации погрешности следует сделать отклонение на ту же величину в противоположенную сторону.

После завершения обвода контура до начальной точки нажимают клавишу END и на экране получают искомую площадь фигуры. Для повышения точности определения площади фигуры вышеуказанные действия следует выполнить несколько раз подряд. В итоге после нажатия клавиши AVER получают усредненный результат.

5. Если единица измерения не была установлена (см. п. 2), то прибор автоматически выбирает режим пульсирующего счета. В этом случае площадь определяют как произведение количества импульсов на константу единицы площади, равную для масштабов: 1:500 – $2,5 \text{ м}^2$ ($0,25 \text{ м}^2 \times 10$), 1:1 000 – 10 м^2 , 1:2 000 – 40 м^2 , 1:5 000 – 250 м^2 , 1:10 000 – 1000 м^2 и т.д.

Прибор позволяет также выполнять ряд других операций: запоминать площадь измеренной фигуры, накапливать в памяти результаты измерений с помощью клавиши HOLD, измерять и исключать из общей площади фигуры площади вкрапленных контуров и т.п.

Задание 8. Порядок определения площадей земельных угодий, их увязка и составление экспликации

Для определения надлежащей точности определения площадей в рассматриваемом примере (см. рис. 5) работу выполняют в следующей последовательности:

1. Определяют общую площадь S_0 участка землепользования в пределах теодолитного полигона пп.105-2-3-...-7-пп.105 аналитическим способом по координатам точек полигона (см. табл. 4). Значение полученной площади принимают безошибочным (теоретическим).

Для контроля повторно рассчитывают эту площадь аналитическим способом как сумму геометрических фигур с известными горизонтальными длинами сторон и углами между ними (пятиугольника пп.105-8-5-6-7 и шестиугольника пп105-2-3-4-5-8) по приведенным ранее формулам, т.е.

$$S'_0 = S_{\text{пят}} + S_{\text{шест}}.$$

Разность $S'_0 - S_0$ не должна превышать 0,01 га.

2. Общую площадь участка делят на секции; размеры и форму секций выбираются с расчетом, чтобы при работе с планиметром угол между его рычагами не выходил за пределы $30^\circ \div 150^\circ$. В нашем примере можно выделить следующие секции: 1 – пашня, 2 – лес, 3 – огород, 4 – сенокос, 5 – сад (вместе со стоянкой сельхозмашин, зданием мастерской и окружающими их зелеными насаждениями). Для уменьшения невязок по секциям площади узких и вкрапленных контуров угодий (дороги, лесополоса, линия электропередачи, заболоченный сенокос и т.п.) включают в площади близлежащих угодий, в которые они вкраплены. Так, в секцию 1 можно включить шоссе и полевою дорогу, в секцию 4 – проселочную дорогу и заболоченный сенокос и т.д.

3. Планиметром измеряют площади отдельных секций двумя обводами при двух положениях полюса (ПП и ПЛ). Расхождения между значениями разностей отсчетов, полученных при ПП и ПЛ, не должны превышать 3-х делений планиметра. Результаты измерений и вычислений площадей заносят в табл. 6.

4. Сумму площадей всех секций $\sum S_c$ сравнивают с теоретической (рассчитанной аналитическим способом) площадью S_0 и вычисляют невязку площадей $f_s = \sum S_c - S_0$.

Фактическая невязка не должна превышать допустимой, равной $\frac{1}{500} \cdot S_0$. Если невязка площадей допустима, то она распределяется с обратным знаком пропорциональным площадям секций. Сумма исправленных площадей секций должна быть равна теоретической площади участка землепользования, т.е. $\sum S_c^{\text{испр}} = S_0$.

Таблица 6

Определение площадей части землепользования

Планиметр ПП-М № 1297; $R = 155,3$ мм; $\mu_{\text{отн.}} = 0,00390$ га/дел.

| №№ секций | Название угодий | Отсчеты по планиметру | Разности отсчетов | Средн. из разн. при ПП и ПЛ | Измеренная площадь, га | Поправка ΔS_c , га | Увязанная площадь, га |
|-----------|-----------------|-----------------------|-------------------|-----------------------------|------------------------|----------------------------|-----------------------|
| 1 | ... | 0262 | 1928 1929 | 1928,0 | 7,520 | -0,01 | 7,51 |
| | | ПП 2190 4119 | | | | | |
| | | 1347 | 1927 1928 | | | | |
| | | ПЛ 3274 5202 | | | | | |

| №№ секций | Название угодий | Отсчеты по планиметру | Разности отсчетов | Средн. из разн. при ПП и ПЛ | Измеренная площадь, га | Поправка ΔS_c , га | Увязанная площадь, га |
|--|-----------------|--|-------------------|-----------------------------|------------------------|----------------------------|-----------------------|
| <i>В том числе:</i> | | | | | | | |
| 1а | пашня | | | | – | – | 7,12 |
| 1б | шоссе | $256,4 \times 12,0 = 3089 \text{ м}^2 = 0,31 \text{ га}$ | | | 0,31 | – | 0,31 |
| 1в | полевая дорога | $242,0 \times 3,5 = 847 \text{ м}^2 = 0,08 \text{ га}$ | | | 0,08 | – | 0,08 |
| 2 | | ... | ... | ... | 3,94 | –0,01 | 3,93 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 5 | | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| Суммарная площадь секций | | | | | 23,74 | | 23,70 |
| Теоретическая площадь части землепользования | | | | | 23,70 | | |
| Невязка площадей $f_s = \sum S_c - S_0$ | | | | | +0,04 | –0,04 | |
| Допустимая невязка $f_{s\text{дон}} = \frac{1}{500} \cdot S_0$ | | | | | ±0,05 | | |

5. В каждой секции определяют площади отдельных контуров с учетом следующих требований:

- площади узких вытянутых контуров (площади под дорогами, линией электропередачи, лесополосой) вычисляют как площади прямоугольников, длину которых определяют по плану, а ширину принимают по результатам съемки;
- площади контуров прямоугольных очертаний (мастерская, стоянка сельхозмашин, газоны, орешник) вычисляют аналитическим способом по измеренным на местности элементам указанным в абрисах съемки (см. рис. 2);
- площадь вкрапленного контура (заболоченный сенокос) определяют с помощью квадратной палетки;
- площади узких и вкрапленных контуров, а также контуров прямоугольного очертания с измеренными на местности элементами в увязке площадей по секциям не участвуют.

6. После вычисления и уравнивания площадей составляют общий баланс земель по угодьям (экспликацию) для всего участка землепользования. В экспликации приводятся названия земельных угодий с указанием суммарной их площади в пределах участка землепользования.

Кроме указанных выше измерений площадей для контроля студент должен по 2 – 3 раза измерить цифровым планиметром площадь участка землепользования, ограниченного сторонами теодолитного хода, и площадей выделенных секций. Полученные результаты измерений следует сравнить с площадью всего участка, вычисленного по координатам точек аналитическим способом, и площадями отдельных секций, измеренных полярным планиметром.

Вопросы для самоконтроля

1. Что называют невязкой?
2. Что называют увязкой или уравниванием результатов измерений?
3. Приведите формулы вычислений угловой невязки в замкнутом и разомкнутом теодолитных ходах.
4. Как распределяют угловую невязку в теодолитном ходе?
5. Как вычисляют горизонтальное проложение линии, если измерена наклонная длина и угол ее наклона?
6. Приведите формулы определения невязок в приращениях координат в замкнутом и разомкнутом теодолитных ходах.
7. Как распределяют невязки в приращениях координат в теодолитном ходе?
8. Назовите виды контроля вычислений в ведомости определения координат точек теодолитного хода.
9. Что представляет собой привязка теодолитных ходов к пунктам геодезической опорной сети.
10. Назовите способы съемки ситуации местности и объясните сущность каждого из них.
11. Как построить координатную сетку линейкой Дробышева.
12. Как проверяется правильность построения координатной сетки?
13. Как проверяется правильность нанесения на план точек теодолитного хода по их координатам?
14. Назовите способы определения площадей по плану и условия применения каждого из них.
15. Приведите формулы вычисления площадей фигур аналитическим способом.
16. Как измеряются по плану площади участков с прямолинейными границами?
17. Как определить площадь по плану с помощью квадратной и линейной палеток.
18. Основные части полярного планиметра и их назначение.
19. Что такое цена деления планиметра и как она определяется?
20. Правила измерений площадей на плане с помощью полярного планиметра.
21. Приведите формулу вычисления площадей фигур полярным планиметром.
22. Последовательность выполнения работ при определении площадей земельных угодий.
23. Как определяют невязку площадей и как ее распределяют по секциям?
24. Что такое экспликация земельных угодий и какие сведения она содержит?

Библиографический список

1. Поклад, Г.Г. Геодезия: учеб. пособие для вузов/ Поклад Г.Г., Гриднев С.П. - 2-е изд. –М.: Академ.Проект, 2008. - 592 с.
2. Практикум по геодезии: учеб. пособие : рек. УМО / под ред. Г. Г. Поклада; Воронеж. гос. аграрный ун-т им. К. Д. Глинки. - М.: Академический проект: Трикста, 2011. - 485 с.
3. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500. – М.: Недра, 1989.

Оглавление

| | |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ..... | 3 |
| Задание 1. Обработка полевых журналов измерений..... | 3 |
| Задание 2. Привязка теодолитных ходов..... | 6 |
| Задание 3. Вычислительная обработка результатов измерений. Замкнутый ход (полигон). 7 | |
| Задание 4. Вычислительная обработка результатов измерений. Диагональный ход..... | 12 |
| Задание 5. Построение координатной сетки и нанесение на план точек съемочной сети... 13 | |
| Задание 6. Нанесение на план ситуации..... | 16 |
| Задание 7. Определение площадей земельных угодий..... | 19 |
| Задание 8. Порядок определения площадей земельных угодий, их увязка и составление экспликации..... | 28 |
| Вопросы для самоконтроля..... | 31 |
| Библиографический список..... | 32 |

ГЕОДЕЗИЯ.

Раздел «Теодолитная съемка»

*Методические указания
к выполнению лабораторных и практических работ
для студентов 1-го курса, обучающихся по направлению 120700
«Землеустройство и кадастры» и специальности
271101 «Строительство уникальных зданий и сооружений»*

Составители: Гриднев Сергей Петрович
Нетребина Юлия Сергеевна

Подписано в печать 08.11.2013. Формат 60×84 1/16. Уч.-изд. л. 2,0.
Усл.-печ. л. 2,1. Бумага писчая. Тираж 60 экз. Заказ № _____

Отпечатано: отдел оперативной полиграфии издательства учебной литературы
и учебно-методических пособий Воронежского ГАСУ
394006 г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84