

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

Многопрофильный колледж

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ И ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ  
УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**ОП.03 ОСНОВЫ ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ, ТОПОГРАФИЧЕСКАЯ ГРАФИКА**

**для обучающихся специальности  
21.02.19 Землеустройство**

## СОДЕРЖАНИЕ

<u>1 ВВЕДЕНИЕ</u> .....	3
<u>2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ</u> .....	5
<u>Практическое занятие №1</u> .....	5
<u>Практическое занятие №2</u> .....	7
<u>Практическое занятие №3</u> .....	10
<u>Практическое занятие №4</u> .....	14
<u>Практическое занятие №5</u> .....	18
<u>Практическое занятие №6</u> .....	28
<u>Практическое занятие №7</u> .....	31
<u>Практическое занятие №8</u> .....	35
<u>Практическое занятие №9</u> .....	45
<u>Практическое занятие №10</u> .....	53
<u>Практическое занятие №11</u> .....	55
<u>Практическое занятие №12</u> .....	56
<u>Практическое занятие №13</u> .....	64
<u>Практическое занятие №14</u> .....	66
<u>Практическое занятие №15</u> .....	72
<u>Лабораторное занятие №1</u> .....	80
<u>Лабораторное занятие №2</u> .....	88
<u>Лабораторное занятие №3</u> .....	94
<u>Лабораторное занятие №4</u> .....	96
<u>Лабораторное занятие №5</u> .....	102
<u>Лабораторное занятие № 6</u> .....	109
<u>Лабораторное занятие №7</u> .....	118

## 1 ВВЕДЕНИЕ

Важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки обучающихся составляют практические и лабораторные занятия.

Состав и содержание практических и лабораторных занятий направлены на реализацию Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования.

Ведущей дидактической целью практических занятий является формирование профессиональных практических умений (умений выполнять определенные действия, операции, необходимые в последующем в профессиональной деятельности) или учебных практических умений (умений решать задачи), необходимых в последующей учебной деятельности.

Ведущей дидактической целью лабораторных занятий является экспериментальное подтверждение и проверка существенных теоретических положений (законов, зависимостей).

В соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Основы геодезии и картографии, топографическая графика» предусмотрено проведение практических и лабораторных занятий.

В результате их выполнения, обучающийся должен:

**уметь:**

Уд1 читать ситуации на планах и картах;

Уд2 определять географические координаты листа карты заданного масштаба по ее номенклатуре;

Уд3 решать задачи на масштабы;

Уд4 решать прямую и обратную геодезическую задачу.

Уд5 определять по карте истинные азимуты и дирекционные углы заданных направлений;

Уд6 выполнять поверки геодезического оборудования

Уд7 работать с данными в ГИС

Уо 01.02 анализировать задачу и/или проблему и выделять её составные части;

Уо 01.03 определять этапы решения задачи;

Уо 01.07 оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника);

Уо 01.08 выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы;

Уо 02.02 определять необходимые источники информации;

Уо 02.04 структурировать получаемую информацию; выделять наиболее значимое в перечне информации;

Уо 02.05 оценивать практическую значимость результатов поиска;

Уо 02.08 использовать различные цифровые средства для решения профессиональных задач;

Уо 02.09 проявлять культуру информационной безопасности при использовании информационно-коммуникационных технологий;

Уо 03.02 применять современную научную профессиональную терминологию;

Уо 04.02 эффективно работать в команде.

Содержание практических и лабораторных занятий ориентировано на подготовку обучающихся к освоению профессионального модуля программы подготовки специалистов среднего звена по специальности и овладению **профессиональными компетенциями:**

ПК 1.1 Выполнять полевые геодезические работы на производственном участке;

ПК 1.2 Выполнять топографические съемки различных масштабов;

ПК 1.3 Выполнять графические работы по составлению картографических материалов;

ПК 1.4 Выполнять кадастровые съемки и кадастровые работы по формированию земельных участков;

ПК 1.5 Выполнять дешифрирование аэро- и космических снимков для получения информации об объектах недвижимости;

ПК 1.6 Применять аппаратно-программные средства для расчетов и составления топографических, межевых планов;

**А также формированию общих компетенций:**

ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02 Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК 03 Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях;

ОК 04 Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде.

Выполнение обучающихся практических и лабораторных работ по учебной дисциплине «Основы геодезии и картографии, топографическая графика» направлено на:

- *обобщение, систематизацию, углубление, закрепление, развитие и детализацию полученных теоретических знаний по конкретным темам учебной дисциплины;*

- *формирование умений применять полученные знания на практике, реализацию единства интеллектуальной и практической деятельности;*

- *формирование и развитие умений: наблюдать, сравнивать, сопоставлять, анализировать, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследования, пользоваться различными приемами измерений, оформлять результаты в виде таблиц, схем, графиков;*

- *приобретение навыков работы с различными приборами;*

- *развитие интеллектуальных умений у будущих специалистов: аналитических, проектировочных, конструктивных и др.;*

- *выработку при решении поставленных задач профессионально значимых качеств, таких как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива.*

Практические и лабораторные занятия проводятся в рамках соответствующей темы, после освоения дидактических единиц, которые обеспечивают наличие знаний, необходимых для ее выполнения.

## 2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

### Тема 2 Изображение земной поверхности на сфере и плоскости Практическое занятие №1

#### Решение задач на определение номенклатуры листа карты заданного масштаба по географическим координатам точки лежащей внутри листа

**Цель:** научиться определять географические координаты листа карты заданного масштаба по ее номенклатуре

#### Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

Уд1 читать ситуации на планах и картах;

Уд2 определять географические координаты листа карты заданного масштаба по ее номенклатуре;

Уо 01.02 анализировать задачу и/или проблему и выделять её составные части;

Уо 01.03 определять этапы решения задачи;

Уо 01.07 оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника);

Уо 01.08 выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы;

Уо 02.02 определять необходимые источники информации;

Уо 02.04 структурировать получаемую информацию; выделять наиболее значимое в перечне информации;

Уо 02.05 оценивать практическую значимость результатов поиска;

Уо 02.08 использовать различные цифровые средства для решения профессиональных задач;

Уо 02.09 проявлять культуру информационной безопасности при использовании информационно-коммуникационных технологий;

Уо 03.02 применять современную научную профессиональную терминологию.

#### Материальное обеспечение:

схемы, плакаты, таблицы

#### Задание:

1 Определить географические координаты листа карты.

#### Порядок выполнения работы:

1 Определить долготу осевого меридиана зон.

2 Определить в каких зонах осевые меридианы имеют долготу.

3 По номенклатуре карты *N* - 35 определить географические координаты углов рамки листа карты

#### Ход работы:

По номенклатуре карты *N* - 35 определить географические координаты углов рамки листа карты.

Данная номенклатура соответствует масштабу 1:1000000, так как содержит только порядковый номер колонки 35 и номер ряда 14, соответствующий латинской букве *N* (табл. 1).

Таблица 1.-Порядковый номер латинских букв

1. A	7. G	13. M	19. S
------	------	-------	-------

2. В	8. Н	14. N	20. Т
3. С	9. I	15. O	21. U
4. D	10. J	16. P	22. V
5. E	11. К	17. Q	23. Z
6. F	12. L	18. R	

Для определения широты северной рамки  $\varphi_c$  листа масштаба 1:1000000 порядковый номер буквы ряда умножают на  $4^\circ$ , а широта южной рамки  $\varphi_{ю}$  на  $4^\circ$  меньше широты северной рамки, тогда

$$\varphi_c = 4^\circ \cdot 14 = 56^\circ \text{ с. ш.},$$

$$\varphi_{ю} = 56^\circ - 4^\circ = 52^\circ \text{ с. ш.}$$

При определении долготы меридиана восточной рамки  $\lambda_B$  (для восточного полушария) от номера колонки отнимается 30 и оставшееся число умножается на  $6^\circ$ , тогда долгота восточного меридиана равна

$$\lambda_B = (35 - 30) \cdot 6^\circ = 30^\circ \text{ в. д.},$$

долгота западного меридиана будет иметь долготу  $\lambda_3 = 30^\circ - 6^\circ = 24^\circ \text{ в. д.}$

#### **Форма представления результата:**

Оформленная работа предоставляется преподавателю на проверку в тетради, или по средствам использования образовательного портала МГТУ

**Критерии оценки:** логичность представленного материала, рациональность выбранной структуры работы, аккуратность. наглядность, характеристика в соответствии с рекомендациями.

- Оценка «**отлично**» ставится, если задание выполнено верно и даны полные ответы на вопросы.

- Оценка «**хорошо**» ставится, если ход выполнения задания верный, но была допущена одна или две ошибки, либо в ответах на вопросы допущена неточность.

- Оценка «**удовлетворительно**» ставится, если приведено неполное выполнение задания (упущены важные технические характеристики), либо в ответах на вопросы допущены грубые ошибки.

- Оценка «**неудовлетворительно**» ставится, если задание не выполнено.

## Тема 2 Изображение земной поверхности на сфере и плоскости Практическое занятие №2

### Определение географических координат листа карты заданного масштаба по ее номенклатуре. Определение номенклатуры смежных листов карты разных масштабов

**Цель:** научиться определять географические координаты листа карты заданного масштаба по ее номенклатуре

#### Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

Уд1 читать ситуации на планах и картах;

Уд2 определять географические координаты листа карты заданного масштаба по ее номенклатуре;

Уо 01.02 анализировать задачу и/или проблему и выделять её составные части;

Уо 01.03 определять этапы решения задачи;

Уо 01.07 оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника);

Уо 01.08 выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы;

Уо 02.02 определять необходимые источники информации;

Уо 02.04 структурировать получаемую информацию; выделять наиболее значимое в перечне информации;

Уо 02.05 оценивать практическую значимость результатов поиска;

Уо 02.08 использовать различные цифровые средства для решения профессиональных задач;

Уо 02.09 проявлять культуру информационной безопасности при использовании информационно-коммуникационных технологий;

Уо 03.02 применять современную научную профессиональную терминологию.

#### Материальное обеспечение:

схемы, плакаты, таблицы

#### Задание:

1 Определить географические координаты листа карты.

#### Порядок выполнения работы:

1. По номенклатуре  $N-35-41-A$  определить географические координаты углов рамки листа карты

2. Определите номенклатуру листа карты масштаба 1:500000 для Казани (широта  $\varphi = 55^{\circ}50'$ , долгота  $\lambda = 46^{\circ}48'$ )

#### Ход работы:

Рассматриваем номенклатуру листа, в которой ( $N-35$ ) - это номенклатура листа карты масштаба 1:1000000, 41 - номер листа карты масштаба 1:100000, А - номер листа карты масштаба 1:50000. По номенклатуре  $N - 35$  определяем координаты углов трапеции листа масштаба 1:1000000 (см. пример 3):

$\varphi_{с} = 56^{\circ}$  с. ш.,

$\varphi_{ю} = 52^{\circ}$  с. ш.,  $\lambda_{в} = 30^{\circ}$  в. д.,

$\lambda_{з} = 24^{\circ}$  в. д.

Листы карты масштаба 1:100 000 расположены по 12 в ряд (рис. 1). Поэтому 41 лист карты находится в 4-м ряду от северной рамки и в 5-м от западной рамки миллионного листа.

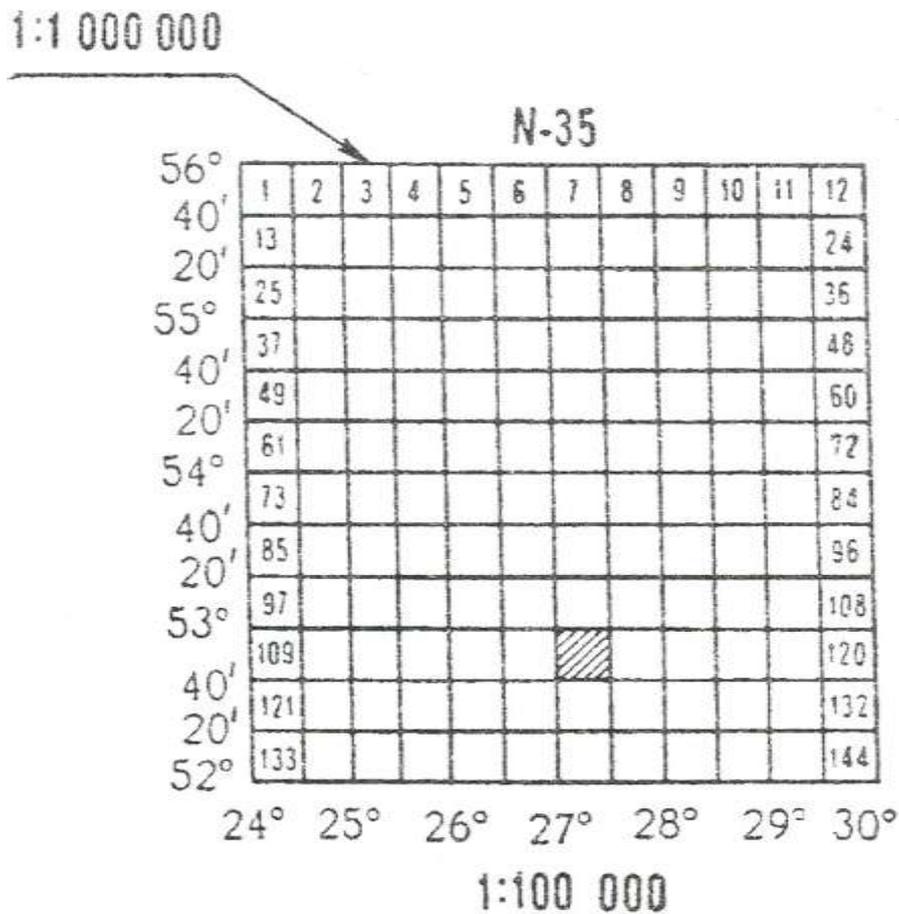


Рис. 1. Разграфка листа карты масштаба 1:100 000

Размеры листа масштаба 1:100 000 по широте 20' («'» - минута) и по долготе 30', тогда координаты углов трапеции листа масштаба 1:100 000 будут равны:

$$\varphi_{\text{с}} = 54^{\circ} 40' + 20' = 55^{\circ} 00' \text{ с. ш.};$$

$$\varphi_{\text{ю}} = 56^{\circ} - (4 \cdot 20') = 54^{\circ} 40' \text{ с. ш.};$$

$$\lambda_{\text{в}} = 24^{\circ} + (5 \cdot 30') = 26^{\circ} 30' \text{ в. д.},$$

$$\lambda_{\text{з}} = 26^{\circ} 30' - 30' = 26^{\circ} 00' \text{ в. д.}$$

Лист масштаба 1:50 000 расположен в северо-западном углу карты масштаба 1:100 000. Его северная и западная рамки совпадают с соответствующими рамками листа карты масштаба 1:100 000 и имеют ту же широту и долготу (рис. 2). По размерам листа карты масштаба 1:50 000 (10' по широте и 15' по долготe) определяем координаты листа карты с номенклатурой N-35-41-A

$$\varphi_{\text{с}} = 55^{\circ} 00' \text{ с. ш.};$$

$$\varphi_{\text{ю}} = 55^{\circ} 00' - 10' = 54^{\circ} 50' \text{ с. ш.},$$

$$\lambda_{\text{в}} = 26^{\circ} 00' + 15' = 26^{\circ} 15' \text{ в. д.}, \quad \lambda_{\text{з}} = 26^{\circ} 00' \text{ в. д.}$$

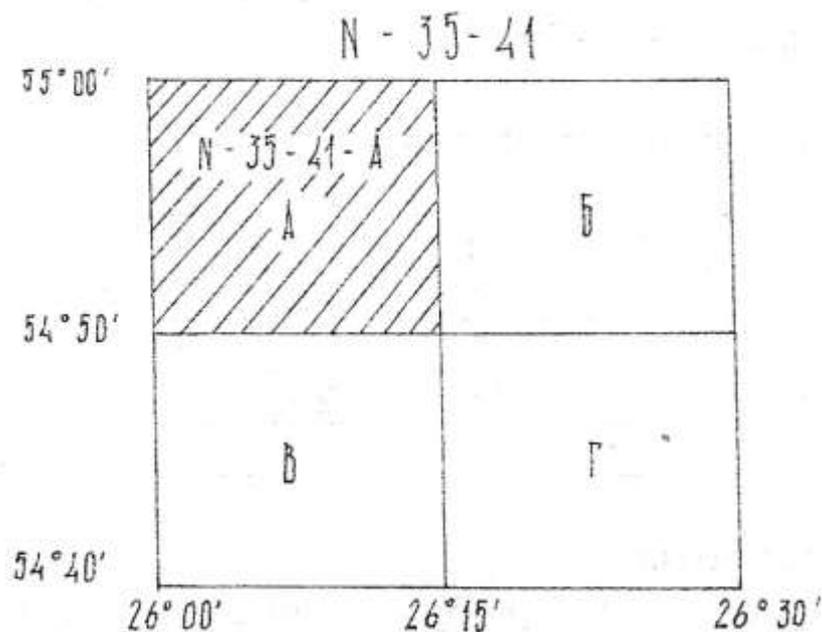


Рис. 2. Определение координат углов трапеции масштаба 1:50000

**Форма представления результата:**

Оформленная работа предоставляется преподавателю на проверку в тетради, или по средствам использования образовательного портала МГТУ

**Критерии оценки:** логичность представленного материала, рациональность выбранной структуры работы, аккуратность, наглядность, характеристика в соответствии с рекомендациями.

- Оценка «отлично» ставится, если задание выполнено верно и даны полные ответы на вопросы.

- Оценка «хорошо» ставится, если ход выполнения задания верный, но была допущена одна или две ошибки, либо в ответах на вопросы допущена неточность.

- Оценка «удовлетворительно» ставится, если приведено неполное выполнение задания (упущены важные технические характеристики), либо в ответах на вопросы допущены грубые ошибки.

- Оценка «неудовлетворительно» ставится, если задание не выполнено.

### Тема 3. Топографические карты и планы.

#### Практическое занятие №3

#### Решение задач на масштабы

**Цель:** научиться пользоваться численным и линейным масштабом

**Выполнив работу, Вы будете:**

уметь:

Уд1 читать ситуации на планах и картах;

Уд3 решать задачи на масштабы;

Уо 01.02 анализировать задачу и/или проблему и выделять её составные части;

Уо 01.03 определять этапы решения задачи;

Уо 01.07 оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника);

Уо 01.08 выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы;

Уо 02.02 определять необходимые источники информации;

Уо 02.04 структурировать получаемую информацию; выделять наиболее значимое в перечне информации;

Уо 02.05 оценивать практическую значимость результатов поиска;

Уо 02.08 использовать различные цифровые средства для решения профессиональных задач;

Уо 02.09 проявлять культуру информационной безопасности при использовании информационно-коммуникационных технологий;

Уо 03.02 применять современную научную профессиональную терминологию.

**Материальное обеспечение:** схемы, плакаты, таблицы

**Задание:**

Вычислите длину линии на местности  $S_m$ , для данных, приведенных в таблице 1. Результаты запишите в соответствующую графу таблицы 1.

Таблица 1

Масштаб карты	Длина отрезка на карте, мм	Длина линии на местности $S_m$ , м	Масштаб карты	Длина отрезка на плане, мм	Длина линии на местности, м
1:10000	62,5		1:1000		
1:25000	20,2		1:500		
1:5000	12,5		1:2000		
1:50000	6,2		1:5000		

Таблица 2

Масштаб карты	Длина отрезка на карте, мм	Длина линии на местности $S_m$ , м	Масштаб карты	Длина отрезка на плане, мм	Длина линии на местности, м
1:2000		80,4	1:50000		
1:5000		380,5	1:1000		
1:10000		536	1:500		
1:25000		625	1:2000		

Часто в геодезической практике приходится определять масштабы аэроснимков. Для этого измеряют длину отрезка на аэроснимке и длину горизонтального проложения этой линии на местности. Затем, используя определение масштаба, вычисляют масштаб.

Например: длина отрезка на аэроснимке 2.21 см.; длина горизонтального проложения этой линии на местности 428,6 м.

Тогда, согласно определению:

$$\frac{1}{M} = \frac{S_p}{S_m} = \frac{2,21}{428,6} = \frac{1}{19394}$$

**Задача №2** Определите масштабы аэроснимков, по данным приведенным в таблице 3. результаты записать в соответствующую графу таблицы 3

Таблица 3

№п/п	Длина горизонтального приложения на местности м	Длина отрезка на аэроснимке	Отношение в соответствующих единицах	Масштаб аэроснимка
1	625 м	62,5 мм	62,5 мм	1:10000
2	525 м	5,25 см		
3	125,5 м	2,51 см		
4	62,2 м	31,1 см		

Точность масштаба

Длины линий на местности, соответствующие 0,1 мм карты (плана) называется точностью масштаба -  $t_m$ . Это величина, характеризующая точность определения длин линий по карте (плану). Например: точность масштаба 1:25000 равна 2,5 м.

Расчет можно вести следующим образом:

в 1 см - 250м;

в 1 мм - 25 м;

в 0,1 мм-2,5 м

или  $t_0 = 0,1\text{мм} * 25000 = 2,5 \text{ м}$ .

Задача №3

а) Определите точность масштабов:

1:10000  $t_m =$

1:50000  $t_m =$

1:1000  $t_m =$

1:500  $t_m =$

б) Точность масштаба карты (плана) равна:

$t_{m1} = 0,5\text{м}$ ;  $t_{m2} = 0,05\text{М}$ ;  $t_3 =$  \_\_\_\_\_;  $t_4 =$  \_\_\_\_\_;

Определите масштаб карты (плана).

$1/M_1 =$  \_\_\_\_\_;  $1/M_2 =$  \_\_\_\_\_;  $1/M_3 =$  \_\_\_\_\_;  $1/M_4 =$  \_\_\_\_\_;

**Задача №4** На карте масштаба 1:10000 (рис. 1) показан раствор измерителя, равный расстоянию между двумя точками карты KL. Используя приведенный ниже график линейного масштаба (рис.2), определите длины горизонтальных приложений линий местности для всех вариантов.

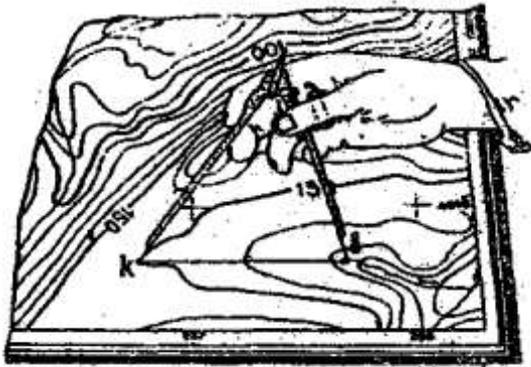


рис. 1.

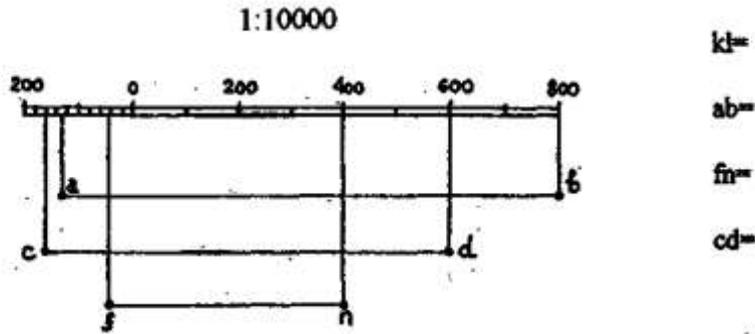


Рисунок 2

**Задача №5** На графике поперечного масштаба (рис.3) с основанием равным 2 см., утолщенными линиями с номерами, обозначен раствор измерителя, равный расстоянию между двумя точками карты



Рисунок 3

Определите длины горизонтальных проложений линий местности для следующих вариантов:

I вариант, масштаб 1:10000	II вариант, масштаб 1:5000
$S_1 =$	$S_1 =$
$S_2 =$	$S_2 =$
$S_5 =$	$S_5 =$
$S =$	$S =$
III вариант, масштаб 1:2000	IV вариант, масштаб 1:
$S_1 =$	$S_1 =$
$S_2 =$	$S_2 =$
$S_5 =$	$S_5 =$
$S =$	$S =$

Указание: в начале определите расстояния на местности (в соответствующем масштабе) для отрезков 0-2; а1в1; а2в2; а3в3.

Задача №6 Постройте диаграмму масштаба 1:2000 на чертежной бумаге с основанием 2,5 см; число делений по основанию и по высоте принять равным 10 ( $n=m=10$ ). Подпишите деления по основанию и высоте (через одно). Диаграмму приклеить, на оставленное ниже место.

Масштаб 1:2000

**Форма представления результата:**

Оформленная работа предоставляется преподавателю на проверку в тетради, или по средствам использования образовательного портала МГТУ

**Критерии оценки:** логичность представленного материала, рациональность выбранной структуры работы, аккуратность, наглядность, характеристика в соответствии с рекомендациями.

- Оценка «**отлично**» ставится, если задание выполнено верно и даны полные ответы на вопросы.

- Оценка «**хорошо**» ставится, если ход выполнения задания верный, но была допущена одна или две ошибки, либо в ответах на вопросы допущена неточность.

- Оценка «**удовлетворительно**» ставится, если приведено неполное выполнение задания (упущены важные технические характеристики), либо в ответах на вопросы допущены грубые ошибки.

- Оценка «**неудовлетворительно**» ставится, если задание не выполнено.

### Тема 3. Топографические карты и планы Практическое занятие №4.

#### Определение высот точек, крутизны и формы ската

**Цель:** научиться определять по карте точки местности.

#### Выполнив работу, Вы будете:

**уметь:**

Уд1 читать ситуации на планах и картах;

Уд3 решать задачи на масштабы;

Уо 01.02 анализировать задачу и/или проблему и выделять её составные части;

Уо 01.03 определять этапы решения задачи;

Уо 01.07 оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника);

Уо 01.08 выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы;

Уо 02.02 определять необходимые источники информации;

Уо 02.04 структурировать получаемую информацию; выделять наиболее значимое в перечне информации;

Уо 02.05 оценивать практическую значимость результатов поиска;

Уо 02.08 использовать различные цифровые средства для решения профессиональных задач;

Уо 02.09 проявлять культуру информационной безопасности при использовании информационно-коммуникационных технологий;

Уо 03.02 применять современную научную профессиональную терминологию.

#### Материальное обеспечение:

методические указания, опорные плакаты.

#### Задание:

1. Изучить основные понятия и определения карт.
2. Научиться определять по карте точки местности.

#### Порядок выполнения работы:

**Высотой точки** является расстояние, отсчитываемое по направлению отвесной линии от уровенной поверхности до данной точки.

Численное значение высоты точки называется *отметкой*.

**Горизонталью** называется кривая линия, соединяющая все точки местности с равными отметками. Отметки горизонталей кратны высоте сечения рельефа.

Под графиком линейного масштаба на карте подписано (см. рис. 4.1): сплошные горизонталы проведены через 5 метров, т.е. высота сечения рельефа  $h$  равна 5 м.

При такой высоте сечения горизонталы с отметкой кратной 25 м изображаются на карте утолщёнными линиями. Если высота горизонталей кратна 5 или 10 м, её подписывают в разрыве.

Подписи наносят таким образом, чтобы верх цифр указывал сторону повышения рельефа. На рисунке 4.1 подписаны горизонталы с отметкой 75 м. и 80 м.

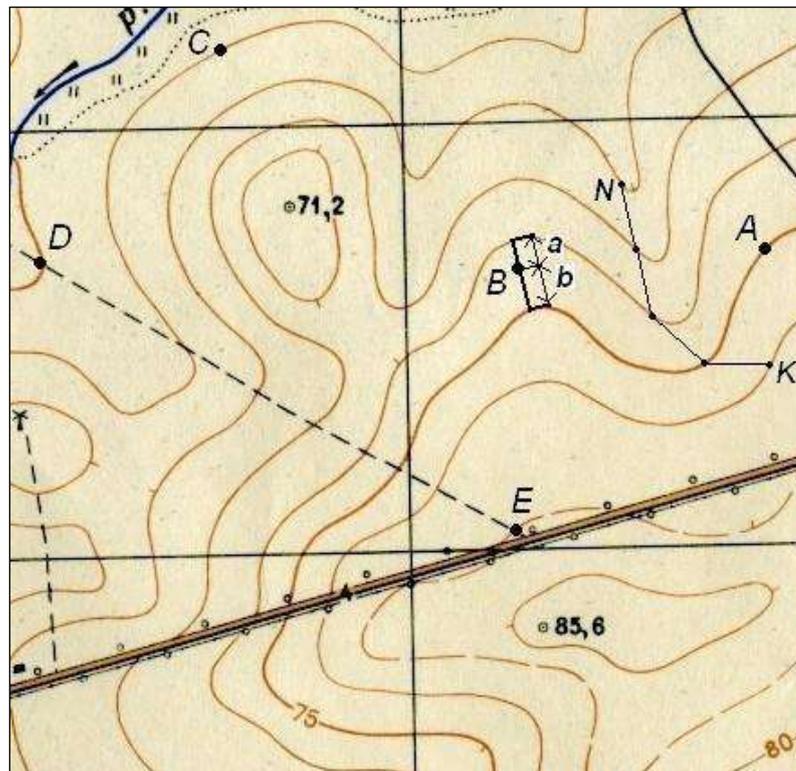


Рисунок 4.1. Определение отметок точек на карте с горизонталями

Для определения высоты неподписанной горизонтали находят ближайшую подписанную и по числу интервалов между ними с учётом направления ската определяют высоту искомой горизонтали. При этом необходимо правильно установить направление ската, т.е. в какую сторону от данной горизонтали высоты увеличиваются, а в какую – уменьшаются. Местность всегда понижается к водотокам (рекам, ручьям). Также для того, чтобы сделать чертёж более наглядным, горизонтали сопровождают небольшими черточками, которые ставятся перпендикулярно горизонталям, по направлению ската (в сторону стока воды, т.е. понижения). Эти черточки называются *бергштрихи*.

Там, где заложения скатов большие, наносят штриховые линии – *полугоризонтالي*, которые отстоят по высоте от соседних горизонталей на половину высоты сечения рельефа, т.е.  $0.5h$ .

При определении высот точек возможны три случая:

1. Точка лежит на горизонтали. В этом случае отметка точки равна отметке горизонтали (см. рис. 4.1):  $H_A = 75$  м;  $H_C = 55$  м.

2. Точка лежит на скате между горизонталями.

На рис. 12 между горизонталями лежит точка В. Чтобы найти высоту точки, через нее проводят кратчайшее заложение, масштабной линейкой измеряют длину отрезков  $a$  и  $b$  и подставляют в выражение

$$H_B = 70 + \frac{a}{a+b} \cdot h = 70 + \frac{5}{5+7} \cdot 5 = 72.08 \text{ м,}$$

где  $h$  – высота сечения рельефа.

Отрезок  $a$  измеряют от точки до горизонтали с меньшей высотой.

3. Точка лежит на скате между горизонталью и полугоризонталью. В этом случае через точку проводят кратчайшее расстояние между горизонталью и полугоризонталью, масштабной линейкой измеряют длину отрезков  $a$  и  $b$  и подставляют в выражение

$$H_B = H_r + \frac{a}{a+b} \cdot 0.5h,$$

где  $H_r$  – отметка горизонтали (полугоризонтали) с меньшей высотой.

## Определение крутизны ската заданной линии

Крутизна ската по направлению линии определяется двумя показателями – уклоном и углом наклона (см. рисунок 4.2).

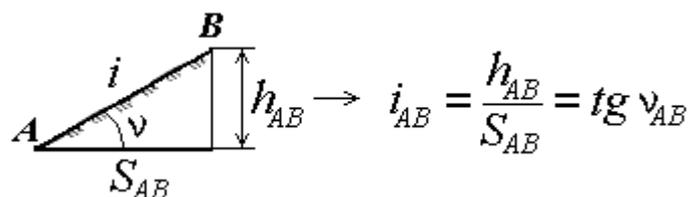


Рисунок 4.2. Определение крутизны ската линии

**Уклоном линии** называется тангенс угла наклона линии к горизонту. Он определяется как **отношение превышения  $h_{AB}$  к горизонтальному проложению  $S_{AB}$** . Уклон может быть положительным или отрицательным, его выражают в тысячных – промиллях (‰) или в процентах (%). Например,  $i = 0,020 = 20 \text{ ‰} = 2 \%$ .

**Пример.** Высоты точек:  $H_A = 75 \text{ м}$ ;  $H_B = 72.08 \text{ м}$ .

Расстояние между точками **A** и **B** на карте равно 2.3 см. Масштаб карты 1:25000, т.е. 1 см на карте соответствует 250 м на местности. Тогда  $S_{AB} = 2.3 \cdot 250 = 575 \text{ м}$ .

Вычисляем уклон линии

$$i_{AB} = \frac{H_B - H_A}{S_{AB}} = \frac{72.08 \text{ м} - 75 \text{ м}}{575 \text{ м}} = -0.00508 = -0.508\% = -5.08\text{‰}$$

**Определяем угол наклона**

$$\nu_{AB} = \arctg(i_{AB}) = \arctg(-0.00508) = -0.29^\circ = -0^\circ 17' 27''.$$

**Определение отметок точек**

Отметка точки, расположенной на горизонтали, равна отметке этой горизонтали. Если же точка (**S**) находится между двумя смежными (не одноименными) горизонталями (рис. 4.3), то отметку получают расчетным путём, для чего через эту точку проводят линию, приблизительно перпендикулярную горизонталям, и измеряют в миллиметрах отрезки **ML** и **MS**. Превышение  $\Delta h$  точки **S** над **M** определяется из пропорции, вытекающей из подобия треугольников, т. е.  $ML - h$

$$MS - \Delta h, \quad (1.6)$$

где  $h$  – высота сечения рельефа.

$$\Delta h = MS \text{ (мм)} \times h \text{ (м)} / ML \text{ (мм)}. \quad (1.7)$$

Отметка точки **S** будет равна:  $102,5 + \Delta h$ .

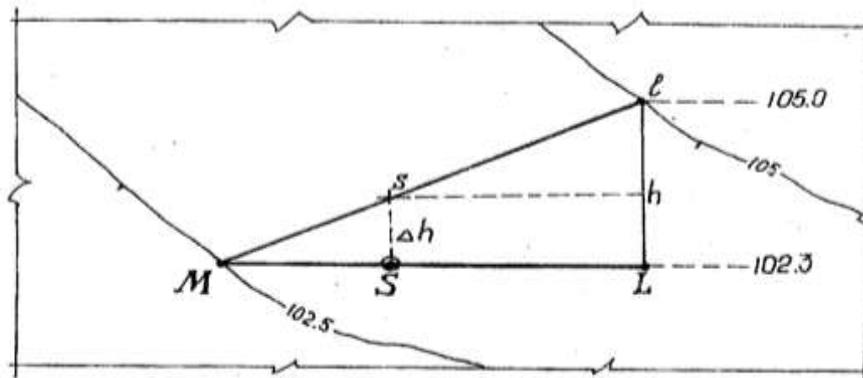


Рисунок 4.3 – Определение отметки точки

**Форма представления результата:**

Предоставить в конспекте решенные домашние задачи.

**Критерии оценки:** логичность представленного материала, рациональность выбранной структуры работы, аккуратность, наглядность, характеристика в соответствии с рекомендациями.

- «Отлично» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, умения сформированы, выполнена схема, отражающая все требования.

- «Хорошо» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые умения сформированы недостаточно, составленная схема содержит неточности.

- «Удовлетворительно» - теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые умения работы с освоенным материалом в основном сформированы, выполненная структура содержит неточности.

- «Неудовлетворительно» - теоретическое содержание курса не освоено, необходимые умения не сформированы, выполненное задание содержит грубые ошибки.

### Тема 3. Топографические карты и планы Практическое занятие №5.

#### Измерение по карте длин линий и горизонтальных углов

**Цель работы:** научиться измерять по карте длину линий, измерять горизонтальные углы.

#### Выполнив работу, Вы будете:

##### уметь:

Уд1 читать ситуации на планах и картах;

Уд3 решать задачи на масштабы;

Уо 01.02 анализировать задачу и/или проблему и выделять её составные части;

Уо 01.03 определять этапы решения задачи;

Уо 01.07 оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника);

Уо 01.08 выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы;

Уо 02.02 определять необходимые источники информации;

Уо 02.04 структурировать получаемую информацию; выделять наиболее значимое в перечне информации;

Уо 02.05 оценивать практическую значимость результатов поиска;

Уо 02.08 использовать различные цифровые средства для решения профессиональных задач;

Уо 02.09 проявлять культуру информационной безопасности при использовании информационно-коммуникационных технологий;

Уо 03.02 применять современную научную профессиональную терминологию.

#### Материальное обеспечение:

методические указания, опорные плакаты.

#### Задание:

1. определить по карте точки местности;
2. определить по карте длину линии;
3. измерить по карте горизонтальные углы.

#### Краткие сведения:

Топографическая карта – это особенная общегеографическая карта, она детальна и крупномасштабна, изображает местность практически приближенной к плоскости. Часто это что-то среднее между планом и картой. Используют знаки плана, но с географической сеткой. В школе эта тема изучается только в 6-м классе в разделе “План и карта”.

К 11-му классу учащиеся забывают все азы этой темы, и на дополнительных занятиях я уделяю особенное внимание повторению изученного ранее. А подготовка к ЕГЭ часто напоминает изучение нового материала.

#### Порядок выполнения работы:

Пользуясь этой картой, мы рассмотрим и решим несколько типов заданий.

**Во-первых**, рассмотрим масштаб. Здесь представлены все 3 вида:

– Численный  $1:10.000$  – это значит, что в 1 см на плане или карте 10.000 см в действительности. Для реальных вычислений этот масштаб неудобен.

– Именованный в 1 см 100 м – этим масштабом будем пользоваться при вычислениях расстояний по прямой (по линейке).

– Справа изображен линейный масштаб – этим масштабом будем пользоваться при вычислениях расстояний по кривой (с помощью циркуля с двумя иголками). Например, длину изгиба р. Беличка по карте.

**Задача № 1. Найди расстояние от точки А до точки Б.**

1. Берем линейку и измеряем расстояние по прямой от А до Б – 10 см.

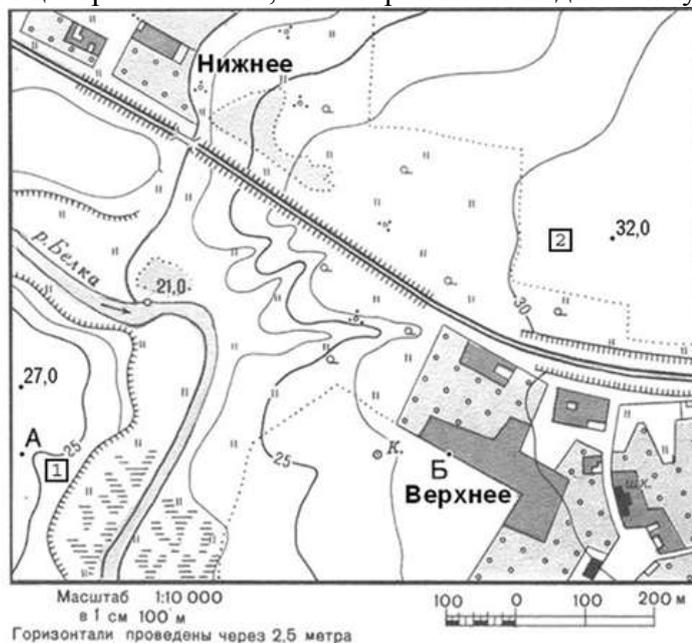
2. По именованному масштабу нам известно, что в 1 см на карте 100 м в действительности. Значит, чтобы найти расстояние надо  $100 \text{ м} * 10 \text{ см} = 1000 \text{ м}$  или 1 км.  
Ответ: 1 км.

Могут быть задания по переводу из одного масштаба в другой и наоборот. Например, численный масштаб 1: 50.000.000 переведите в именованный. Сколько нулей мы должны убрать? в 1 м 100 см – это 2 нуля + в 1 км 1000м – это 3 нуля, итого надо убрать 5 нулей.

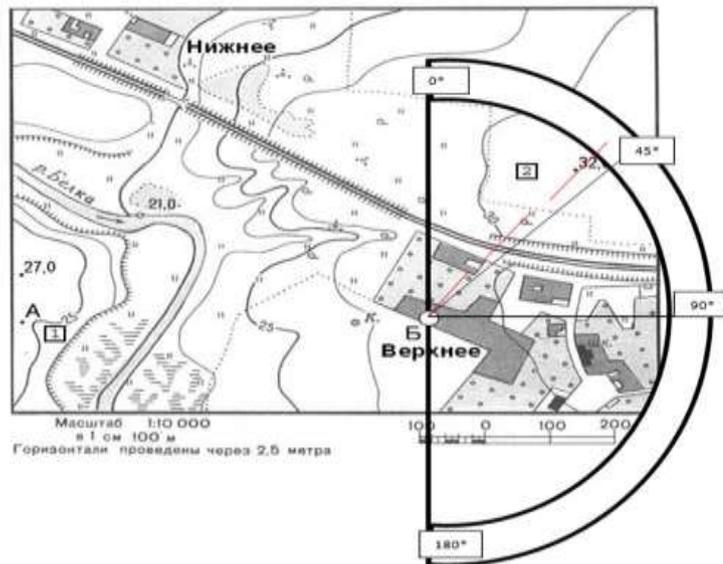
Ответ: в 1 см 500 км.

**Во-вторых**, задания по определению азимута, прямого и обратного. Для решения этих задач вам потребуется транспортир. Его тоже, как и линейку, можно брать на экзамен и на ЕГЭ.

Главное запомнить – транспортир надо прикладывать не горизонтально, а вертикально: по направлению север – юг. А центр – это точка, от которой мы находим азимут.

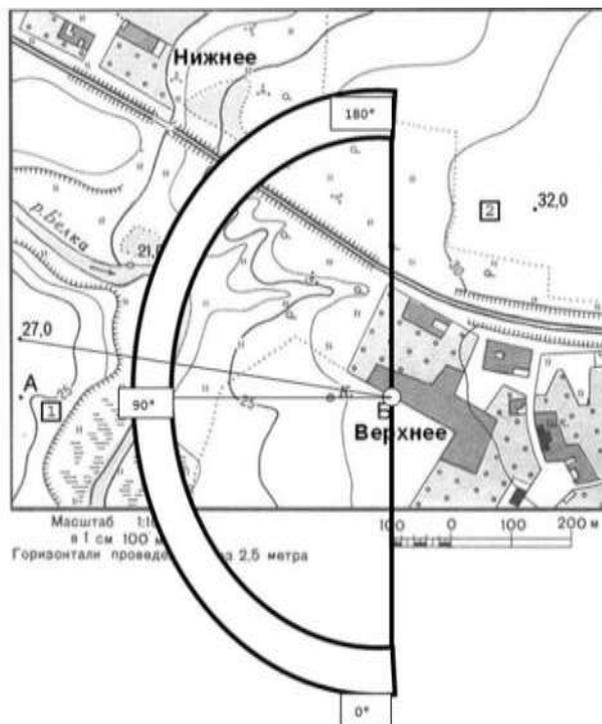


**Задача № 2. Определите по карте азимут, по которому надо идти от точки Б до точки высоты 32 м.**



Ответ: 42 градуса.

Обратный азимут найдем так:  $360 - 42 = 318^*$  (т.е. от т.32 м до точки Б).

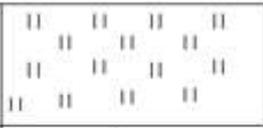
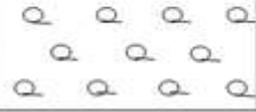


**Задача № 3. Определите по карте азимут, по которому надо идти от точки Б до точки высоты 27 м.**

Ответ: Здесь надо помнить, что определяют по кругу по часовой стрелке от севера. Это значит, что 180 градусов уже есть. Плюс еще 100 градусов. Итого – 280\*.

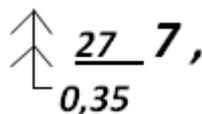
**В-третьих**, задания по определению знаков плана.

Например, определить соответствие:

А		1	Сад	В		3	Редколесье
Б		2	Луг	Г		4	Болото

Ответ: А-2, Б-4, В-1, Г-3. Почти все знаки плана и топографической карты можно найти в атласе 6 класса.

Но есть ряд знаков, которых нет в атласе, но есть на экзамене:



1. На зеленом цвете леса стоит знак *сосна*

27 – средняя высота деревьев,

0,35 – средняя толщина дерева,

7 – среднее расстояние между деревьями.

**Д5121-6**

2. Около моста стоит знак **15**

Д – материал постройки,

5 – высота над уровнем воды, м.

121 – длина моста, м.

6 – ширина моста, м.

15 – грузоподъемность в тоннах.

3.

<p>Около шоссе: 9x2Ц</p> <p>9 – ширина одной полосы в м.</p> <p>2 – количество полос.</p> <p>Ц – материал покрытия (цеменобетон).</p> <p>А – асфальт</p> <p>Г – гравий</p>	<p>12(17)А</p> <p>12 – ширина покрытой части дороги в м.</p> <p>17 – ширина всей дороги от канавы до канавы в м.</p>
--	--

4. Крутизна ската (КС) – называют угол склона ската к горизонтальной плоскости, чем

$$КС = \frac{60 * h}{d}$$

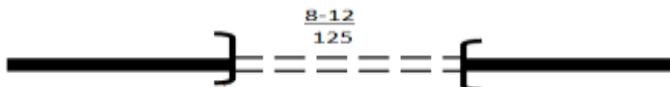
этот угол больше, тем скат круче. Рассчитывают по формуле:

где h – высота ската в м., d – заложение ската (длина) в м.

Например, h – 30м. d – 600м.

$$КС = \frac{60 * 30}{600} :$$

$$= 3 \text{ градуса.}$$



5. Около туннеля

8 – высота туннеля, 12 – ширина, 125 – длина в м.

Напомню правила составления плана:

1) Знать знаки и другие обозначения (например горизонтالي и бергштрихи).

2) Знаки суши, в том числе и названия населенных пунктов (их пишут горизонтально), рисуются черным цветом.

3) Знаки водных объектов – синим цветом, в том числе и названия водоемов (названия рек – по течению, названия озер – горизонтально).

4) Каждый объект имеет точечную границу.

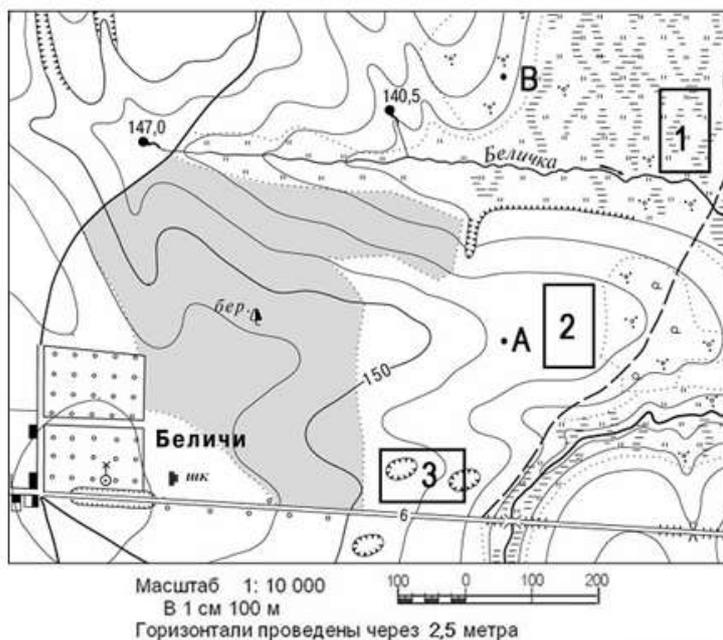
5) Одноэтажные, деревянные постройки тонируются желтым цветом, высотные – черным. Асфальтированные дороги – красным, лес – зеленым.

6) Почти все знаки плана рисуются в шахматном порядке (сад – столбиками, болота и солончаки – хаотично параллельно, овраг – по границе склона).

7) Самое главное – сориентировать план по отношению к северу.

Север – верх плана, юг – низ, правая сторона – восток, левая – запад. Но могут быть и задачи на засыпку: определенную часть карты повернули в любом другом направлении и задание таково: определить стороны горизонта. Здесь надо ориентироваться по меридианам (все соединяются на северном полюсе), и параллелям (они направлены с запада на восток).

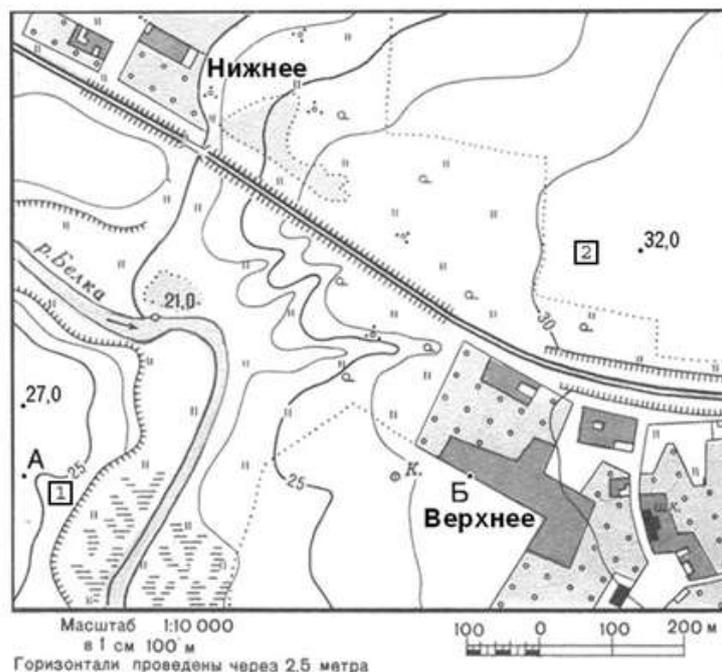
**В-четвертых**, в ЕГЭ используют топографические карты для разнообразных логических задач. Приведу в пример некоторые задания из прошлых лет.



**Задача 1:** Оцените, какой из участков, обозначенных на карте цифрами 1, 2 и 3, наиболее подходит для устройства тренировочного футбольного поля школьной команды. Для обоснования своего ответа приведите не менее двух доводов.

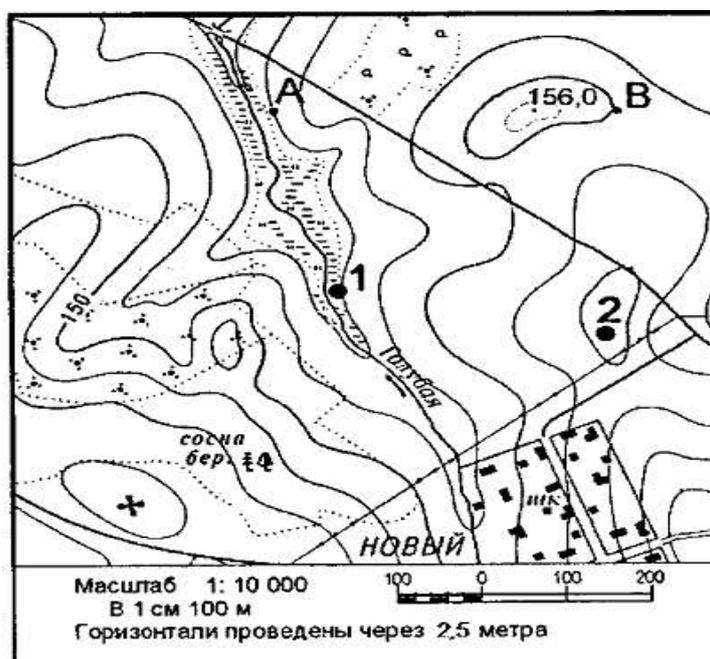
*Ответ:* Для этих целей подходит площадка № 2. Потому что она ровная. № 1 не подходит, потому что она заболоченная. № 3 тоже не подходит, потому что на ней есть овраги.

**Задача 2:** Оцените, какую из площадок, обозначенных на карте цифрами 1 и 2, лучше выбрать для сооружения ветровой энергетической установки, предназначенной для аварийного энергоснабжения школы в селе Верхнее. Свой выбор обоснуйте.



*Ответ:* Для сооружения ветровой энергетической установки более подходит площадка № 2. Во-первых, потому что она находится на более высоком уровне (площадка № 2 на высоте 32 м, а №1 – 25 м. Во-вторых, от площадки № 1 надо тянуть линию электропередач (ЛЭП) через болото и реку. В-третьих, площадка №2 ближе к школе.

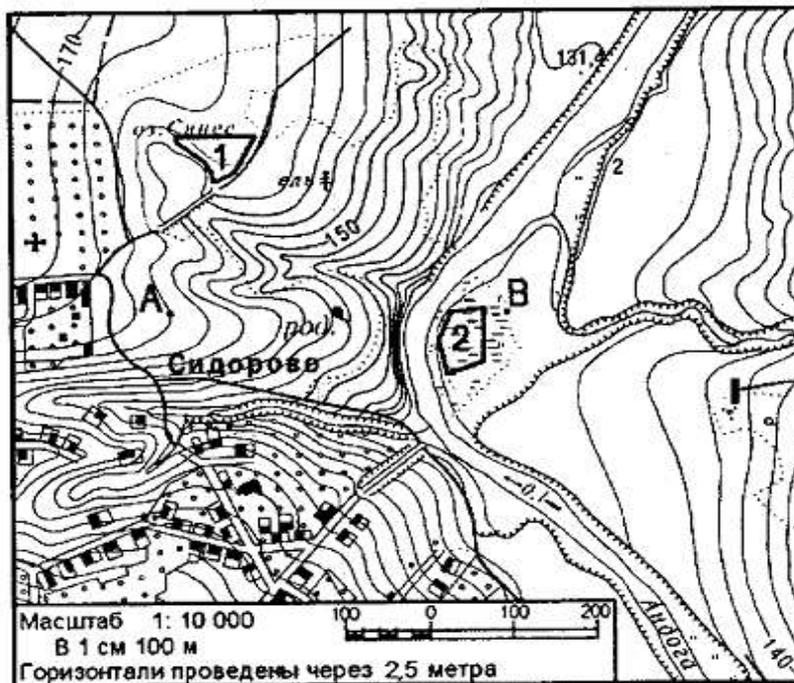
**Задача № 3.** Для строительства колодца с ветряным двигателем, предназначенного для водоснабжения поселка Новый, предлагаются площадки, обозначенные на карте цифрами 1 и 2.



**Определите, какими преимуществами обладает площадка 2, если известно, что водоносные слои на обеих площадках залегают на одинаковой глубине.**

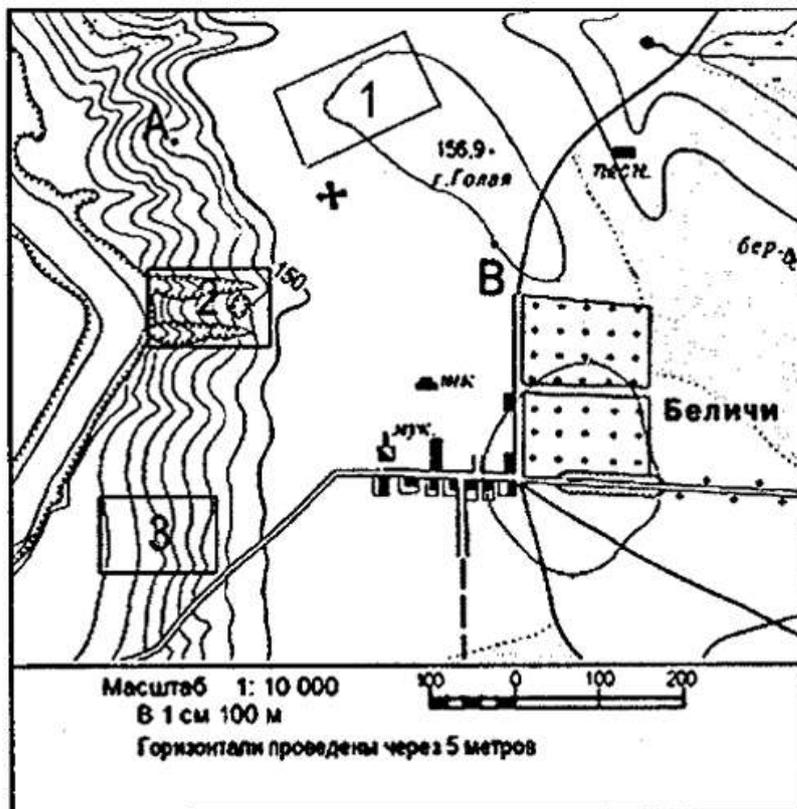
*Ответ:* Во-первых, ветряной двигатель надо ставить на значительной высоте – площадка 2 находится выше чем площадка 1. Во-вторых, площадка 1 находится на болоте. В-третьих, площадка 2 ближе чем площадка 1, значит длина труб для подачи воды меньше.

**Задача № 4.** Оцените, какой из участков, обозначенных на карте цифрами 1 и 2, лучше выбрать для размещения новой базы отдыха. Свой выбор обоснуйте.



*Ответ:* Для строительства новой базы отдыха подходит участок №1. Во-первых, здесь более ровная территория. Во-вторых, этот участок рядом с дорогой, а значит к нему будет удобный подъезд в течении всего года. И еще участок расположен рядом с озером. Это тоже очень важно для базы отдыха. Участок №2 хоть и находится рядом с рекой, но территория заболочена.

**Задача № 5.**



Оцените, какой из участков, обозначенных на карте цифрами 1, 2 и 3, наиболее подходит для тренировок членов школьной горнолыжной секции. Для обоснования своего ответа приведите два довода.

*Ответ:* Наиболее подходит для тренировок участок №3. Участок №1 слишком пологий, да и от дороги до него долго идти. Участок №2 овражист и находится около реки. А это опасно. Участок №3 имеет склон, находится рядом с дорогой.

**И наконец, самая трудная работа по топографической карте – построение профиля.**

Этой работе уделю максимум внимания, так как в программах по географии эту тему вообще не изучают. Даже иллюстрации профилей материков в атласах за 7 класс имеются, а в учебниках об этом – ни слова.

**Измерение по картам длин**

Прямолинейные отрезки на карте измеряют с помощью циркуля и линейки с миллиметровыми делениями способом створов, кривые линии - разбивкой на прямые отрезки постоянным раствором циркуля, курвиметром. При установке циркуля на карте и линейном масштабе необходимо, чтобы ножки циркуля были перпендикулярны плоскости карты или масштаба.

Производя измерения, надо бережно обращаться с картой, не делать грубых наколов циркулем, а также чернильных пометок. Карандашные пометки обязательно аккуратно после стереть.

В полевых условиях, при отсутствии данных приборов можно использовать способ влажной нитки.

Любые измерения на карте неизбежно сопровождаются погрешностями (ошибками). Например, при измерении линии длиной 10 см, возможна относительная ошибка в 1-2 мм. Более точные результаты измерений получают при использовании карт крупных масштабов.

Определяя расстояния между объектами, не учитываются спуски и подъемы по гористой местности. Поэтому получаемый по карте результат следует с учетом характера местности и масштаба карты умножить на поправочный коэффициент (табл. 5.1).

Таблица 5.1 - Поправочный коэффициент

Местность	Поправочный коэффициент		
	1 : 50 000	1 : 100 000	1 : 200 000
Горная	1,15	1,2	1,25
Холмистая	1,05	1,1	1,15
Равнинная	1,0	1,0	1,05

Измерять заданное расстояние надо между главными точками условных знаков, изображающих названные объекты, стрелочки указывают эти точки для разных типов условных знаков.



Рисунок 5.1 - Некоторые внемасштабные знаки.

Стрелочки указывают те точки знаков, которые соответствуют центрам самих изображаемых объектов (главная точка условного знака)

**Задание 1.** Определите расстояние по прямой между двумя пунктами (используя линейку) по карте “Труновское” (1: 50 000):

- г. Полетная (кв. 0381) - г. Маниста (кв. 9887);
- г. Маниста (кв. 9887) - г. Упорная (кв. 0788);
- школа с. Валуевка (кв. 1186) - г. Безопасная (кв. 0993);
- школа с. Заветное (кв. 0185) - перевал Вагай (кв. 0294).

Например, г. Полетная (кв. 0381) - г. Маниста (кв. 9887); расстояние между объектами измеряют линейкой в (см) = 15,4 см, масштаб карты 1: 50 000, в 1 см 500 м,  $15,4 \text{ см} \cdot 500 \text{ м} = 7700 \text{ м} = 7,7 \text{ км}$ ; местность горная, поэтому необходимо умножить на поправочный коэффициент  $7,7 \text{ км} \cdot 1,15 = 8,85 \text{ км}$ .

**Задание 2.** Определите расстояние используя способ влажной нитки по карте “Труновское” (М1:50 000). Влажную нитку накладывают на исследуемый объект и при помощи линейки узнают ее длину в (см). Используя масштаб карты находят расстояние.

- по прямой от т. 551,0 (кв. 9889) до т. 502,1 (кв. 0689);
- длину реки Мана от водопада Угрюмый (кв. 0986) до отметки уреза воды 28,1 (кв. 1484).

**Задание 3.** По карте “Труновское” (1: 50 000) измерить раствором циркуля-измерителя длину отрезка реки Гутара от дома лесника (кв. 0782) до отметки уреза воды 24,5 (кв. 1281).

- “шаг” циркуля - 5 мм;
- “шаг” циркуля - 4 мм;
- “шаг” циркуля - 3 мм. Сравнить результаты.

Измерения длины извилистой линии сводится к последовательному откладыванию малого его раствора по измеряемой линии. Для того, чтобы найти длину заданного отрезка в метрах или километрах, необходимо определить цену одного раствора.

*Например*, в результате измерений отрезка реки раствором, равным 2 мм по карте масштаба 1: 100 000, получилось 63 раствора:

а) т.к. 1 см на карте соответствует 1км на местности, то в 1 мм содержится 100 м, а в 2 мм - 200 м. Это и есть цена раствора циркуля.  $63 \cdot 200 \text{ м} = 12600 \text{ м} = 12,6 \text{ км}$ ;

б)  $2 \text{ мм} \cdot 63 \text{ раствора} = 126 \text{ мм} = 12,6 \text{ см} \cdot 1 \text{ км} = 12,6 \text{ км}$ .

**Задание 4.** Определите расстояние между объектами, используя циркуль и линейный масштаб карты “Труновское” (1: 50 000).

Небольшие расстояния на карте между двумя пунктами по прямой линии легче и быстрее определить, пользуясь линейным масштабом карты. Для этого достаточно циркулем, раствор которого равен расстоянию между заданными точками на карте, приложить к линейному масштабу и снять отсчет в (м) или (км).

Раствор циркуля должен располагаться на линейном масштабе так, чтобы правая игла находилась точно на одном из штрихов вправо от 0, а левая - в пределах левого основания масштаба.

а) от т. 644,0 (кв. 9787) до т. 551,0 (кв. 9889);

б) от т. 532,6 (кв. 9984) до т. 623,3 (кв. 9986);

в) от склада горючего (кв. 0184) до школы с. Заветное (кв. 0185).

#### **Форма представления результата:**

Предоставить в конспекте решенные домашние задачи.

**Критерии оценки:** логичность представленного материала, рациональность выбранной структуры работы, аккуратность, наглядность, характеристика в соответствии с рекомендациями.

- «Отлично» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, умения сформированы, выполнена схема, отражающая все требования.

- «Хорошо» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые умения сформированы недостаточно, составленная схема содержит неточности.

- «Удовлетворительно» - теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые умения работы с освоенным материалом в основном сформированы, выполненная структура содержит неточности.

- «Неудовлетворительно» - теоретическое содержание курса не освоено, необходимые умения не сформированы, выполненное задание содержит грубые ошибки.

### Тема 3. Топографические карты и планы Практическое занятие №6.

#### Построение по карте линий с заданным уклоном и определение уклонов линий

**Цель:** научиться по карте строить линии с заданным уклоном, определять по карте уклоны линий.

#### Выполнив работу, Вы будете:

##### уметь:

- Уд1 читать ситуации на планах и картах;
- Уд3 решать задачи на масштабы;
- Уо 01.02 анализировать задачу и/или проблему и выделять её составные части;
- Уо 01.03 определять этапы решения задачи;
- Уо 01.07 оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника);
- Уо 01.08 выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы;
- Уо 02.02 определять необходимые источники информации;
- Уо 02.04 структурировать получаемую информацию; выделять наиболее значимое в перечне информации;
- Уо 02.05 оценивать практическую значимость результатов поиска;
- Уо 02.08 использовать различные цифровые средства для решения профессиональных задач;
- Уо 02.09 проявлять культуру информационной безопасности при использовании информационно-коммуникационных технологий;
- Уо 03.02 применять современную научную профессиональную терминологию.

#### Материальное обеспечение:

методические указания, опорные плакаты.

#### Задание:

1. Научиться пользоваться картами;
2. Научиться строить на карте линии с заданным углом;
3. Научиться определять по карте уклоны линий.

#### Порядок выполнения работы:

Уклон любой линии на карте находим по формуле:

$$\operatorname{tg} v = h/d = i, \quad (1.8)$$

где  $v$  – угол наклона линии к горизонту, в градусах;

$h$  – разность отметок (превышение) концов линии;

$d$  – горизонтальное проложение (проекция) линии;

$i$  – уклон линии в тысячных долях.

Например, найти уклон линии между точками S и A (рисунок 6.1). Уклон линии SA определяем так:

$$h = (H_A - H_S) = 141.3 - 151.1 = 9.8 \text{ м}$$

$$d = SA \cdot M = 3.8 \times 100 = 380 \text{ м.}$$

Здесь  $SA = 3,8 \text{ см}$ ,

$M$  – знаменатель масштаба, равный 100 м.

$$i = \operatorname{tg} v = -9.8 / 380 = -0.026,$$

$$v = 1^\circ 30'.$$

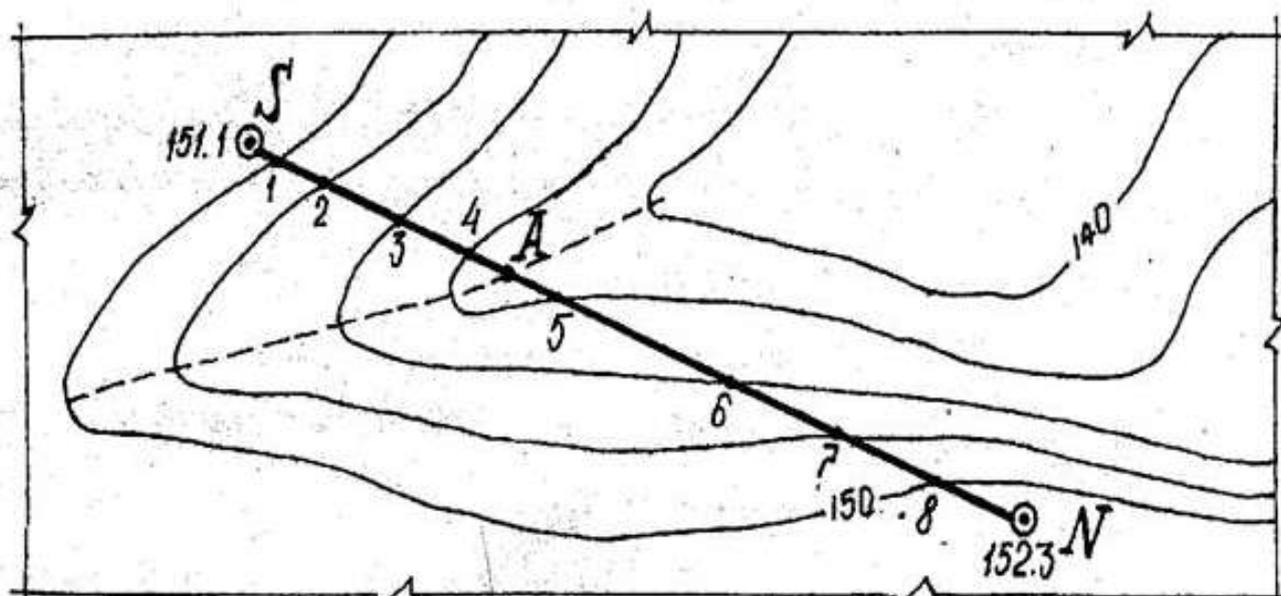


Рисунок 6.1 – Определение уклонов

**Измерение угла наклона линии с помощью графиков «Масштаб заложения»**

Графики масштабов заложения (рисунок 6.2, а) строятся по формулам, вытекающим из выражения (1.8):

для определения углов наклона:  $d = h / \operatorname{tg} v$ ; (1.9)

для определения уклонов:  $d = h/i$ . (1.10)

Пользуясь циркулем-измерителем, по построенным графикам масштабов заложений находят искомые  $v$  и  $i$  для отрезков заданной линии SN (рисунок 6.2, б).

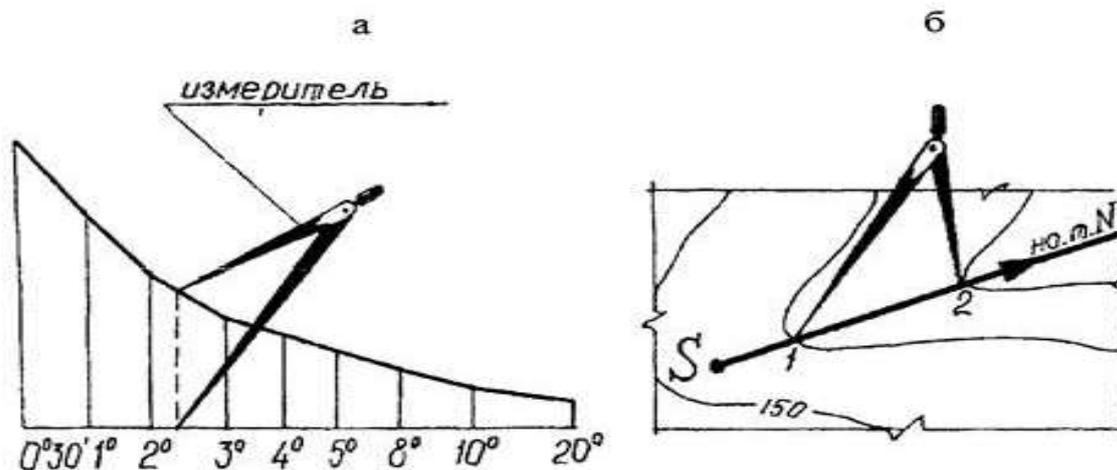


Рисунок 6.2 – Определение уклонов с помощью графика масштаба заложения

**Форма представления результата:**

Предоставить в конспекте решенные домашние задачи.

**Критерии оценки:** логичность представленного материала, рациональность выбранной структуры работы, аккуратность, наглядность, характеристика в соответствии с рекомендациями.

- «Отлично» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, умения сформированы, выполнена схема, отражающая все требования.

- «Хорошо» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые умения сформированы недостаточно, составленная схема содержит неточности.

- «Удовлетворительно» - теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые умения работы с освоенным материалом в основном сформированы, выполненная структура содержит неточности.

- «Неудовлетворительно» - теоретическое содержание курса не освоено, необходимые умения не сформированы, выполненное задание содержит грубые ошибки.

### Тема 3. Топографические карты и планы Практическое занятие №7.

#### Построение по карте профиля местности

**Цель:** научиться по карте строить профиль местности.

**Выполнив работу, Вы будете:**

**уметь:**

Уд1 читать ситуации на планах и картах;

Уд3 решать задачи на масштабы;

Уо 01.02 анализировать задачу и/или проблему и выделять её составные части;

Уо 01.03 определять этапы решения задачи;

Уо 01.07 оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника);

Уо 01.08 выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы;

Уо 02.02 определять необходимые источники информации;

Уо 02.04 структурировать получаемую информацию; выделять наиболее значимое в перечне информации;

Уо 02.05 оценивать практическую значимость результатов поиска;

Уо 02.08 использовать различные цифровые средства для решения профессиональных задач;

Уо 02.09 проявлять культуру информационной безопасности при использовании информационно-коммуникационных технологий;

Уо 03.02 применять современную научную профессиональную терминологию.

**Материальное обеспечение:**

методические указания, опорные плакаты.

**Задание:**

1. Научиться пользоваться картами;
2. Научиться строить по карте профиль местности;
3. Научиться определять по карте уклоны линий.

**Порядок выполнения работы:**

Профилем местности называют уменьшенное изображение вертикального разреза местности по заданному направлению.

Пусть требуется построить профиль местности по линии  $DE$ , указанной на карте (рисунок 7.1).

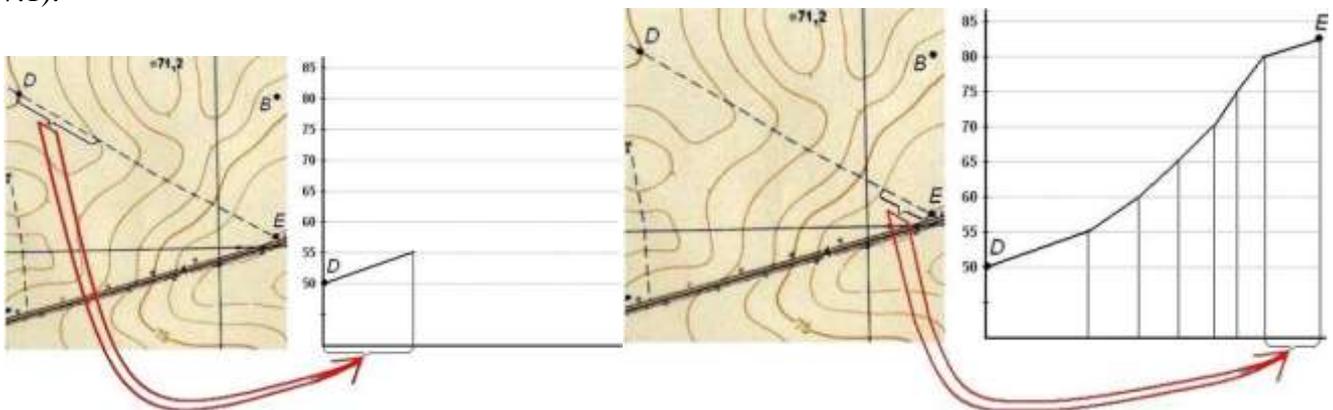


Рис. 7.1. Построение профиля по топографической карте

Для построения профиля на листе бумаги (как правило, используется миллиметровая бумага) проводят горизонтальную прямую и на ней, обычно в масштабе карты (плана), откладывают линию  $DE$  и точки её пересечения с горизонталями и полугоризонталями. Далее

из этих точек по перпендикулярам откладывают отметки соответствующих горизонталей. Чтобы отобразить профиль более рельефно, отметки точек обычно откладывают в масштабе в 10 раз крупнее масштаба плана. Соединив прямыми концы перпендикуляров, получают профиль по линии *DE*.

### Построение профиля местности

Профиль местности (рис. 7.2) строят на миллиметровой бумаге по заданной линии SN в такой последовательности:

- к заданной профильной линии SN прикладывают лист миллиметровой бумаги и переносят на её край короткими черточками места пересечения горизонталей с профильной линией (выходы горизонталей);

- на листе миллиметровой бумаги слева у горизонтальных линий подписывают высоты, соответствующие высотам горизонталей на карте, приняв условно промежутки между этими линиями за высоту сечения;

- от всех черточек (выходов горизонталей) опускают перпендикуляры до пересечения их с соответствующими по отметкам параллельными линиями и отмечают полученные точки пересечения;

- соединяют точки пересечения плавной кривой, которая и изображает профиль местности.

Длины отрезков S – 1, 1 – 2 и т.д. измеряют по линейному масштабу и подписывают под профилем (рис. 7.2).

Вертикальный масштаб (шкала высот) принимается в десять раз крупнее горизонтального.

Отметку условного горизонта вычисляют по формуле

$$УГ = Н_0 - K \cdot M, (1.11)$$

где  $N_0$  – минимальная отметка точки на линии профиля, округлённая до значения, кратного знаменателю вертикального масштаба;

$M$  – знаменатель вертикального масштаба (м);

$K$  – коэффициент, принимаемый равным 5 – 7.

Измеренные и вычисленные значения отметок  $H$ , превышений  $h$ , горизонтальных проложений  $d$ , уклонов  $i$  и углов наклона  $v$  для всех отрезков заданной профильной линии SN заносят в таблицу 7.1.

Таблица 7.1 – Расчет элементов продольного профиля местности

№№ точек	Отметка точки $H$ , м	Расстояние между горизонталями, $h$ , м	Горизонтальное проложение, $d$ , м	Уклон $i = h/d$	Угол наклона, $v$ , °
S					
N					

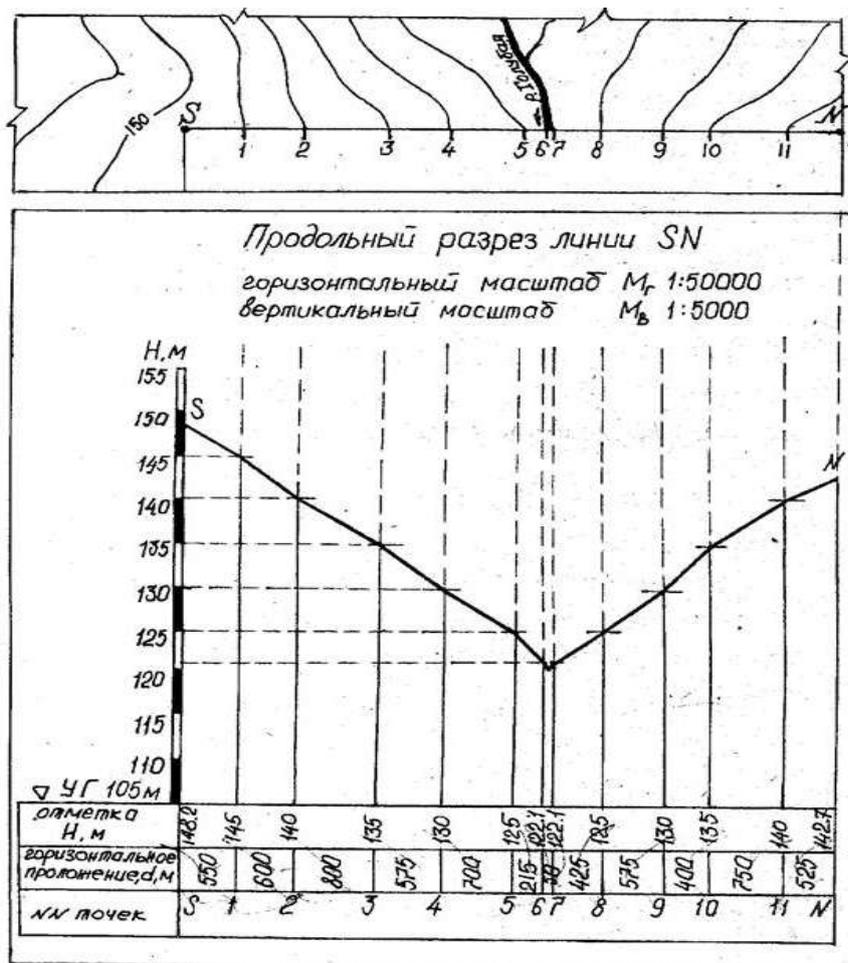


Рисунок 7.2 – Продольный профиль местности

Отчет по лабораторной работе оформляется на листах формата А4 и должен содержать: цель работы; вычерченные условные знаки топографических карт; построенные линейный и поперечный масштабы, подписанные согласно масштабу выданной топографической карты; таблицу 7.1 с вычерченными и измеренными в разных масштабах отрезками; определенные по карте географические и прямоугольные координаты заданных точек; измеренные и вычисленные ориентирные углы заданного на карте направления; таблицу 7.1. с расчетом элементов продольного профиля местности по заданному направлению и вычерченный на миллиметровой бумаге продольный разрез по заданному направлению.

**Форма представления результата:**

Предоставить в конспекте решенные домашние задачи.

**Критерии оценки:** логичность представленного материала, рациональность выбранной структуры работы, аккуратность, наглядность, характеристика в соответствии с рекомендациями.

- «Отлично» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, умения сформированы, выполнена схема, отражающая все требования.

- «Хорошо» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые умения сформированы недостаточно, составленная схема содержит неточности.

- «Удовлетворительно» - теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые умения работы с освоенным материалом в основном сформированы, выполненная структура содержит неточности.

- «Неудовлетворительно» - теоретическое содержание курса не освоено, необходимые умения не сформированы, выполненное задание содержит грубые ошибки.

### Тема 3. Топографические карты и планы Практическое занятие №8.

#### Определение по карте площадей участков.

**Цель:** научиться по карте определять площади участков.

#### Выполнив работу, Вы будете:

**уметь:**

Уд1 читать ситуации на планах и картах;

Уд3 решать задачи на масштабы;

Уо 01.02 анализировать задачу и/или проблему и выделять её составные части;

Уо 01.03 определять этапы решения задачи;

Уо 01.07 оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника);

Уо 01.08 выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы;

Уо 02.02 определять необходимые источники информации;

Уо 02.04 структурировать получаемую информацию; выделять наиболее значимое в перечне информации;

Уо 02.05 оценивать практическую значимость результатов поиска;

Уо 02.08 использовать различные цифровые средства для решения профессиональных задач;

Уо 02.09 проявлять культуру информационной безопасности при использовании информационно-коммуникационных технологий;

Уо 03.02 применять современную научную профессиональную терминологию.

#### Материальное обеспечение:

методические указания, опорные плакаты.

#### Задание:

1. Научиться определять по карте площади участков.

#### Порядок выполнения работы:

##### Геометрический способ

Существует три способа определения площади участков: геометрический, аналитический и механический. На местности применяют два первых способа, на картах и планах - все три способа.

Геометрический способ - это вычисление площади геометрических фигур по длинам сторон и углам между ними, значения которых можно получить только из измерений.

Сначала рассмотрим простейшую фигуру - треугольник.

Формулы для вычисления площади треугольника известны:

$$P = 0.5 * a * h; \quad (8.1)$$

$$P = 0.5 * a * b * \sin(C) \quad (8.2)$$

$$P = \sqrt{p * (p - a) * (p - b) * (p - c)}, \quad (8.3)$$

в этих формулах:

a, b, c - длины сторон треугольника,

A, B, C - углы при вершинах против соответствующих сторон,

h - высота, проведенная из вершины A на сторону a,

p - полупериметр,  $p = 0.5 * (a + b + c)$ .

Для решения любого n-угольника нужно знать  $(2 * n - 3)$  его элементов, причем количество известных углов не должно быть больше  $(n - 1)$ , так как один угол всегда может быть вычислен, если остальные углы известны, на основании формулы:

$$\sum \beta = 180^\circ * (n - 2) \quad (8.4)$$

При расчете ошибки определения площади следует учитывать ошибки всех  $(2n-3)$  измеряемых элементов.

В треугольнике нужно знать (измерить) три элемента. Формула (8.1) содержит всего два элемента; это значит, что прямой угол между основанием и высотой нужно отдельно обеспечить с необходимой точностью, что равнозначно одному измерению.

Примем относительную ошибку площади  $m_P/P = 1/1000$ , тогда для применения формулы (6.1) на основании принципа равных влияний необходимо выполнить условия:

$$\frac{m_a}{a} = \frac{m_b}{b} = \frac{1}{1400},$$

и

$$m_\beta \leq 1.3^\circ$$

где  $m_a, m_b, \beta$  - ср. кв. ошибки сторон  $a, b$  и прямого угла между основанием и высотой.

Для формулы (6.2) на основании принципа равных влияний можно написать:

$$\frac{m_a^2}{a^2} = \frac{m_b^2}{b^2} = \text{Ctg}(C) * \frac{m_\beta^2}{\rho^2} = \frac{m_P^2}{3 * P^2}, \quad (8.5)$$

Считая попрежнему  $m_P/P=1/1000$ , получим:

$$\frac{m_a}{a} = \frac{m_b}{b} = \frac{1}{1700},$$

и  $m_\beta = 3.4'$  при  $C = 60^\circ$ ,

$m_\beta = 2.0'$  при  $C = 45^\circ$ ,

$m_\beta = 1.0'$  при  $C = 26^\circ$ .

Если в треугольнике измерять три стороны с относительной ошибкой  $m_S/S$  и для вычисления площади применять формулу (8.3), то для равностороннего треугольника получим:

$$\frac{m_P}{P} = 1.5 * \frac{m_S}{S}, \quad (8.6)$$

что при  $m_P/P=1/1000$  дает  $m_S/S=1/1500$ .

Таким образом, вариант с измерением трех сторон треугольника оказывается самым эффективным, так как в нем не требуется измерять углы.

Четырехугольник, как геометрическая фигура, может быть параллелограммом, ромбом, трапецией, прямоугольником, квадратом; но как участок местности его следует считать фигурой произвольной формы, так как обеспечение геометрических свойств той или иной фигуры на местности требует дополнительных измерений.

В четырехугольнике ( $n=4$ ) нужно измерить пять элементов: три угла и две стороны или два угла и три стороны или один угол и четыре стороны или четыре стороны и одну диагональ. Последний вариант является наиболее предпочтительным, так как, во-первых, в нем не нужно измерять углы, и, во-вторых, согласно формуле:

$$\frac{m_P}{P} = \frac{1.5}{\sqrt{n-2}} * \frac{m_S}{S} \quad (8.7)$$

Относительная ошибка площади примерно равна относительной ошибке измерения сторон. Во всех остальных вариантах при оценке точности площади нужно учитывать, как ошибки измерения сторон, так и ошибки измерения углов.

Применение геометрического способа на местности требует разбиения участка на простые геометрические фигуры, что возможно лишь при наличии видимости внутри участка (рис.8.1.)

При определении площади участков на топографических планах и картах стороны и высоты треугольников, стороны и диагонали четырехугольников нужно измерять с помощью поперечного масштаба.

Для определения площади на карте или плане геометрическим способом часто используют палетку - лист прозрачной бумаги, на котором нанесена сетка квадратов или параллельных линий. Палетку с квадратами накладывают на участок и подсчитывают, сколько квадратов содержится в данном участке; неполные квадраты считают отдельно, переводя затем их сумму в полные квадраты. Площадь участка вычисляют по формуле:

$$P = n \cdot (a \cdot M)^2, \quad (8.8)$$

где  $a$  - длина стороны квадрата

$n$  - количество квадратов на участке.

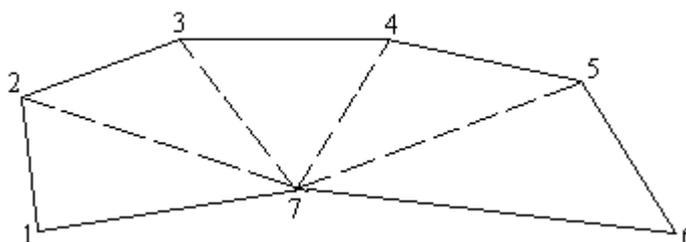


Рисунок 8.1.

Применение палеток с параллельными линиями описано в [23].

### Аналитический способ

При наличии прямоугольных координат  $X$  и  $Y$  вершин  $n$ -угольника его площадь можно вычислить по формулам аналитической геометрии; выведем одну из таких формул.

Пусть в треугольнике  $ABC$  координаты вершин равны  $X_1, Y_1$  ( $A$ ),  $X_2, Y_2$  ( $B$ ) и  $X_3, Y_3$  ( $C$ ) – рисунок 8.2.

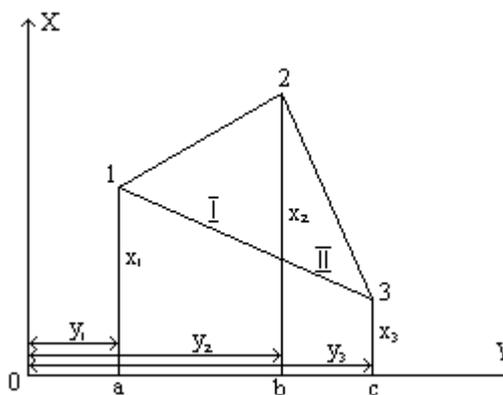


Рисунок 8.2

Из вершин треугольника опустим перпендикуляры на оси координат и обозначим их длину, как показано на рисунке 8.2.

Площадь треугольника  $P$  будет равна сумме площадей двух трапеций  $I(aABc)$  и  $II(bBCc)$  за вычетом площади трапеции  $III(aACc)$

$$P = PI + PII - PIII. \quad (8.9)$$

Выразим площадь каждой трапеции через ее основания и высоту:

$$\begin{aligned}
PI &= 0.5(X1+X2)*(Y1-Y2); \\
PI &= 0.5(X2+X3)*(Y3-Y2); \\
PI &= 0.5(X3+X1)*(Y1-Y3);
\end{aligned}
\tag{8.10}$$

Чтобы избавиться от множителя 0.5, будем вычислять удвоенную площадь треугольника. Выполним умножение, приведем подобные члены, вынесем общие множители за скобки и получим:

$$\begin{aligned}
2*P &= X1*(Y2-Y3)+X2*(Y3-Y1)+X3*(Y1-Y2) \\
\text{или в общем виде:} \\
2 * P &= \sum [X_i *(Y_{i+1} - Y_{i-1})].
\end{aligned}
\tag{8.11}$$

В этой формуле индекс "i" показывает номер вершины треугольника; индекс "i" означает, что нужно брать следующую или предыдущую вершину (при обходе фигуры по часовой стрелке).

Если при группировке членов выносить за скобки Y1, то получится формула:

$$2 * P = \sum [Y_i *(X_{i-1} - X_{i+1})].
\tag{8.12}$$

Вычисления по обоим формулам дают одинаковый результат, поэтому на практике можно пользоваться любой из них.

Хотя формулы (8.11) и (8.12) выведены для треугольника, нетрудно показать, что они пригодны для вычисления площади любого n - угольника.

Оценка точности площади. В большинстве случаев участки на местности имеют форму неправильного n - угольника, причем количество вершин многоугольника n может быть от 30 до 20 и более. Площадь таких участков вычисляют аналитическим способом по прямоугольным координатам вершин, которые, в свою очередь, определяют в результате обработки геодезических измерений. При этом для каждой вершины многоугольника получают координаты и ошибку ее положения относительно исходных пунктов, задающих систему координат на местности.

Выведем формулу для оценки площади многоугольника по известным внутренним углам, длинам его сторон и ошибкам положения mt\_i его вершин.

На рисунке 8.3 изображен фрагмент многоугольника с вершинами i-1, i, i+1, i+2 и сторонами l\_{i-1}, l\_i, l\_{i+1}.

Проведем на вершинах i и i+1 окружности радиусами m\_{ti} и m\_{t(i+1)} и построим биссектрисы углов \beta\_i и \beta\_{i+1}. Затем восстановим перпендикуляры к стороне l\_i и найдем проекции отрезков m\_{ti} и m\_{t(i+1)} на эти перпендикуляры:

$$m_i = m_{ti} * \text{Sin}(\beta_i / 2),
\tag{8.13}$$

$$m_{i+1} = m_{t(i+1)} * \text{Sin}(\beta_{i+1} / 2).
\tag{8.14}$$

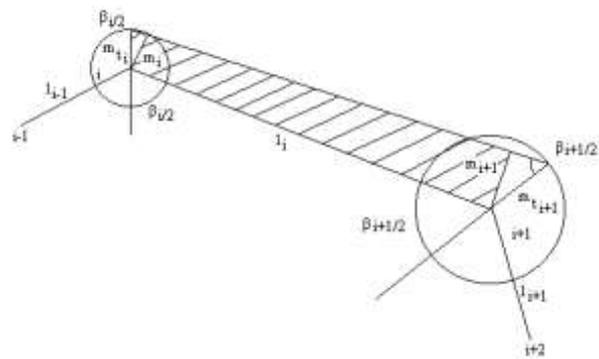


Рисунок 8.3

Построим трапецию, основаниями которой являются отрезки m\_i и m\_{i+1}, а высотой - сторона l\_i и найдем площадь этой трапеции \Delta P\_i. Как известно, площадь трапеции равна произведению полусуммы оснований на высоту, а поскольку основаниями трапеции являются проекции ср.кв. ошибок, то вместо полусуммы нужно взять квадратичную полусумму оснований; таким образом,

$$\Delta P_i = 0.5 * l_i * \sqrt{m_n^2 * c_i^2 + m_{i(i+1)}^2 * c_{i+1}^2}, \quad (8.15)$$

где

$$c = \text{Sin}(\beta/2).$$

Площадь трапеции, построенной на одной стороне многоугольника, является частью ошибки площади всего многоугольника; выполнив квадратичное суммирование площадей  $\Delta P_i$  по всем сторонам, получим:

$$m_P^2 = \sum (\Delta P_i)^2$$

или

$$m_P^2 = 0.25 * \sum [l_i^2 * (m_n^2 * c_i^2 + m_{i(i+1)}^2 * c_{i+1}^2)]. \quad (8.16)$$

Из формулы (8.16) можно получить формулу средней квадратической ошибки площади правильного многоугольника с одинаковой ошибкой положения  $mt$  всех его вершин:

$$m_P = a_n * mt * L, \quad (8.17)$$

где:  $L$  - периметр многоугольника,  $a_n$  - коэффициент, зависящий от  $n$  - количества вершин;

$$a_n = (\text{Cos}(\pi/n)) / \sqrt{2n};$$

его значения:

n	3	4	5	6	7	8	9	10
$a_n$	0.204	0.250	0.256	0.250	0.243	0.231	0.222	0.212
n	11	12	15	20	24	30	60	120
$a_n$	0.205	0.197	0.179	0.156	0.143	0.128	0.091	0.065

Формула (8.17) является базовой и при оценке площади неправильных  $n$ -угольников, для которых ошибка площади  $m_P$  оказывается лишь на несколько процентов больше, чем для правильного  $n$  - угольника. Так, если площадь неправильного  $n$  - угольника при том же периметре в два раза меньше площади правильного  $n$ -угольника, то ошибка его площади увеличивается лишь на 20 %.

При неодинаковых ошибках положения вершин многоугольника в формуле (8.17) достаточно вместо  $mt$  поставить  $mt(\text{ср})$ .

Примером применения формулы (8.17) является оценка площади участков, координаты вершин которых получены с топографических планов. Например, для плана масштаба 1:2000 ошибку положения точек можно принять равной  $mt = 0.50 \text{ мм} * M = 1 \text{ м}$  (при условии, что основа плана достаточно жесткая и ее деформацией можно пренебречь). При площади участка 0.12 га и количестве вершин  $n=4$  (5 или 6) средняя квадратическая ошибка его площади при правильной форме (периметр  $L = 140 \text{ м}$ ) будет равна 35 кв.м, а при неправильной форме (периметр  $L > 140 \text{ м}$ ) она может достигать 40 кв.м.

Другим примером применения формулы (8.17) может служить оценка площади многоугольника, координаты вершин которого получены из полярной засечки, выполненной с одного пункта-станции.

При использовании точных приборов (электронных тахеометров или систем GPS) доля ошибок измерений в ошибке положения точек значительно меньше доли ошибки их фиксации  $mf$  на местности. Приняв  $mt_i = mf$ , можно использовать формулу (8.17) для любых способов получения координат вершин многоугольника.

Площадь правильного  $n$ -угольника можно выразить через его периметр:

$$P = \frac{L^2}{4n} * \text{Ctg}(180^\circ/n). \quad (8.18)$$

И из формулы (8.17) получить формулу относительной ошибки площади:

$$\frac{m_p}{P} = k_n * \frac{m_t}{L}, \quad (8.19)$$

где

$$k_n = 2 * \sqrt{2n} * \sin(180^\circ / n). \quad (8.20)$$

Например:

для треугольника (n=3)  $m_p/P = 4.24 * m_t/L$ ,

для четырехугольника (n=4)  $m_p/P = 4.00 * m_t/L$ ,

для пятиугольника (n=5)  $m_p/P = 3.72 m_t/L$ ,

для шестиугольника (n=6)  $m_p/P = 3.46 m_t/L$ .

Таким образом, для приближенной оценки площади 3-4-5-6- угольника в аналитическом способе можно применять формулу:

$$m_p/P = 4 * m_t/L; \quad (8.21)$$

ошибка этой формулы может достигать 15% - 20% для участков, форма которых заметно отличается от формы правильного n -угольника.

### Механический способ

Механический способ определения площади - это измерение на карте или плане площади участка с произвольными границами при помощи специального прибора - планиметра. Полярный планиметр имеет два рычага: полюсный R1 и обводной R (рис.8.4).

Один конец полюсного рычага - точка 0 - является полюсом планиметра, - на нем крепится игла; другой его конец шарнирно соединяется с обводным рычагом в точке b. На одном рычаге обводного рычага имеется счетное колесо K, которое располагается перпендикулярно рычагу, на другом конце рычага находится обводная точка f. Для механического счета числа оборотов счетного колеса имеется счетный механизм.

Счетный барабан разделен на сто частей, и сбоку от него имеется верньер на одну десятую деления. Обводное колесо и счетный механизм помещаются на каретке, которую можно перемещать вдоль обводного рычага, изменяя тем самым его длину  $R = bf$ .

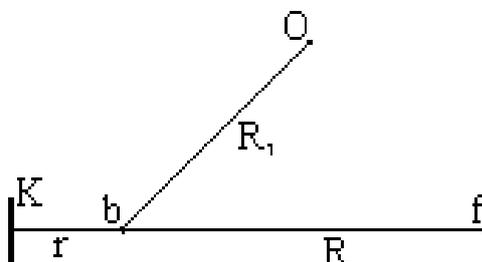


Рисунок 8.4

Измерение площади сводится к обводу по контуру участка на карте обводной точкой f; при этом вследствие трения о бумагу счетное колесо вращается. Берут отсчет по счетному механизму до обвода контура n1 и после обвода - n2. Площадь участка вычисляют по формуле:

$$P = c * (n2 - n1), \quad (8.21)$$

где c - цена деления планиметра.

Внешний вид полярного планиметра изображен на рис.6.5; на нем цифрами обозначены: 1 - основная каретка, 3 - полюсный рычаг, 4 - полюс, 6 - стеклянная пластинка с обводной точкой, 7 - обводной рычаг, 8 - шарнирное соединение, 9 - счетчик полных оборотов, 10 - счетное колесо, 11 - верньер.

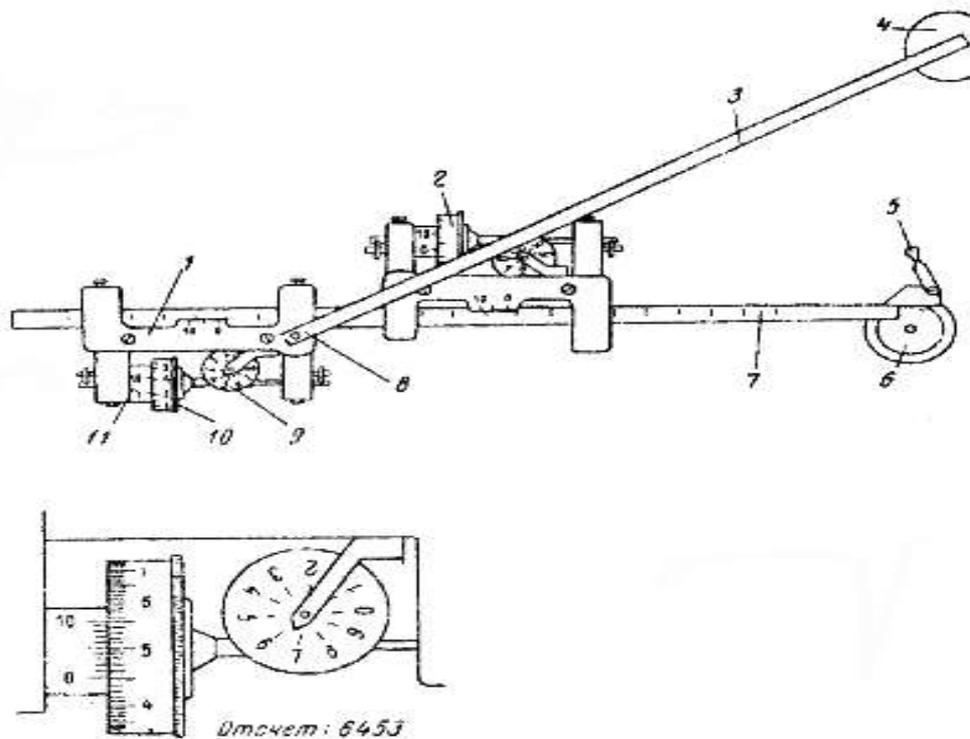


Рисунок 8.5

Теория полярного планиметра. Предметом теории планиметра является вывод формулы площади обводимого участка в зависимости от числа оборотов счетного колеса. При выводе формулы выделим два случая: полюс планиметра располагается внутри контура и вне контура.

Рассмотрим первый случай - полюс внутри контура. Обозначим:

$R$  - длина обводного рычага,

$R_1$  - длина полюсного рычага,

$r$  - расстояние от счетного колеса до шарнира (рис.8.6).

Пусть обводная точка  $f$  движется по контуру участка и в какой-то момент занимает положение  $f_1$ .

Через малый промежуток времени она займет положение  $f_2$ , а точка  $b$  переместится из положения  $b_1$  в положение  $b_2$ . За этот промежуток времени планиметр измерит площадь  $p_i$  элементарного участка; на рисунке этот участок заштрихован. Площадь  $p_i$  можно представить, как сумму площадей трех фигур:

параллелограмма  $b_1b_2f_1f_2$  -  $R \cdot h_i$ ,

кругового сектора  $Ob_1b_2$  радиуса  $R_1$  -  $0.5 \cdot R_1^2 \cdot \alpha_i$ ;

кругового сектора  $b_1f_1f_2$  радиуса  $R$  -  $0.5 \cdot R^2 \cdot \beta_i$ ;

$$p_i = R \cdot h_i + 0.5 \cdot R_1^2 \cdot \alpha_i + 0.5 \cdot R^2 \cdot \beta_i \quad (8.22)$$

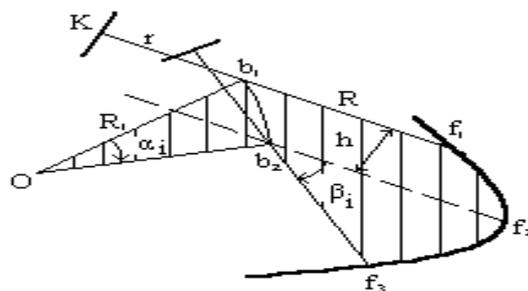


Рис.8.6

Пусть за этот промежуток времени счетное колесо повернулось на дугу  $s_i$ . При движении обводного рычага параллельно самому себе счетное колесо вращается полностью, а при движении обводного рычага вдоль своей оси оно не вращается, а скользит по бумаге.

Разобьем движение обводного рычага на два движения:

параллельно самому себе - колесо повернется на дугу  $h_i$ ,

поворот вокруг точки  $b_2$  на угол  $\beta_i$  - колесо повернется на дугу  $r * \beta_i$  в обратном направлении, поэтому:

$$s_i = h_i - r * \beta_i,$$

отсюда

$$h_i = s_i + r * \beta_i.$$

Подставим последнее выражение в формулу (8.22) и получим:

$$p_i = R * s_i + R * r * \beta_i + 0.5 * R_1^2 * \alpha_i + 0.5 * R_2^2 * \beta_i.$$

Сложим площади элементарных участков  $p_i$  и получим площадь всего измеряемого участка:

$$P = \sum_i p_i = R * \sum_i s_i + R * r * \sum_i \beta_i + 0.5 * R_1^2 * \sum_i \alpha_i + 0.5 * R_2^2 * \sum_i \beta_i \quad (8.23)$$

Сумма  $\sum_i s_i$  выражает дугу, на которую повернулось счетное колесо при обводе всего участка; она равна произведению разности конечного и начального отсчетов по счетному колесу на длину дуги  $l$ , соответствующей одному делению счетного колеса:

$$\sum_i s_i = l * (n_2 - n_1). \quad (8.24)$$

Полюсный рычаг повернется на угол  $360^\circ$  или  $\pi$ ,  $\sum_i \alpha_i = \pi$ , обводной рычаг повернется также на угол  $360^\circ$  или  $\pi$ ,  $\sum_i \beta_i = \pi$ .

Таким образом,

$$P = R * l * (n_2 - n_1) + \pi * (R_1^2 + R_2^2 + 2 * R * r). \quad (8.25)$$

Обозначив  $R * l$  через  $c$  и  $\pi * (R_1^2 + R_2^2 + 2 * R * r)$  через  $Q$ , запишем:

$$P = c * (n_2 - n_1) + Q. \quad (8.26)$$

Постоянная планиметра  $c$  называется ценой деления планиметра, постоянная  $Q$  - постоянным числом планиметра.

Во втором случае, когда полюс находится вне контура, все выводы повторяются, только при полном обводе контура:

$$\sum_i \alpha_i = 0, \quad \sum_i \beta_i = 0,$$

поэтому

$$P = c * (n_2 - n_1). \quad (8.27)$$

Геометрический смысл постоянных планиметра. Цена деления планиметра равна площади прямоугольника со сторонами  $l$  и  $R$ . Постоянное число планиметра  $Q$  равно площади круга радиусом  $r$ ; этот круг называется основным кругом планиметра. Радиус основного круга получим из рис.6.7. Если поставить планиметр так, чтобы плоскость счетного колеса проходила бы через полюс планиметра  $O$  и, сохраняя это положение, обвести круг радиусом  $r$ , то площадь этого круга будет равна:

$$\pi * r^2 = \pi * [(OK)^2 + (r + R)^2].$$

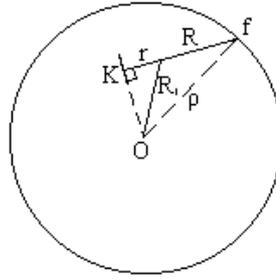


Рис.8.7

Из  $\Delta OKB$  выразим  $(OK)^2 = R^2 - r^2$  и, подставив его значение в предыдущую формулу, получим:

$$\pi * \rho^2 = (R^2 + R^2 + 2 * R * r) = Q.$$

Цену деления планиметра определяют, измеряя известную площадь, например, площадь квадрата координатной сетки. Считается, что при четырехкратном обводе трех квадратов по отдельности среднее значение цены деления получается с ошибкой около 1/1000. Точность измерения площади планиметром зависит от величины участка и от методики измерения площади. При обычной методике - двукратный обвод участка - относительная ошибка может колебаться от 1/100 до 1/300; применяя методику, известную под названием "способ Савича", для больших участков можно достичь точности измерений на уровне 1/500 - 1/10000.

Способ А.Н. Савича включает следующие операции:

разделение участка на 4 части ( $u_1, u_2, u_3, u_4$ ) линиями координатной сетки; выделение в центре участка  $k$  целых квадратов координатной сетки (рис.6.8), на рисунке  $k = 2$ ,

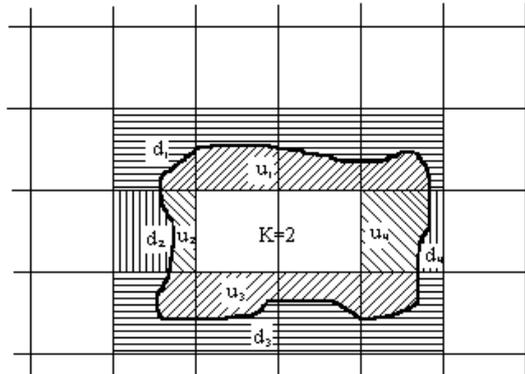


Рис.8.8

обвод каждой части участка, получение разностей  $\Delta n_{u1}, \Delta n_{u2}, \Delta n_{u3}, \Delta n_{u4}$  отсчетов по счетному механизму ( $\Delta n_{ui} = n_2 - n_1$ ),

обвод дополнения ( $d_1, d_2, d_3, d_4$ ) каждой части до прямоугольника (квадрата), образованного линиями координатной сетки, получение разностей  $\Delta n_{d1}, \Delta n_{d2}, \Delta n_{d3}, \Delta n_{d4}$ ,

вычисление цены деления планиметра 4 раза по формуле:

$$c_i = (t_i * \rho_0) / (\Delta n_{ui} + \Delta n_{di}),$$

где:  $t_i$  - количество квадратов координатной сетки в суммах  $u_i + d_i$  (на рисунке  $t_1 = t_4 = 4, t_2 = t_3 = 1$ ),

$\rho_0$  - площадь квадрата координатной сетки в гектарах,

$\Delta n_{ui}, \Delta n_{di}$  -  $i$ -тые разности отсчетов по счетному механизму и среднего из четырех

$$c_{cp} = 0.25 * (c_1 + c_2 + c_3 + c_4),$$

вычисление площади каждой части участка  $p_1, p_2, p_3, p_4$

$$p_i = c_{cp} * \Delta n_{ui},$$

$$P = p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + k * \rho_0$$

**Форма представления результата:**

Предоставить в конспекте решенные домашние задачи.

**Критерии оценки:** логичность представленного материала, рациональность выбранной структуры работы, аккуратность, наглядность, характеристика в соответствии с рекомендациями.

- «Отлично» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, умения сформированы, выполнена схема, отражающая все требования.

- «Хорошо» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые умения сформированы недостаточно, составленная схема содержит неточности.

- «Удовлетворительно» - теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые умения работы с освоенным материалом в основном сформированы, выполненная структура содержит неточности.

- «Неудовлетворительно» - теоретическое содержание курса не освоено, необходимые умения не сформированы, выполненное задание содержит грубые ошибки.

## Тема 4. Топографическая графика Практическое занятие №9.

### Чтение топографических карт и планов по условным знакам.

**Цель работы:** научиться читать топографические карты.

#### Выполнив задания, Вы будете:

##### уметь:

Уд1 читать ситуации на планах и картах;

Уо 01.02 анализировать задачу и/или проблему и выделять её составные части;

Уо 01.03 определять этапы решения задачи;

Уо 01.07 оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника);

Уо 01.08 выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы;

Уо 02.02 определять необходимые источники информации;

Уо 02.04 структурировать получаемую информацию; выделять наиболее значимое в перечне информации;

Уо 02.05 оценивать практическую значимость результатов поиска;

Уо 02.08 использовать различные цифровые средства для решения профессиональных задач;

Уо 02.09 проявлять культуру информационной безопасности при использовании информационно-коммуникационных технологий;

Уо 03.02 применять современную научную профессиональную терминологию.

#### Материальное обеспечение:

методические указания, опорные плакаты.

#### Задание:

1. Изучить основные понятия и определения карт.
2. Научиться читать топографические карты.

#### Краткие сведения о топографических планах и картах

Чтобы спроектировать линию местности на горизонтальную плоскость, нужно определить её горизонтальное проложение (проекцию линии на горизонтальную плоскость) и уменьшить его до определенного масштаба. Для проектирования на горизонтальную плоскость какого-либо многоугольника (рис. 3.1) измеряют расстояния между его вершинами и горизонтальные проекции его углов.

Совокупность линейных и угловых измерений на земной поверхности называется *геодезической съемкой*. По результатам геодезической съемки составляют план или карту.

**План** – чертеж, на котором в уменьшенном и подобном виде изображается горизонтальная проекция небольшого участка местности.

**Картой** называется уменьшенное и искаженное вследствие влияния кривизны Земли изображение горизонтальной проекции значительной части или всей земной поверхности, построенное по определенным математическим законам.

На карте при изображении всей поверхности Земли или значительной её части неизбежны искажения длин линий, углов и площадей. Данные искажения порождены невозможностью развернуть сферическую поверхность на плоскость без складок и разрывов.

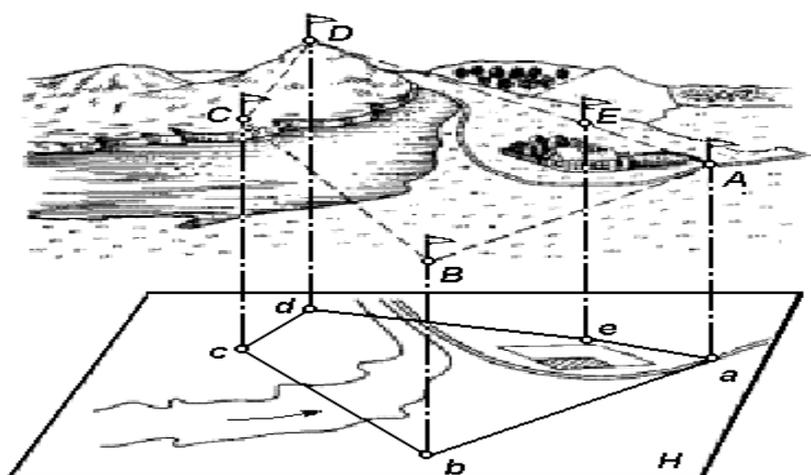


Рисунок 3.1. Проектирование участка земной поверхности на горизонтальную плоскость

**Порядок выполнения:**

Для проектирования железных, шоссейных дорог, каналов, трасс, водопроводов и других сооружений необходимо иметь вертикальный разрез или профиль местности.

*Профилем местности* называется чертёж, на котором изображается в уменьшенном виде сечение вертикальной плоскостью поверхности Земли по заданному направлению.

Как правило, разрез местности (рисунок 3.2, а) представляет собой кривую линию **ABC...G**. На профиле (рисунок 3.2, б) она строится в виде ломаной линии **abc...g**. Уровненную поверхность при этом изображают прямой линией. Для большей наглядности вертикальные отрезки (высоты, превышения) делают крупнее, чем горизонтальные (расстояния между точками).



Рисунок 3.2. Вертикальный разрез (а) и профиль (б) местности

В строительном производстве планы, карты и профили используют при разработке проектов строительства. При этом на картах выбирают предварительные варианты размещения сооружений, а окончательный вариант детально прорабатывают на планах и профилях.

Таким образом, и план, и карта – это уменьшенные изображения земной поверхности на плоскости. Различие между ними состоит в том, что при составлении карты проектирование участка местности производят с искажениями поверхности за счет влияния кривизны Земли, а на плане изображение получают практически без искажений.

В зависимости от назначения планы и карты могут быть контурные и топографические. На контурных планах и картах условными знаками изображают ситуацию, т. е. только контуры (очертания) горизонтальных проекций объектов местности (рек, озёр, дорог, строений, пашен, лугов, лесов и т. п.).

На топографических картах и планах кроме ситуации изображают ещё рельеф местности.

Рассмотрим фрагменты листа учебной топографической карты в масштабе 1:25 000 (рисунок 3.3).

Сторонами листа карты служат отрезки параллелей и меридианов, которые образуют внутреннюю рамку, имеющую форму трапеции. В углах рамки указываются широта параллелей и долгота меридианов, например, (см. рисунок 3): в юго-западном угле широта  $54^{\circ}05'$ , долгота  $7^{\circ}7'30''$ , северо-западном –  $54^{\circ}10'$  и  $7^{\circ}7'30''$ , юго-восточном –  $54^{\circ}05'$  и  $7^{\circ}15'$ , северо-восточном –  $54^{\circ}10'$  и  $7^{\circ}15'$ .

Рядом с внутренней рамкой карты расположена минутная с чередующимися черными и светлыми делениями. Одно полное деление минутной рамки соответствует одной минуте широты или долготы. На картах масштаба 1:10 000 наносят ещё дополнительные деления через интервалы в 10".

Минутная рамка карты (1) расположена между внутренней (2) и внешней (3) рамками (см. рисунок 3). Её используют для определения географических координат точек (широту  $\varphi$  и долготу  $\lambda$ ) или для нанесения на карту точек по известным координатам. Внешняя рамка (3) нанесена для завершения оформления карты параллельно линиям минутной рамки.

За пределами внешней рамки (3) в центре верхней части карты указывается номенклатура листа карты У-32-63-В-б, в нижней части листа подписывается численный масштаб карты 1:25 000, ниже дается расшифровка масштаба – в 1-м сантиметре 250 метров, вычерчивается график линейного масштаба, и под ним приводится принятая высота сечения рельефа – сплошные горизонтали проведены через 5 метров.

Под юго-западным углом рамки указывается склонение магнитной стрелки (западное  $3^{\circ}12'$ ), среднее, в пределах данного листа карты, сближение меридианов (западное  $1^{\circ}28'$ ), и наносится расположение истинного и магнитного меридианов относительно линий координатной сетки (оси абсцисс).

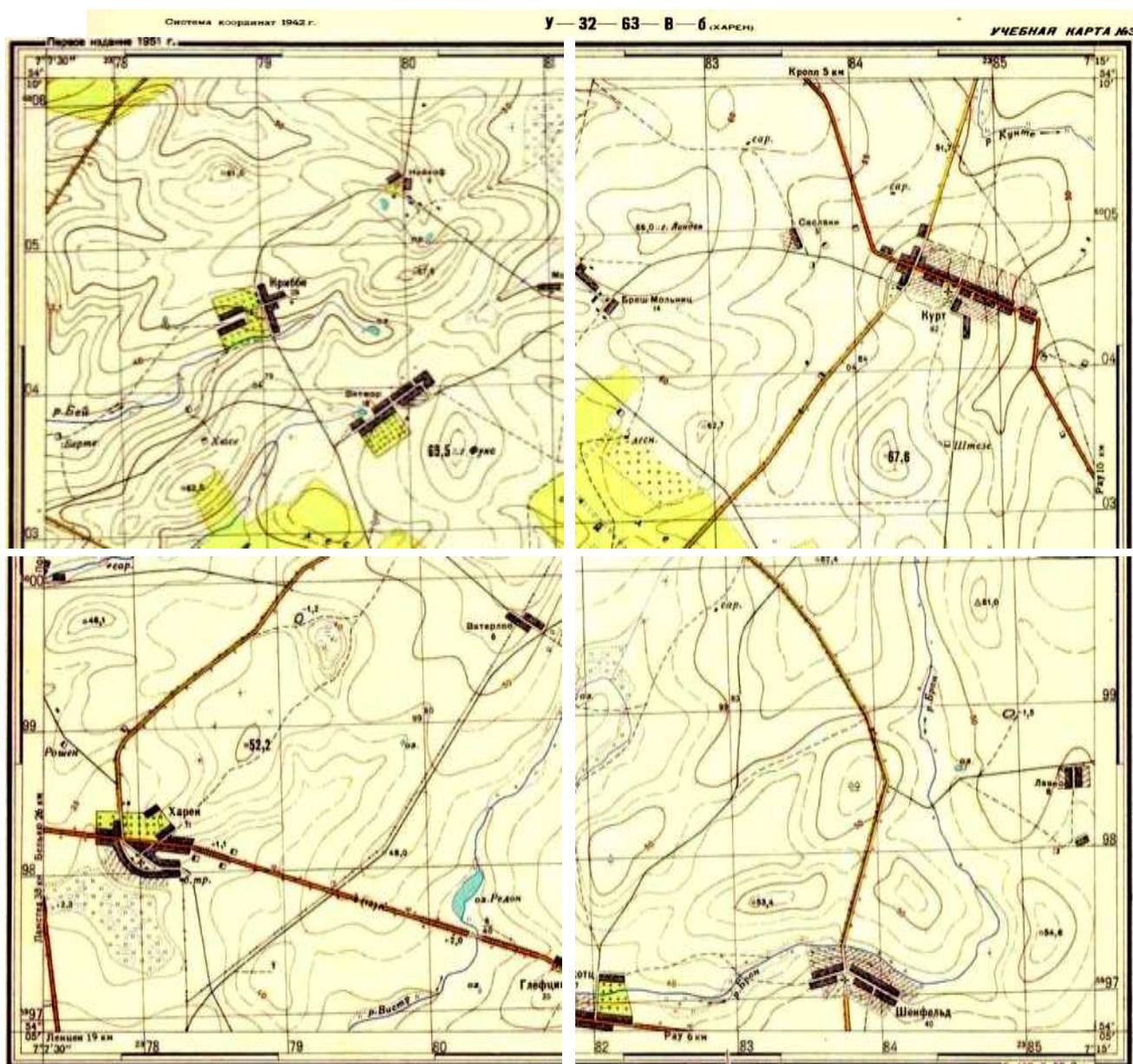




Рисунок 3.3. Фрагмент учебной карты

Под юго-восточным углом рамки строятся графики заложений, которые используются для определения по карте крутизны склонов (скатов). Кроме этого, в нижней части карты под рамкой указываются схема расположения листов карты в комплекте, дата выполнения работ и дата издания карты.

Между внутренней и минутной рамками выписываются абсциссы горизонтальных и ординаты вертикальных линий координатной (километровой) сетки. Расстояние между соседними линиями одного направления равно целому числу километров. Так, для карты масштаба 1:200 000 оно составляет 4 км, для карты масштаба 1:100 000 – 2 км, для карт масштабов 1:50 000, 1:25 000 и 1:10 000 – 1 км.

Вдоль западной и восточной сторон внутренней рамки посредством надписей 5997, 98, 99, 6000, ..., 04, 05, 6006 км указываются абсциссы горизонтальных линий километровой сетки: 5997, 5998, 5999, ..., 6000, ..., 6004, 6005, 6006 км. Вдоль южной и северной – ординаты вертикальных линий. Надписи 2378, 79, 80, ..., 84, 2385 означают, что ординаты соответствующих километровых линий равны 378, 379, 380, ..., 384, 385 км; цифра 2 является номером шестиградусной зоны системы координат Гаусса–Крюгера, в которой находится данный лист. Значения ординат не превышают 500 км; следовательно, лист расположен к западу от осевого меридиана, долгота которого равна

$$\lambda_0 = 6^\circ \cdot 2 - 3^\circ = 9^\circ.$$

### Рельеф. Основные формы рельефа

**Рельеф** – форма физической поверхности Земли, рассматриваемая по отношению к её уровенной поверхности.

**Рельефом** называется совокупность неровностей суши, дна океанов и морей, разнообразных по очертаниям, размерам, происхождению, возрасту и истории развития. При проектировании и строительстве железных, автомобильных и других сетей необходимо учитывать характер рельефа – горный, холмистый, равнинный и др.

Рельеф земной поверхности весьма разнообразен, но все многообразие форм рельефа для упрощения его анализа типизировано на небольшое количество основных форм (рис. 3.4).

К основным формам рельефа относятся.

**Гора** – это возвышающаяся над окружающей местностью конусообразная форма рельефа. Наивысшая точка её называется *вершиной*. Вершина может быть острой – *пик* или в виде площадки – *плато*. Боковая поверхность состоит из скатов. Линия слияния скатов с окружающей местностью называется *подошвой* или *основанием горы*.

**Котловина** – форма рельефа, противоположная горе, представляющая собой замкнутое углубление. Самая низкая точка её – *дно*. Боковая поверхность состоит из скатов; линия их слияния с окружающей местностью называется *бровкой*.

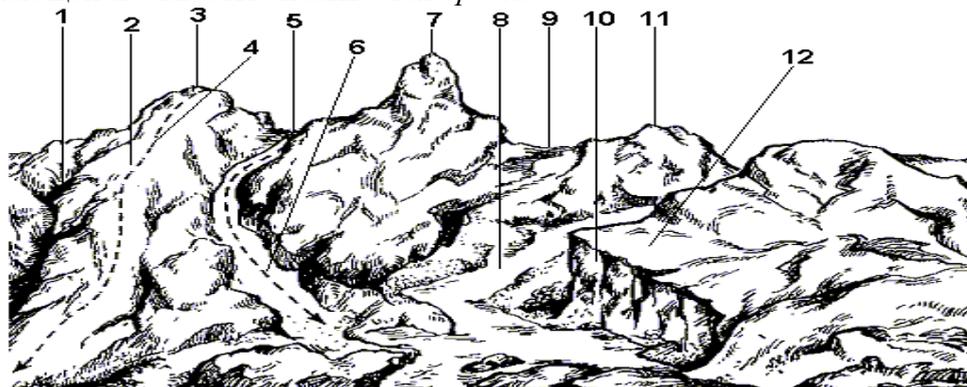


Рисунок 3.4. Формы рельефа: 1 – лощина; 2 – хребет; 3, 7, 11 – гора; 4 – водораздел; 5, 9 – седловина; 6 – тальвег; 8 – река; 10 – обрыв; 12 – терраса

**Хребет** – это возвышенность, вытянутая и постоянно понижающаяся в каком-либо направлении. У хребта два склона; в верхней части хребта они сливаются, образуя водораздельную линию, или *водораздел*.

**Лощина** – форма рельефа, противоположная хребту и представляющая вытянутое в каком-либо направлении и открытое с одного конца постоянно понижающееся углубление. Два ската лощины, сливаясь между собой в самой низкой части её образуют водосливную линию или *тальвег*, по которой стекает вода, попадающая на скаты. Разновидностями лощины являются *долина* и *овраг*: первая является широкой лощиной с пологими задернованными скатами, вторая – узкая лощина с крутыми обнаженными скатами. Долина часто бывает ложем реки или ручья.

**Седловина** – это место, которое образуется при слиянии скатов двух соседних гор. Иногда седловина является местом слияния водоразделов двух хребтов. От седловины берут начало две лощины, распространяющиеся в противоположных направлениях. В горной местности через седловины обычно пролегают дороги или пешеходные тропы, поэтому седловины в горах называют *перевалами*.

### Изображение рельефа с помощью горизонталей, числовых отметок и условных знаков

Для решения инженерных задач изображение рельефа должно обеспечивать: во-первых, быстрое определение с требуемой точностью высот точек местности, направления крутизны скатов и уклонов линий; во-вторых, наглядное отображение действительного ландшафта местности.

Рельеф местности на планах и картах изображают различными способами (штриховкой, пунктиром, цветной пластикой), но чаще всего с помощью горизонталей (изогипсов), числовых отметок и условных знаков.

Горизонталь на местности можно представить, как след, образованный пересечением уровня поверхности с физической поверхностью Земли. Например, если представить холм, окружённый неподвижной водой, то береговая линия воды и есть **горизонталь** (рисунок 3.5). Лежащие на ней точки имеют одинаковую высоту.

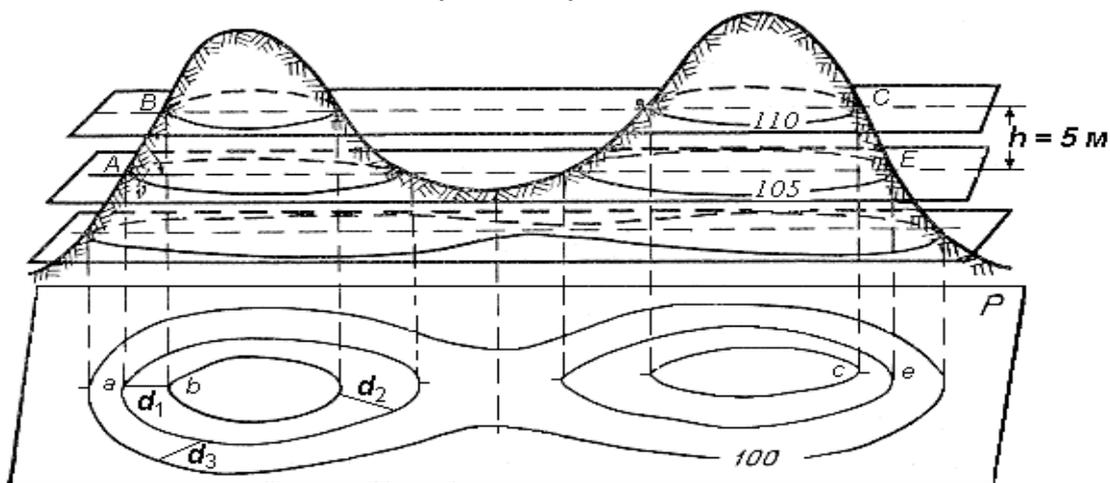


Рисунок 3.5. Способ изображения рельефа горизонталями

Допустим, что высота уровня воды относительно уровня поверхности 110 м (рисунок 3.5). Предположим теперь, что уровень воды упал на 5 м и часть холма обнажилась. Кривая линия пересечения поверхностей воды и холма будет соответствовать горизонтали с высотой 105 м. Если последовательно снижать уровень воды по 5 м и проектировать кривые линии, образованные пересечением поверхности воды с земной поверхностью, на горизонтальную

плоскость в уменьшенном виде, то получим изображение рельефа местности горизонталями на плоскости.

Таким образом кривая линия, соединяющая все точки местности с равными высотами, называется **горизонталью**.

При решении ряда инженерных задач необходимо знать свойства горизонталей:

1. Все точки местности, лежащие на горизонтали, имеют равные отметки.
2. Горизонтالي не могут пересекаться на плане, поскольку они лежат на разных высотах.

Исключения возможны в горных районах, когда горизонталями изображают нависший утес.

3. Горизонтали являются непрерывными линиями. Горизонтали, прерванные у рамки плана, замыкаются за пределами плана.

4. Разность высот смежных горизонталей называется высотой сечения рельефа и обозначается буквой  $h$ .

Высота сечения рельефа в пределах плана или карты строго постоянна. Её выбор зависит от характера рельефа, масштаба и назначения карты или плана. Для определения высоты сечения рельефа иногда пользуются формулой

$$h = 0,2 \text{ мм} \cdot M,$$

где  $M$  – знаменатель масштаба.

Такая высота сечения рельефа называется нормальной.

5. Расстояние между соседними горизонталями на плане или карте называется **заложением ската** или склона. Заложение есть любое расстояние между соседними горизонталями (см. рис. .35), оно характеризует крутизну ската местности и обозначается  $d$ .

Вертикальный угол, образованный направлением ската с плоскостью горизонта и выраженный в угловой мере, называется **углом наклона** ската  $\nu$  (рисунок .36). Чем больше угол наклона, тем круче скат.

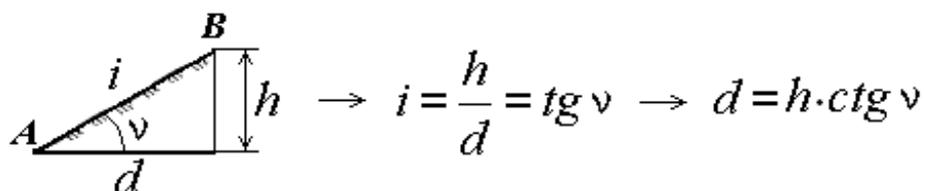


Рисунок 3.6. Определение уклона и угла наклона ската

Другой характеристикой крутизны служит уклон  $i$ . **Уклоном линии местности называют отношение превышения к горизонтальному проложению**. Из формулы следует (рисунок 3.6), что уклон безразмерная величина. Его выражают в сотых долях (%) или тысячных долях – промиллях (‰).

Если угол наклона ската до  $45^\circ$ , то он изображается горизонталями, если его крутизна более  $45^\circ$ , то рельеф обозначают специальными знаками. Например, обрыв показывается на планах и картах соответствующим условным знаком.

Топографическая карта представляет собой ортогональную проекцию местности на плоскость. В Российской Федерации топографические карты масштабов 1:5000, 1:10000, 1:25000, 1:50000 и крупнее составляются в равноугольной равноцилиндрической проекции Гаусса-Крюгера. Ситуация на топографических картах отображается условными знаками, рельеф – изолиниями – горизонталями. Для определения географических координат точек по карте на картографической рамке нанесена минутная рамка, а для определения прямоугольных координат точек на лист карты нанесена километровая сетка с известными координатами линий сетки. Определение ориентирных углов ведется от северного направления соответствующего меридиана.

Ориентирные углы измеряются с помощью транспортира или вычисляются по соответствующим известным поправкам направления. Уклоны отрезков, нанесенных на карту, определяются как отношение разности отметок начала и конца отрезка к горизонтальному проложению отрезка.

Углы наклона отрезков определяются с помощью графика масштаба заложений, нанесенного на лист карты.

Продольный разрез по заданному направлению строится по соответствующим отметкам точек пересечения горизонталей с исходным направлением и соответствующим горизонтальным проложением полученных отрезков.

При географических, геологических, почвенных и других исследованиях природы часто возникает необходимость в подробных описаниях местности.

**Общая характеристика местности.** В общей характеристике местности указывается: номенклатура топографической карты и географические координаты углов рамки трапеции; географическое положение участка, географические и прямоугольные координаты угловых точек его границ, тип местности по характеру рельефа (равнинная, холмистая, горная), важные географические объекты, существенно влияющие на общий характер местности.

**Рельеф местности.** Рельеф местности описывается после основательного изучения его по карте в следующем порядке.

- Общий характер рельефа территории, максимальные и минимальные абсолютные отметки высот.
- Определяют местоположение возвышенностей, их высоту, размеры и форму, крутизну склонов.
- Описывают нарушения рельефа: овраги, промоины, обрывы, их густота, протяженность, глубина.
- Главные водоразделы наносят простым карандашом на карту в виде линий с указанием их направлений. Определяют главные водотоки и их направления, отметки высот характерных точек истоков, слияний, резких поворотов русла.
- Отмечают антропогенные формы рельефа - открытые разработки полезных ископаемых, карьеры, насыпи, курганы, ямы и т. д.

**Гидрографическая сеть** описывается в порядке важности составляющих ее объектов: морские берега, озера, реки и их притоки. Описание реки складывается из следующих сведений:

- Русло реки, его ширина, глубина, уклон.
- Берега русла, их крутизна, наличие обрывов и пляжей.
- Грунт дна и берегов реки, наличие поймы, старых русел, пойменных озер и болот.
- Скорость течения реки, судоходство, речные порты, пристани, сроки авиации.
- Наличие и характер мостов, паромов, бродов, места постоянных зимних переправ, ледовых зимних дорог.

**Растительный покров.** О лесах в описании помещаются следующие сведения.

- Местоположение и площади лесных массивов. Состав леса по породам деревьев. Высота и толщина деревьев, среднее расстояние между ними.
- Просеки и вырубki, их ширина, проходимость леса в разных направлениях.
- Характерные ориентиры и условия ориентирования в лесу.
- Кустарники описываются отдельно, если они образуют крупные массивы.

**Болота** отдельно описываются в тех случаях, когда они образуют труднопроходимые препятствия и занимают достаточно большую площадь. При этом отмечают местоположение и площадь болота, растительность, его глубину, характер грунта дна, проходимость в разных направлениях.

**Населенные пункты.** При общих географических описаниях местности вполне достаточно тех сведений о населенных пунктах, которые отражены на топографических картах.

- Тип поселения (город, поселок городского типа, поселки сельского типа, поселки дачного типа), административное значение, численность (для городских поселений), число домов (для сельских поселений).
- Характер планировки поселения, преобладающая застройка (огнестойкая или не огнестойкая), наличие промышленных и социально- культурных объектов.
- Железные и шоссейные дороги, проходящие через поселение, наличие в нем вокзалов, автостанций.

**Транспортное сообщение.** Описание железных и автомобильных дорог имеет очень важное значение и достаточно полно отражено на карте. Необходимо дать следующие сведения.

- Название железной дороги или ближайших крупных городов, которые она связывает, количество путей, степень электрификации.
- Станции и вокзалы на данном участке, другие сооружения на железной дороге - насыпи, выемки, мосты, трубы, тоннели и их характеристики.
- Тип дороги по картографической классификации, название, дорожное покрытие, ширина проезжей части и ширина с обочинами.
- Дорожные сооружения на дороге - насыпи, выемки, трубы, мосты, переправы, броды и т. д. Возможность объезда этих и других препятствий.

#### **Форма представления результата:**

Предоставить заполненную ведомость вычисления координат.

**Критерии оценки:** логичность представленного материала, рациональность выбранной структуры работы, аккуратность. наглядность, характеристика в соответствии с рекомендациями.

- «Отлично» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, умения сформированы, выполнена схема, отражающая все требования.

- «Хорошо» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые умения сформированы недостаточно, составленная схема содержит неточности.

- «Удовлетворительно» - теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые умения работы с освоенным материалом в основном сформированы, выполненная структура содержит неточности.

- «Неудовлетворительно» - теоретическое содержание курса не освоено, необходимые умения не сформированы, выполненное задание содержит грубые ошибки.

## Тема 4. Топографическая графика Практическое занятие №10.

**Вычерчивание заглавных букв и цифр, строчных букв. Написание текста, надписей названий населенных пунктов, характеристик объектов.**

**Цель работы:** научиться вычерчивать топографическим шрифтом.

**Выполнив задания, Вы будете:**

**уметь:**

Уд1 читать ситуации на планах и картах;

Уо 01.02 анализировать задачу и/или проблему и выделять её составные части;

Уо 01.03 определять этапы решения задачи;

Уо 01.07 оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника);

Уо 01.08 выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы;

Уо 02.02 определять необходимые источники информации;

Уо 02.04 структурировать получаемую информацию; выделять наиболее значимое в перечне информации;

Уо 02.05 оценивать практическую значимость результатов поиска;

Уо 02.08 использовать различные цифровые средства для решения профессиональных задач;

Уо 02.09 проявлять культуру информационной безопасности при использовании информационно-коммуникационных технологий;

Уо 03.02 применять современную научную профессиональную терминологию.

**Материальное обеспечение:**

методические указания, опорные плакаты.

**Задание:**

Выполнить чертеж по макету. Выполнить несколько надписей рубленным основным, рубленным полужирным, топографическим полужирным и основным курсивом.

**Порядок выполнения работы:**

1 Определить долготу осевого меридиана зон.

2 Определить в каких зонах осевые меридианы имеют долготу.

3 По номенклатуре карты *N* - 35 определить географические координаты углов рамки листа карты

**Ход работы:**

1. Выполнить карандашную разметку тонкими аккуратными линиями:

- отступив со всех сторон от рамки по 10 мм, наметить прямоугольник, который в свою очередь разделить на два одинаковых столбика, расстояние между которыми — 10 мм;
- в каждом столбике провести вертикальную линию — ось симметрии, относительно которой можно будет контролировать выравнивание надписей;
- по вертикали столбики разметить на строчки по размерам, указанным на макете.

2. Вычислить параметры каждой надписи в зависимости от ее высоты: ширину букв, расстояние между буквами, расстояние между словами и толщину основного элемента (для полужирных шрифтов).

3. Для каждой надписи подготовить карандашную заготовку, разметив строку на «окна» для букв и расстояния между буквами и между словами (по вычисленным параметрам), учитывая при этом правило интервалов. Для курсива разметку нужно сделать наклонными линиями.

4. Используя полученную разметку, построить каждую надпись. Выравнивание в каждом столбике — центральное.

5. Проверить карандашный рисунок.
  6. Вычертить работу черной тушью. Можно использовать наборы рапидографов (линеров).
  7. Стереть карандашную разметку.
- Требования. Соблюдать размеры, начертание букв, наклон, промежутки между буквами и словами.

**Форма представления результата:**

Оформленная работа предоставляется преподавателю на проверку в тетради, или по средствам использования образовательного портала МГТУ

**Критерии оценки:** логичность представленного материала, рациональность выбранной структуры работы, аккуратность, наглядность, характеристика в соответствии с рекомендациями.

- Оценка «**отлично**» ставится, если задание выполнено верно и даны полные ответы на вопросы.

- Оценка «**хорошо**» ставится, если ход выполнения задания верный, но была допущена одна или две ошибки, либо в ответах на вопросы допущена неточность.

- Оценка «**удовлетворительно**» ставится, если приведено неполное выполнение задания (упущены важные технические характеристики), либо в ответах на вопросы допущены грубые ошибки.

- Оценка «**неудовлетворительно**» ставится, если задание не выполнено.

## Тема 5 Сущность измерений. Линейные измерения

### Практическое занятие №11.

#### Введение поправок

**Цель:** научиться вводить поправки за компарирование и за наклон.

**Выполнив работу, Вы будете:**

**уметь:**

Уд3 решать задачи на масштабы;

Уо 01.02 анализировать задачу и/или проблему и выделять её составные части;

Уо 01.03 определять этапы решения задачи;

Уо 01.07 оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника);

Уо 01.08 выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы;

Уо 02.02 определять необходимые источники информации;

Уо 02.04 структурировать получаемую информацию; выделять наиболее значимое в перечне информации;

Уо 02.05 оценивать практическую значимость результатов поиска;

Уо 02.08 использовать различные цифровые средства для решения профессиональных задач;

Уо 02.09 проявлять культуру информационной безопасности при использовании информационно-коммуникационных технологий;

Уо 03.02 применять современную научную профессиональную терминологию.

**Материальное обеспечение:**

схемы, плакаты, таблицы.

**Задание:**

1 Решить типовые задачи.

**Порядок выполнения работы:**

1 Ввести в измеренную длину линии поправку за компарирование.

2 Ввести в измеренную длину линии поправку за наклон.

**Форма представления результата:**

Предоставить в конспекте решенные домашние задачи.

**Критерии оценки:** логичность представленного материала, рациональность выбранной структуры работы, аккуратность, наглядность, характеристика в соответствии с рекомендациями.

«Отлично» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, умения сформированы, выполнена схема, отражающая все требования.

«Хорошо» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые умения сформированы недостаточно, составленная схема содержит неточности.

«Удовлетворительно» - теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые умения работы с освоенным материалом в основном сформированы, выполненная структура содержит неточности.

«Неудовлетворительно» - теоретическое содержание курса не освоено, необходимые умения не сформированы, выполненное задание содержит грубые ошибки.

**Тема 6. Ориентирование линий на местности**  
**Практическое занятие №12.**  
**Определение ориентирных углов направлений по карте.**

**Цель работы:** научиться определять азимуты и дирекционные углы по карте.

**Выполнив задания, Вы будете:**

**уметь:**

Уд1 читать ситуации на планах и картах;

Уд5 определять по карте истинные азимуты и дирекционные углы заданных направлений;

Уо 01.02 анализировать задачу и/или проблему и выделять её составные части;

Уо 01.03 определять этапы решения задачи;

Уо 01.07 оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника);

Уо 01.08 выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы;

Уо 02.02 определять необходимые источники информации;

Уо 02.04 структурировать получаемую информацию; выделять наиболее значимое в перечне информации;

Уо 02.05 оценивать практическую значимость результатов поиска;

Уо 02.08 использовать различные цифровые средства для решения профессиональных задач;

Уо 02.09 проявлять культуру информационной безопасности при использовании информационно-коммуникационных технологий;

Уо 03.02 применять современную научную профессиональную терминологию.

**Материальное обеспечение:**

методические указания, опорные плакаты.

**Задание:**

Определить ориентирные углы по карте

**Порядок выполнения работы:**

Для определения направления на карте необходимо измерить азимут или дирекционный угол. Азимут может быть истинным и магнитным. **Истинный азимут (Аи)** - это угол между истинным (географическим) меридианом, проходящим через начальную точку линии, и направлением этой линии. Истинный меридиан обозначается звездочкой. **Магнитный азимут (Ам)** - это угол между магнитным меридианом, проходящим через начальную точку линии, и направлением этой линии. Истинный и магнитный азимуты измеряются от северных направлений меридианов по ходу часовой стрелки от 0° до 360° (рис. 1). Магнитный меридиан проходит по линии пересечения вертикальной плоскости, проходящей через магнитные полюса Земли, с горизонтальной плоскостью и обозначается стрелкой.

Угол между истинным и магнитным меридианами данной точки называется **склонением магнитной стрелки (δ)**. Если магнитный меридиан отклоняется от истинного к востоку, то склонение  $\delta$  называют восточным (со знаком плюс), а если к западу - западным (со знаком минус). Таким образом, имеем:

$$A_i = A_m + (\pm \delta).$$

Склонение меняется со временем и широтой места наблюдения.

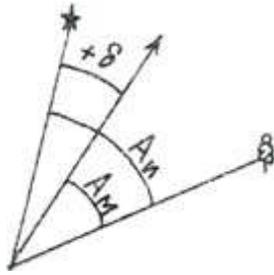


Рис. 1. Определение истинного и магнитного

угла азимутов

**Пример 1.** Истинный меридиан заданного направления составляет  $150^{\circ}00'$ , восточное склонение магнитной стрелки равно  $6^{\circ}00'$ . Найти магнитный азимут направления.

Вычисления проводим по формуле:

$$A_m = A_i - (\pm\delta) = 150^{\circ}00' - (+6^{\circ}00') = 144^{\circ}00'.$$

**Пример 2.** Перевести магнитный азимут  $152^{\circ}10'$  в истинный, если западное склонение равно  $10^{\circ}15'$ .

Вычисляем по формуле:

$$A_i = A_m + (\pm\delta) = 152^{\circ}10' + (-10^{\circ}15') = 141^{\circ}55'.$$

**Дирекционный угол ( $\alpha$ )** – это угол между осевым меридианом (или вертикальной линией километровой сетки), проходящим через начальную точку линии, и направлением этой линии. Дирекционный угол отсчитывается от северного направления линии километровой сетки по ходу часовой стрелки от  $0^{\circ}$  до  $360^{\circ}$ . Осевым меридианом обозначается обратная стрелка (рис. 12).

Угол между истинным и осевым меридианами данной точки называется **сближением меридианов ( $\gamma$ )**. Если вертикальные линии километровой сетки северным концом отклоняются к востоку от истинного меридиана, то сближение  $\gamma$  будет положительным, если к западу - отрицательным. Зная значения магнитного склонения и сближения меридианов, мы можем по значению дирекционного угла направления линии найти ее истинный и магнитный азимуты, и, наоборот, от истинного и магнитного азимутов перейти к дирекционному углу.

Среднее сближение меридианов для листа карты рассчитывают по формуле:

$$\gamma = \Delta\lambda \cdot \sin \varphi_{\text{ср}},$$

где  $\Delta\lambda = \lambda_{\text{ср}} - \lambda_0$  - разность долгот среднего меридиана листа карты и осевого

меридиана зоны;  $\varphi_{\text{ср}}$  - средняя широта листа карты. Величины  $\lambda_{\text{ср}}$  и  $\varphi_{\text{ср}}$  определяют по оцифровке углов градусной рамки листа карты. Долгота осевого меридиана зоны находится исходя из номера зоны (см. Тема 1).

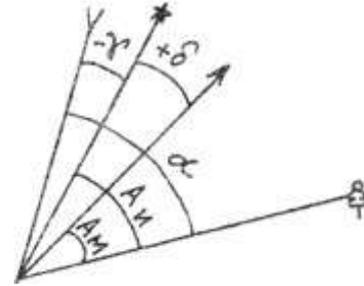


Рис. 2. Определение дирекционного

**Пример 3.** Найти магнитный азимут направления заданной линии, если его дирекционный угол составляет  $45^{\circ}00'$ , магнитное склонение  $\delta = + 4^{\circ}20'$ , а сближение меридианов  $\gamma = - 3^{\circ}15'$ .

Вычисляем по формуле:

$$\begin{aligned} A_m &= \alpha - \{ + \delta - (- \gamma) \} = 45^{\circ}00' - \{ + 4^{\circ}20' - (- 3^{\circ}15') \} = \\ &= 45^{\circ}00' - \{ + 7^{\circ}35' \} = 37^{\circ}25'. \end{aligned}$$

На топографической карте с помощью геодезического транспорта измеряют истинный азимут и дирекционный угол направления. Для этого транспортёр накладывают так, чтобы его центр (т.е. середина линейки, отмеченная штрихом) совпал с точкой пересечения заданной линии:

- 1) с истинным меридианом (восточной или западной сторонами рамки) при измерении истинного азимута;
- 2) с одной из вертикальных линий километровой сетки при измерении дирекционного угла.

По делению транспорта, совпадающего с заданной линией, по часовой стрелке отсчитывают угол. Градусная шкала, подписанная черными цифрами, предназначена для измерения углов, которые меньше  $180^{\circ}$ , шкала, подписанная красными цифрами, используется для измерения углов больше  $180^{\circ}$ .

**Пример 4.** По карте У–34–37-В измерить дирекционный угол линии, направление которой от скопления камней в квадрате (80-21) к пункту триангуляции на вершине горы Крутая с отметкой высоты 224,0 в квадрате (80-20).

На карте карандашом соединим по прямой скопление камней (точка А) и пункт триангуляции (точка В) и стрелкой укажем заданное направление из

т. А в точку В (обозначим АВ). Затем центр транспорта прикладываем к точке пересечения линии АВ и вертикальной линией километровой сетки так, чтобы дуга транспорта пересекла линию АВ (рис. 13). При этом основание транспорта должно совпадать с вертикальной линией километровой сетки. Угол отсчитывается по часовой стрелке от ее северного направления до линии АВ.

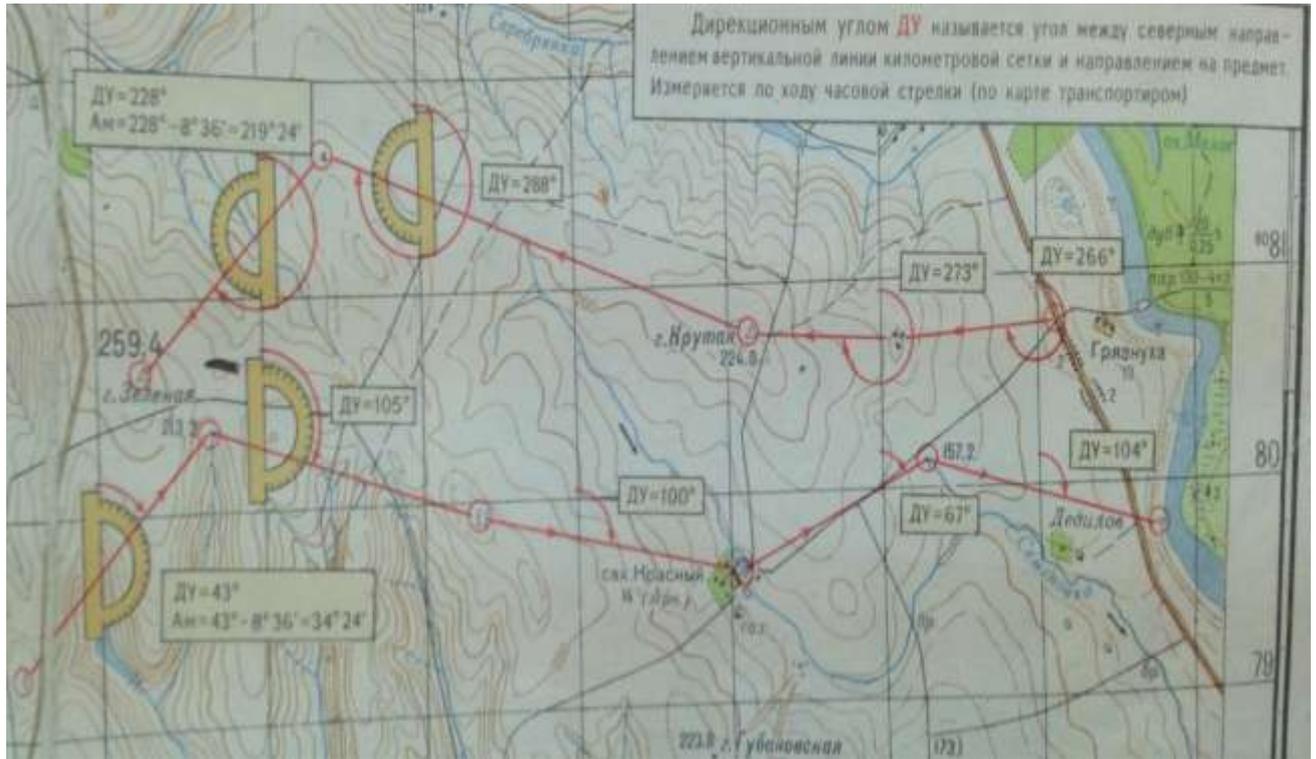


Рис. 13. Измерение дирекционного угла транспортиром

Этот угол больше  $180^\circ$ , поэтому берем отсчет по градусной шкале транспортира, подписанной красными цифрами,  $273^\circ$ . Таким образом, дирекционный угол направления АВ будет равен

$$\alpha = 273^\circ 00'.$$

Обратный дирекционный угол, т.е. дирекционный угол направления ВА (от пункта триангуляции к скоплению камней) будет равен

$$273^\circ + 180^\circ = 453^\circ = 453^\circ - 360^\circ = 93^\circ.$$

Часто для удобства дирекционные углы пересчитывают в румбы. **Румбом ( $r$ )** называют горизонтальный угол, отсчитываемый от вертикальной линии километровой сетки, до заданного направления АВ. Румб меняется от  $0^\circ$  до  $90^\circ$ . Чтобы однозначно определить направление заданной линии величине румба приписывают название, состоящее из двух букв сторон света: СВ (северо-восток), ЮВ (юго-восток), ЮЗ (юго-запад), СЗ (северо-запад). Соотношение между дирекционными углами и румбами показано в табл. 1.

Таблица 1. Соотношения румбов и дирекционных углов

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Обозначение</li> <li>• румба</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Значения дирекционных углов</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Связь румбов с дирекционными углами</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• СВ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>0^\circ - 90^\circ</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>r_1 = \alpha_1</math></li> </ul>

• Ю В	• $90^\circ - 180^\circ$	• $r_2 = 180^\circ - \alpha_2$
• ЮЗ	• $180^\circ - 270^\circ$	• $r_3 = \alpha_3 - 180^\circ$
• СЗ	• $270^\circ - 360^\circ$	• $r_4 = 360^\circ - \alpha_4$

**Пример 4.** Определить дирекционный угол линии, если известно, что румб линии СЗ, а его величина  $48^\circ 19'$ .

Румб СЗ означает, что направление линии лежит между направлениями на север и на запад и составляет с вертикальной линией километровой сетки угол  $48^\circ 19'$ . В этом случае  $270^\circ < \alpha < 360^\circ$ , следовательно,

$$\alpha = 360^\circ - r = 360^\circ - 48^\circ 19' = 311^\circ 19'.$$

**Пример 5.** Определить значение сближения меридианов, если известны западная  $\lambda_3 = 18^\circ 03' 45''$  и восточная  $\lambda_В = 18^\circ 07' 30''$  долготы, северная  $\varphi_{с.ш} = 54^\circ 42' 30''$  и южная  $\varphi_{ю.ш} = 54^\circ 40' 00''$  широты параллелей.

Находим

$$\lambda_{ср} = (\lambda_3 + \lambda_В) / 2 = (18^\circ 03' 45'' + 18^\circ 07' 30'') / 2 = 18^\circ 05' 38''.$$

Определяем номер зоны по восточной долготы: зону ограничивают меридианы, долготы которых кратны 6, поэтому данная местность расположена в зоне, ограниченной меридианами с долготами  $18^\circ$  и  $18^\circ + 6^\circ = 24^\circ$ . Номер зоны равен

$$N = 24^\circ / 6^\circ = 4,$$

долгота осевого меридиана зоны  $N = 4$  равна

$$\lambda_0 = 6^\circ \cdot N - 3^\circ = (6^\circ \cdot 4) - 3^\circ = 21^\circ.$$

Далее находим значения

$$\begin{aligned} \varphi_{ср} &= (\varphi_{с.ш} + \varphi_{ю.ш}) / 2 = (54^\circ 42' 30'' + 54^\circ 40' 00'') / 2 = \\ &= 54^\circ 41' 15'', \end{aligned}$$

$$\Delta\lambda = 18^\circ 05' 38'' - 21^\circ 00' = -2^\circ 54' 22'',$$

$$\gamma = -2^\circ 54' 22'' \cdot \sin(54^\circ 41' 15'') = -2^\circ 22' 17''.$$

Как видим, сближение меридианов для данной местности отрицательное, следовательно, осевой меридиан отклоняется к западу от истинного меридиана.

Дирекционные углы можно вычислить, если известны горизонтальные углы между направлениями на местности и дирекционный угол хотя бы одной исходной стороны, например, стороны  $\alpha_{1-2}$  (рис. 14). Для вычисления



В качестве исходной примем сторону 1-2 и измерим значение ее дирекционного угла на карте транспортиром. Тогда вычисление дирекционных углов сторон выполняются по формуле:

$$\alpha_n = \alpha_{n-1} + 180^\circ - \beta_n,$$

где  $\alpha_{n-1}$  - дирекционный угол предыдущей стороны;  $\alpha_n$  - дирекционный угол последующей стороны,  $\beta_n$  - правый по ходу горизонтальный угол при вершине n. Поэтому для каждой стороны можно записать:

$$\alpha_{2-3} = \alpha_{1-2} + 180^\circ - \beta_2; \alpha_{3-4} = \alpha_{2-3} + 180^\circ - \beta_3; \alpha_{4-5} = \alpha_{3-4} + 180^\circ - \beta_4;$$

$$\text{контроль: } \alpha_{1-2} = \alpha_{4-5} + 180^\circ - \beta_1.$$

**Пример 7.** На карте измерены правые по ходу горизонтальные углы  $\beta_1 = 61^\circ 25'$ ;  $\beta_2 = 88^\circ 18'$ ;  $\beta_3 = 92^\circ 14'$ ;  $\beta_4 = 132^\circ 32'$ ;  $\beta_5 = 165^\circ 31'$  и

дирекционный угол исходной стороны  $\alpha_{1-2} = 131^\circ 07'$ . Вычислите дирекционные углы сторон 2-3, 3-4, 4-5, 5-1.

Если число углов  $n = 5$ , то сумма углов должна быть равна:

$$\sum \beta_i = 180^\circ \cdot (5 - 2) \pm 30' = 540^\circ \pm 30'.$$

Проверяем сумму измеренных углов в замкнутом полигоне:

$$\begin{aligned} \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 + \beta_5 &= \\ &= 61^\circ 25' + 88^\circ 18' + 92^\circ 14' + 132^\circ 32' + 165^\circ 30' = \\ &= 538^\circ 120' = 540^\circ. \end{aligned}$$

Вычисляем дирекционные углы сторон:

$$\begin{aligned} \alpha_{2-3} &= \alpha_{1-2} + 180^\circ - \beta_2 = 131^\circ 07' + 180^\circ - 88^\circ 18' = 222^\circ 49', \\ \alpha_{3-4} &= \alpha_{2-3} + 180^\circ - \beta_3 = 222^\circ 49' + 180^\circ - 92^\circ 14' = 310^\circ 35', \\ \alpha_{4-5} &= \alpha_{3-4} + 180^\circ - \beta_4 = 310^\circ 35' + 180^\circ - 132^\circ 32' = 358^\circ 03', \\ \alpha_{5-1} &= \alpha_{4-5} + 180^\circ - \beta_5 = 358^\circ 03' + 180^\circ - 165^\circ 31' = 12^\circ 32', \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{контроль: } \alpha_{1-2} &= \alpha_{5-1} + 180^\circ - \beta_1 = 12^\circ 32' + 180^\circ - 61^\circ 25' = \\ &= 131^\circ 07'. \end{aligned}$$

**Ориентировать карту** – это значит расположить ее так, чтобы направления линий на карте были параллельны направлениям горизонтальных проекций соответствующих линий местности. При ориентировании карты с помощью компаса (буссоли) следует помнить, что ось магнитной стрелки прибора устанавливается в направлении магнитного меридиана. На карте имеются только направления истинных меридианов (западная и восточная внутренней рамки) и направления, параллельные осевому меридиану (вертикальные линии километровой сетки).

При ориентировании карты с помощью компаса по истинному меридиану следует учитывать склонение магнитной стрелки  $\delta$ , а по километровой сетке – склонение  $\delta$  и сближение меридианов  $\gamma$ .

**Форма представления результата:**

Оформленная работа предоставляется преподавателю на проверку в тетради, или по средствам использования образовательного портала МГТУ

**Критерии оценки:** логичность представленного материала, рациональность выбранной структуры работы, аккуратность, наглядность, характеристика в соответствии с рекомендациями.

- Оценка «**отлично**» ставится, если задание выполнено верно и даны полные ответы на вопросы.

- Оценка «**хорошо**» ставится, если ход выполнения задания верный, но была допущена одна или две ошибки, либо в ответах на вопросы допущена неточность.

- Оценка «**удовлетворительно**» ставится, если приведено неполное выполнение задания (упущены важные технические характеристики), либо в ответах на вопросы допущены грубые ошибки.

- Оценка «**неудовлетворительно**» ставится, если задание не выполнено.

## Тема 6. Ориентирование линий на местности Практическое занятие №13.

### Решение задач на зависимость между истинным азимутом, магнитным азимутом и дирекционным углом.

**Цель:** научиться переводить азимуты в румбы и наоборот.

**Выполнив работу, Вы будете:**

**уметь:**

Уд1 читать ситуации на планах и картах;

Уд5 определять по карте истинные азимуты и дирекционные углы заданных направлений;

Уо 01.02 анализировать задачу и/или проблему и выделять её составные части;

Уо 01.03 определять этапы решения задачи;

Уо 01.07 оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника);

Уо 01.08 выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы;

Уо 02.02 определять необходимые источники информации;

Уо 02.04 структурировать получаемую информацию; выделять наиболее значимое в перечне информации;

Уо 02.05 оценивать практическую значимость результатов поиска;

Уо 02.08 использовать различные цифровые средства для решения профессиональных задач;

Уо 02.09 проявлять культуру информационной безопасности при использовании информационно-коммуникационных технологий;

Уо 03.02 применять современную научную профессиональную терминологию.

**Материальное обеспечение:**

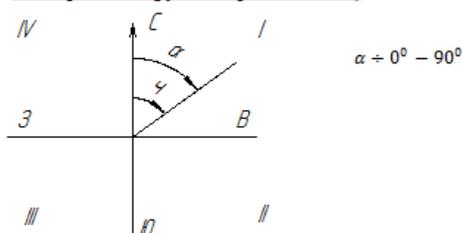
схемы, плакаты, таблицы.

**Задание:**

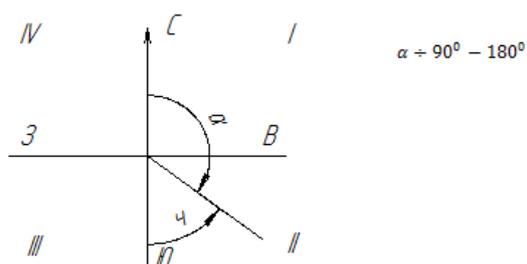
1 Решить типовые задачи.

**Краткие теоретические сведения:**

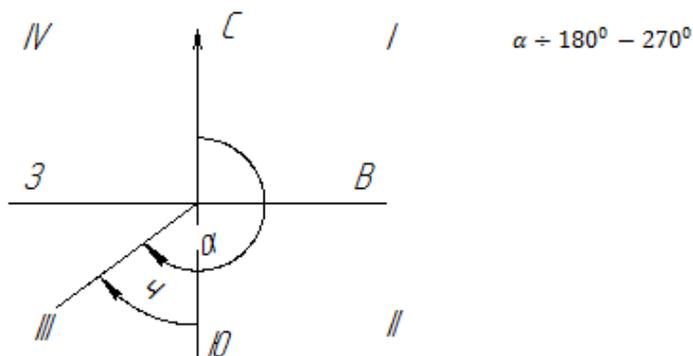
I четверть  $\varphi = \square$  (румб северо-восточный)



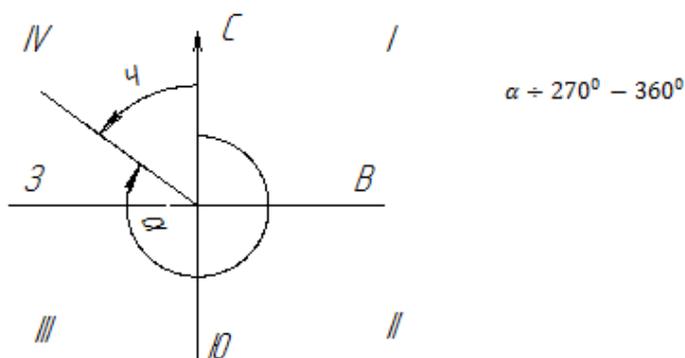
II четверть  $\varphi = 180^\circ - \square$  (румб юго-восточный)



III четверть  $\alpha = \beta - 180^\circ$  (румб юго-западный)



IV четверть  $\alpha = 360^\circ - \beta$  (румб северо-западный)



Для данного примера:

$$\alpha_{1-2} = \beta_{1-2} = \text{СВ}: 12^\circ 30'$$

$$\alpha_{2-3} = 180^\circ - \beta_{2-3} = 180^\circ 00' - 97^\circ 15' = \text{ЮВ}: 82^\circ 45'$$

$$\alpha_{3-4} = \beta_{3-4} - 180^\circ = 188^\circ 57' - 180^\circ 00' = \text{ЮЗ}: 8^\circ 57'$$

$$\alpha_{4-1} = 360^\circ - \beta_{4-1} = 360^\circ 00' - 283^\circ 42' = \text{СЗ}: 76^\circ 18'$$

### Порядок выполнения работы:

- 1 Перевести азимут линии в румб
- 2 Перевести румб линии в азимут

### Форма представления результата:

Предоставить в конспекте решенные домашние задачи.

**Критерии оценки:** логичность представленного материала, рациональность выбранной структуры работы, аккуратность, наглядность, характеристика в соответствии с рекомендациями.

- «Отлично» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, умения сформированы, выполнена схема, отражающая все требования.

- «Хорошо» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые умения сформированы недостаточно, составленная схема содержит неточности.

- «Удовлетворительно» - теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые умения работы с освоенным материалом в основном сформированы, выполненная структура содержит неточности.

- «Неудовлетворительно» - теоретическое содержание курса не освоено, необходимые умения не сформированы, выполненное задание содержит грубые ошибки.

## Тема 7. Определение положений точек на земной поверхности Практическое занятие №14.

### Вычисление прямоугольных координат вершин замкнутого теодолитного хода

**Цель работы:** Заполнить ведомость вычисления координат.

**Выполнив работу, Вы будете:**

**уметь:**

Уд1 читать ситуации на планах и картах;

Уд3 решать задачи на масштабы;

Уд4 решать прямую и обратную геодезическую задачу;

Уд5 определять по карте истинные азимуты и дирекционные углы заданных направлений;

Уо 01.02 анализировать задачу и/или проблему и выделять её составные части;

Уо 01.03 определять этапы решения задачи;

Уо 01.07 оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника);

Уо 01.08 выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы;

Уо 02.02 определять необходимые источники информации;

Уо 02.04 структурировать получаемую информацию; выделять наиболее значимое в перечне информации;

Уо 02.05 оценивать практическую значимость результатов поиска;

Уо 02.08 использовать различные цифровые средства для решения профессиональных задач;

Уо 02.09 проявлять культуру информационной безопасности при использовании информационно-коммуникационных технологий;

Уо 03.02 применять современную научную профессиональную терминологию.

**Материальное обеспечение:**

схемы, плакаты, таблицы, ведомости.

**Задание:**

1 Заполнить ведомость вычисления координат.

**Порядок выполнения работы:**

1 Угловая невязка.

2 Вычисление дирекционных углов.

3 Перевод дирекционных углов в румбы.

4 Вычисление приращений координат.

5 Определение линейных невязок.

6 Вычисление исправленных приращений координат.

7 Определение координат точек.

Вычисление координат точек замкнутого теодолитного хода, построение плана по координатам в масштабе 1:1000.

Плановая привязка здания 42x18 м.

*Примечания.*

1. На строительной площадке привязка теодолитного хода производится к пунктам полигонометрических сетей, после чего определяются координаты этих точек.

2. При решении задачи необходимо воспользоваться рекомендуемым списком литературы.

**Порядок выполнения:**

1. Произвести увязку измеренных внутренних углов теодолитного хода с определенной фактической  $f_{\beta}$  и допустимой  $[f_{\beta}]$  угловых невязок.

2. По исправленным углам и дирекционному углу  $\alpha_{1-2}$  вычислить последующие дирекционные углы и румбы сторон полигона.
3. Вычислить приращение координат ( $\Delta x_{1-2}$   $\Delta y_{1-2}$  и т.д.).
4. Определить линейные невязки в приращениях координат.
5. Определить абсолютную невязку  $f_{абс}$ .
6. Определить относительную невязку  $f_{отн}$  и сравнить ее с допустимой.
7. По заданным координатам исходной точки (x, y) вычислить координаты последующих точек теодолитного хода.
8. Построить по координатам план теодолитного хода в масштабе 1:1000 (на ватмане или миллиметровой бумаге).
9. Запроектировать здание 42x18 м и привязать его два угла к точкам теодолитного хода полярным способом.
10. Определить разбивочные данные линейные ( $S_1, S_2$ ) и угловые ( $\beta_1, \beta_2$ ) графическим способом.

### **Ход выполнения**

1. Выписать в ведомость вычисления координат исходные данные;
  - А) измеренные углы ( $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ ) в графу 2.
  - Б) начальный дирекционный угол  $\alpha_{1-2}$  – в графу 4;
  - В) горизонтальные проложения сторон полигона  $d_{1-2}, d_{2-3}, d_{3-4}, d_{4-1}$  – в графу 6;
  - Г) координаты начальной точки  $x_1$  и  $y_1$  – в графы 11 и 12.

2. Производим увязку измеренных углов полигона.

Для замкнутого полигона теоретически сумма углов вычисляется по формуле  $\sum \beta_{теор} = 180^\circ(n-2)$ , где  $n$  – число углов в полигоне. В примере  $n=4$ , следовательно,  $\sum \beta_{теор} = 180^\circ(4-2) = 360^\circ 00'$ . Но так как при измерении углов допускались некоторые погрешности, то фактически сумма  $\sum \beta_{изм} \neq \sum \beta_{теор}$ , а разница между  $\sum \beta_{изм}$  и  $\sum \beta_{теор}$  называется угловой невязкой.

Сравним полученную угловую невязку с допустимой, т.е.:  $f_{\beta факт} \leq [f_{\beta}]$ , где  $[f_{\beta}] = \pm 1' \sqrt{n}$ , где  $n$  – число вершин полигона.

Так как фактическая невязка получилась меньше допустимой, то это означает, что углы измерены верно.

Затем полученную угловую невязку следует распределить на измеренные углы с противоположным знаком так, чтобы ликвидировать десятые доли минут, при этом целые минуты разбрасываются на те вершины, которые заключены между наиболее короткими сторонами.

Вычисленные значения исправленных углов вписывают в графу 3.

$\sum \beta_{испр}$  должно быть равно 0.

3. По исходному дирекционному углу  $\alpha_{1-2}$  равному для данного примера  $12^\circ 30'$ , вычисляют дирекционные углы последующих линий, пользуясь формулой:  $\alpha_n = \alpha_{n-1} + 180^\circ - \beta_n$  т.е.
 
$$\alpha_{2-3} = \alpha_{1-2} + 180^\circ - \beta_2$$

$$\alpha_{3-4} = \alpha_{2-3} + 180^\circ - \beta_3$$

$$\alpha_{4-1} = \alpha_{3-4} + 180^\circ - \beta_4$$

Затем, для контроля вычислим  $\alpha_{4-1} = \alpha_{3-4} + 180^\circ - \beta_1$

Если полученный при этом дирекционный угол будет равен исходному, то вычисление выполнено правильно.

Вычисленные дирекционные углы записывают в графу 4.

4. Пользуясь формулами зависимости между дирекционными углами (азимутами) и румбами, вычисляем румбы линий (см. практическую работу 1) Полученные румбы записываются в графу 5 (приложение 1).

5. По дирекционным румбам и горизонтальным проложениям сторон полигона вычисляют приращение координат  $\Delta x$  и  $\Delta y$ , пользуясь формулами:

$$\Delta x = d \cos \alpha$$

$$\Delta y = d \sin \alpha,$$

где  $d$  – горизонтальное положение линий,  $\alpha$  – румб линий.

Полученные значения необходимо округлить до второго десятичного знака.

Для вычисления приращений, кроме таблиц, можно пользоваться электрокалькуляторами, имеющими клавиши функций  $\sin$  и  $\cos$ . В этом случае необходимо производить преобразование минут в десятые доли градуса. Знаки приращений координат зависят от направления линий (т.е. от названия румбов) и определяются по следующей таблице:

Приращен ия	I четверть (св)	II четверть (юв)	III четверть (юз)	IV четверть (сз)
$\Delta x$	+	-	-	+
$\Delta y$	+	+	-	-

Вычисленные и округленные значения приращений координат с соответствующими знаками записать в графу 7 и 8 (приложение 1).

6. Подсчитывают алгебраические суммы приращений:

$$\sum(+\Delta x), \sum(-\Delta x) \text{ и } \sum(+\Delta y), \sum(-\Delta y)$$

Теоретическая сумма приращений координат в замкнутом полигоне должна равняться нулю:

$$\sum(\Delta x) = 0,$$

$$\sum(\Delta y) = 0$$

Но так как при измерении углов и сторон полигона допускались некоторые погрешности, то сумма вычисленных приращений не будет равной 0, а разница между вычисленной суммой приращений и теоретической называется линейной невязкой, т.е.:

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

где  $f_x$  – линейная невязка по оси абсцисс

$f_y$  – линейная невязка по оси ординат

Полученные невязки записывают в приложение 1

7. Определить абсолютную линейную невязку по формуле:

$$f_{\text{абс}} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}$$

8. Определить относительную невязку теодолитного хода по формуле:

$$f_{\text{отн}} = \frac{f_{\text{абс}}}{p},$$

где  $p$  – периметр замкнутого полигона  $p = d_{1-2} + d_{2-3} + d_{3-4} + d_{4-1}$

9. Сравнивают полученную относительную невязку с допустимой

$$f_{\text{отн}} \leq [f],$$

где  $[f] = \frac{1}{2000}$  – допустимая невязка.

Относительная невязка получилась меньше допустимой, что и требовалось.

10. Вычисленные линейные невязки  $f_x$ ,  $f_y$  распределяем по приращениям с обратным знаком по формуле:

$$\Delta f_{x_{1-2}} = \frac{f_x}{p} d_{1-2}$$

$$\Delta f_{y_{1-2}} = \frac{f_y}{p} d_{1-2}$$

Вычисленные невязки необходимо округлить до второго десятичного знака.

Остальные невязки вычисляют аналогично и записывают над приращениями в графы 7 и 8 (приложение 1).

11. Исправленные приращения  $\Delta x$  и  $\Delta y$  вычисляют по правилу: если знаки приращения и поправки одинаковые, то их складывают, если разные – вычитают. Вычисленные исправленные приращения записывают в графу 9 и 10 (приложение 1). Если сумма исправленных приращений в итоге равна нулю, то поправки вычислены верно.

12. Вычисляем координаты точек теодолитного хода по формулам:

$$x_n = x_{n-1} \pm \Delta x, y_n = y_{n-1} \pm \Delta y$$

Вычисленные координаты заносят в графу 11 и 12 (приложение 1)

Вычисление координат произведено верно, если в контрольном вычислении получается значения исходных координат (см. приложение 1).

Ведомость вычисления координат оформить тушью или в карандаше в соответствии с приложением 1 на листе бумаги 20x30 см.

13. Пользуясь значением вычисленных координат, следует нанести плановые точки на план масштаба 1:1000. Для этого необходимо вычертить координатную сетку и произвести соответствующую оцифровку на осях  $x$  и  $y$ .

Нанесенные на план точки необходимо соединить прямыми линиями и надписать значения румбов и горизонтальных положений сторон полигона (см. приложение 2)

Примечания.

- На план теодолитного хода в масштабе 1:1000 накладывается здание 42x18 м произвольно, две угловые точки которого привязываются к плановым точкам ближайшей стороны полигона полярным способом.
- Пользуясь поперечным масштабом, студент должен определить координаты углов здания и разбивочные данные  $S_1$ ,  $S_2$  и  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  графическим способом.

$x_A = +75,00$ м	$y_A = +40,00$ м
$x_D = +33,00$	$y_D = +40,00$
$S_1 = 28,13$ м	$S_2 = 51,86$ м
$\beta_1 = 49^{\circ}07'$	$\beta_2 = 37^{\circ}59'$

**Форма представления результата:**

Предоставить заполненную ведомость вычисления координат.

**ВЕДОМОСТЬ ВЫЧИСЛЕНИЯ КООРДИНАТ**

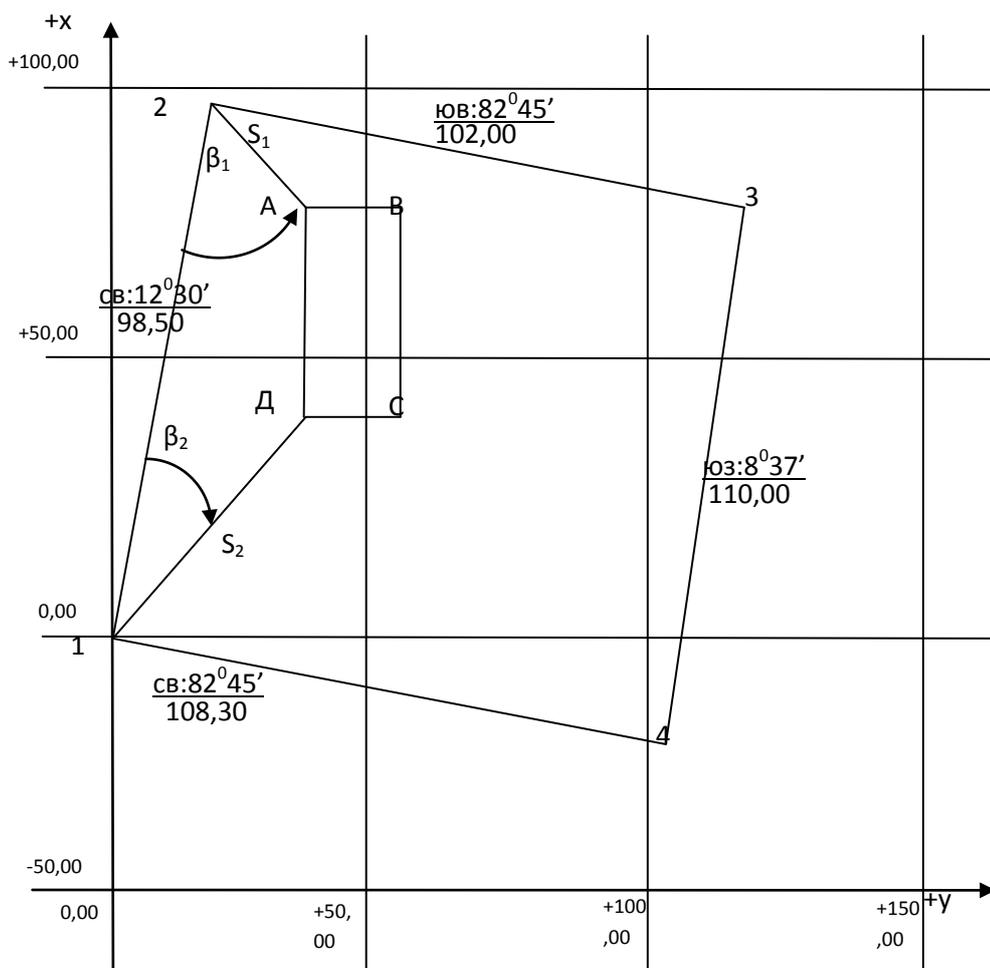
№ точек	Измеренные углы	Исправленные углы	Дирекционные углы	Румбы	Гориз. пролож. линий	Приращения				Координаты		
						Вычисленные		Исправленные		x	y	
						$\Delta x$	$\Delta y$	$\Delta x$	$\Delta y$			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	$91^{\circ}12'$	$91^{\circ}12'$									0,00	0,00
			$12^{\circ}30'$	св: $12^{\circ}30'$	98,30	-0,02 +95,97	-0,02 +21,25	+95,95	+21,23			
2	$-0,51$ $95^{\circ}15,5'$	$95^{\circ}15'$								+95,95	+21,23	
			$97^{\circ}15'$	юв: $82^{\circ}45'$	102,00	-0,02 -12,87	-0,02 +101,13	-12,89	+101,15			
3	$-0,51$ $88^{\circ}18,5'$	$88^{\circ}18'$								+85,06	+122,39	
			$188^{\circ}57'$	юз: $8^{\circ}57'$	110,00	-0,03 -108,66	-0,03 -17,12	-108,69	-17,15			
4	$-0,51$ $85^{\circ}15,5'$	$85^{\circ}15'$								-25,63	+105,24	
			$283^{\circ}42'$	сз: $76^{\circ}18'$	108,30	-0,02 +25,65	-0,02 -105,22	+25,63	-105,24			
1										0,00	0,00	

$$\begin{aligned}
 \sum \beta_{\text{изм}} &= 360^{\circ} 01,15' \\
 \sum &= +122,39 \\
 \sum \beta_{\text{теор}} &= 180^{\circ} (n-2) = 360^{\circ} 00' \\
 f\beta &= \sum \beta_{\text{изм}} - \sum \beta_{\text{теор}} = +1,5' \\
 [f\beta] &= \pm \pm 1' \sqrt{n} = \pm 2' \\
 f\beta &\leq [f\beta] \\
 1,5' &< 2'
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P &= 418,60; \quad \sum = +121,62; \quad \sum = +122,43; \quad \sum = +121,58; \\
 \sum &= -121,53; \quad \sum = -122,34; \quad \sum = +121,58; \quad \sum = -122,39 \\
 f_x &= +0,09; \quad f_y = +0,09; \quad f_x = 0,00; \quad f_y = 0,00 \\
 f_{\text{абс}} &= \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{(+0,09)^2 + (+0,09)^2} = 0,13 \\
 f_{\text{отн}} &= \frac{f_{\text{абс}}}{p} = \frac{0,13}{418,60} = \frac{1}{3220} < \frac{1}{2000}
 \end{aligned}$$

## ПЛАН ТЕОДОЛИТНОГО ХОДА

Масштаб 1: 1000



Данные для разбивки

- а) угловые:  $\beta_1=49^{\circ}07'$        $\beta_2=37^{\circ}59'$   
 б) линейные:  $S_1=28,13$        $S_2=51,86$

**Форма представления результата:** Оформленная работа предоставляется преподавателю на проверку в тетради, или по средствам использования образовательного портала МГТУ

**Критерии оценки:** логичность представленного материала, рациональность выбранной структуры работы, аккуратность, наглядность, характеристика в соответствии с рекомендациями.

- Оценка «отлично» ставится, если задание выполнено верно и даны полные ответы на вопросы.

- Оценка «хорошо» ставится, если ход выполнения задания верный, но была допущена одна или две ошибки, либо в ответах на вопросы допущена неточность.

- Оценка «удовлетворительно» ставится, если приведено неполное выполнение задания (упущены важные технические характеристики), либо в ответах на вопросы допущены грубые ошибки.

- Оценка «неудовлетворительно» ставится, если задание не выполнено.

## Тема 7.Определение положений точек на земной поверхности

### Практическое занятие №15.

#### Нанесение точек теодолитного хода на план

**Цель работы:** Построить координатную сетку, нанести точки хода по координатам на план, определение графически координат углов здания.

#### Выполнив работу, Вы будете:

##### *уметь:*

- Уд1 читать ситуации на планах и картах;
- Уд3 решать задачи на масштабы;
- Уд4 решать прямую и обратную геодезическую задачу.
- Уд5 определять по карте истинные азимуты и дирекционные углы заданных направлений;
- Уо 01.02 анализировать задачу и/или проблему и выделять её составные части;
- Уо 01.03 определять этапы решения задачи;
- Уо 01.07 оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника);
- Уо 01.08 выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы;
- Уо 02.02 определять необходимые источники информации;
- Уо 02.04 структурировать получаемую информацию; выделять наиболее значимое в перечне информации;
- Уо 02.05 оценивать практическую значимость результатов поиска;
- Уо 02.08 использовать различные цифровые средства для решения профессиональных задач;
- Уо 02.09 проявлять культуру информационной безопасности при использовании информационно-коммуникационных технологий;
- Уо 03.02 применять современную научную профессиональную терминологию.

#### Материальное обеспечение:

схемы, плакаты, таблицы, ведомости.

#### Задание:

- 1 Построить координатную сетку.

#### Порядок выполнения работы:

- 1 Угловая невязка.
- 2 Вычисление дирекционных углов.
- 3 Перевод дирекционных углов в румбы.
- 4 Вычисление приращений координат.
- 5 Определение линейных невязок.
- 6 Вычисление исправленных приращений координат.
- 7 Определение координат точек.

Обработку полевых материалов начинают с проверки “Журнала измерения горизонтальных углов”, обработки линейных измерений и выписки данных в “Ведомость вычисления координат”. При этом значения углов округляют до десятых долей минут.

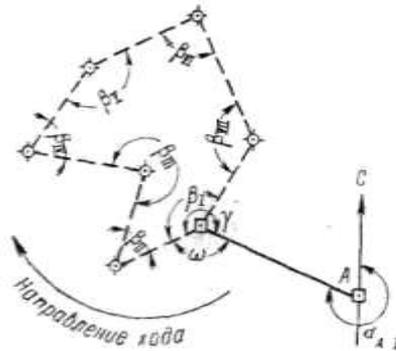


Рисунок 25

В ведомости последовательно выполняют описываемые ниже действия.

Вычисление угловой невязки

а). Подсчитывается сумма измеренных углов:

$$\Sigma\beta_{\text{изм}} = 899^{\circ} 58' 1'';$$

б). Определяется теоретическая сумма углов для замкнутого полигона по формуле

$$\Sigma\beta_{\text{теор}} = 180^{\circ} (n - 2),$$

где  $n$  - число углов.

Если  $n = 7$ , то

$$\Sigma\beta_{\text{теор}} = 180^{\circ} (7 - 2) = 900^{\circ} 00' 0'';$$

в). Полученная угловая невязка определяется по формуле

$$f_{\beta} = \Sigma\beta_{\text{изм}} - \Sigma\beta_{\text{теор}}$$

$$\text{Например: } f_{\beta} = 899^{\circ} 58' 1'' - 900^{\circ} 00' 0'' = -1' 9'';$$

г). Допустимая угловая невязка определяется по формуле

$$f_{\beta \text{ доп}} = \pm 45'' \sqrt{7} \approx \pm 2' 0'';$$

д). Сравнивается полученная и допустимая угловые невязки; если  $f_{\beta} > f_{\beta \text{ доп}}$ , то производится повторное измерение углов;

если  $f_{\beta} < f_{\beta \text{ доп}}$ , например  $1' 9'' < 2' 0''$ , или равны, то полученная невязка распределяется с обратным знаком поровну на все углы, образованные короткими сторонами.

Сумма поправок должна равняться величине полученной угловой невязки и быть противоположной ей по знаку.

Сумма исправленных углов должна равняться их теоретической сумме. Эти положения используются для контроля увязки углов.

Ориентирование полигона.

Величина дирекционного угла стороны I - II определяется по величине дирекционного угла исходной стороны A - I и величине примычного угла  $\gamma$  по формуле

$$\alpha_{I-II} = \alpha_{A-I} + 180^{\circ} - \gamma,$$

$$\text{Например, дирекционный угол исходной стороны } \alpha_{A-I} = 295^{\circ} 13' 0'';$$

$$\text{примычный угол } \gamma = 234^{\circ} 13' 0''.$$

Следовательно, дирекционный угол стороны хода I - II будет

$$\alpha_{I-II} = 295^{\circ} 13' 0'' + 180^{\circ} - 234^{\circ} 13' 0'' = 241^{\circ} 00' 0''.$$

Вычисление дирекционных углов сторон полигона

Дирекционные углы других сторон полигона вычисляются по аналогичной формуле

$$\alpha_n = \alpha_{n-1} + 180^{\circ} - \beta_n,$$

где  $\alpha_n$  - дирекционный угол последующей стороны;

$\alpha_{n-1}$  - дирекционный угол предыдущей стороны;

$\beta_n$  - исправленный, вправо по ходу лежащий угол между этими сторонами.

Это положение иллюстрируется схемой (Рисунок 26). Вычисления рекомендуется производить в следующем порядке:

$$241^{\circ} 00' 0'' \dots \dots \alpha_{I-II}$$

+180°  
 421° 00' 0  
 - 44° 45' 0  
 376° 15' 0  
 - 360°  
 16° 15' 0 . . . . .  $\alpha_{II-III}$   
 +180°  
 196° 15' 0  
 +360°  
 556° 15' 0  
 - 277° 16' 0  
 278° 59' 0 . . . . .  $\alpha_{III-IV}$

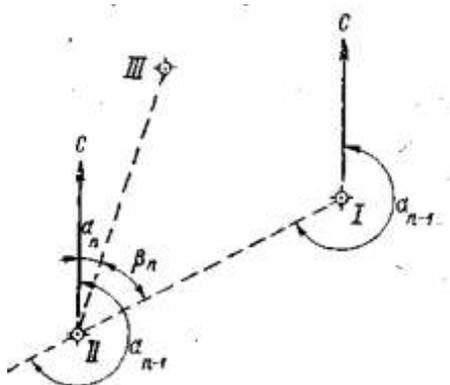


Рисунок 26

Если величина дирекционного угла оказывается более 360°, то следует 360° отбросить (376°15'0 - 360° = 16°15'0). Если же сумма дирекционного угла предыдущего и 180° окажется меньше внутреннего угла, вычитаемого из этой суммы, то следует к сумме прибавить 360° (196°15'0 + 360° - 277°16'0 = 278°59'0).

Контроль вычисления дирекционных углов производится так. Если к дирекционному углу последней стороны прибавить 180° и вычесть величину внутреннего угла, расположенного между последней и первой стороной, то должен получиться дирекционный угол первой стороны:

210°47'0 . . . . .  $\alpha_{VII-I}$   
 +180°  
 390°47'0  
 - 149°47'0  
 241°00'0 . . . . .  $\alpha_{I-II}$

Перевод дирекционных углов в румбы.

Дирекционные углы переводят в румбы, пользуясь зависимостью между дирекционными углами и румбами

Зависимость между дирекционными углами и румбами

Величина дирекционного угла	Наименование румба	Величина румба
0 - 90°	СВ	$\alpha$
90° - 180°	ЮВ	$180^\circ - \alpha$
180° - 270°	ЮЗ	$\alpha - 180^\circ$
270° - 360°	СЗ	$360^\circ - \alpha$

Например:  $\alpha = 241^\circ 00' 0$ , т.е. сторона направлена между 180° и 270°; следовательно, румб будет назван - ЮЗ; а градусная величина его будет

$$241^\circ - 180^\circ = 61^\circ$$

Горизонтальные проложения сторон выписываются в ведомость из абриса или соответствующего журнала с учетом поправок за компарирование и температуру.

Например, выписывают значения:

$$D_{I-II} = 102,50 \text{ м};$$

$$D_{II-III} = 109,65 \text{ м и т.д.}$$

Под итоговой чертой вычисляется сумма всех горизонтальных проложений – периметр полигона.

$$\text{Например, } \Sigma D = 846,12 \text{ м.}$$

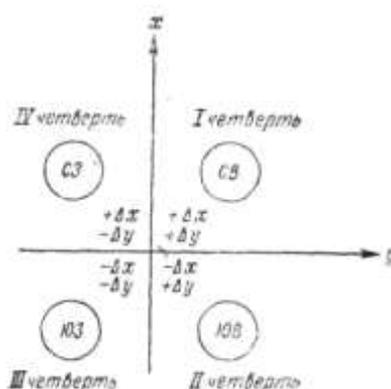


Рисунок 27

Вычисление приращений координат.

Знак приращения зависит от названия координатной четверти, в которой направлена данная сторона хода, и определяется по схеме (Рисунок 27.).

Например, для направления ЮЗ

$\Delta x$  имеет знак минус (-)

$\Delta y \ll (-)$

Величины приращений находятся по “Таблицам приращений координат”, составленным на основе формул:

$$\Delta x = D \cos \alpha;$$

$$\Delta y = D \sin \alpha;$$

что видно из рисунка 28

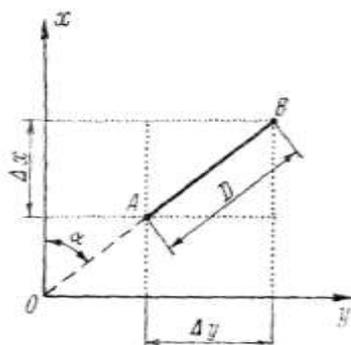


Рисунок 28

Приращения рекомендуется вычислять, пользуясь “Пятизначными таблицами натуральных значений  $\sin$  и  $\cos$ ”, и калькулятором. В этом случае выбранные из таблиц значение  $\sin$  и  $\cos$  надо лишь перемножить на длину стороны.

Вычисленные приращения округляются до сантиметров и вписываются в графу “Приращения вычисленные”.

Например,  
 $\Delta X = - 49, 69$ ;  
 $\Delta Y = - 89, 65$ .

Определение линейной невязки.

Для этого сначала составляют суммы всех вычисленных приращений  $\Delta X$  положительных ( $\Sigma \Delta X+$ ) и отрицательных ( $\Sigma \Delta X-$ ), а затем их алгебраическую сумму, которая для случая замкнутого полигона и будет величиной невязки по оси абсцисс.

$$f_x = \Sigma \Delta X .$$

Например:		
+105,26		
+20, 23		-49,69
+93,83		-135,58
+59, 71		-93,73
$\Sigma \Delta X+ = +279,03$		$\Sigma \Delta X- = -279,00$
$f_x = (+279,03) + (-279,00) = +0,03$		

Аналогично действуют, вычисляя невязку по оси ординат

п

$$f_y = \Sigma \Delta Y ;$$

$$f_y = (+279,03) + (-273,50) = -0,27.$$

Абсолютная линейная невязка в периметре полигона определяется по формуле:

$$f_D = \sqrt{(f_x)^2 + (f_y)^2}$$

Например,

$$f_D = \sqrt{(0,03)^2 + (0,27)^2} = \pm 0, 28.$$

Относительная линейная невязка определяется отношением абсолютной невязки к периметру полигона.

$$f_D / \Sigma D = 0,28 / 846,12 \approx 1 / 3000,$$

где  $\Sigma D$  - периметр полигона.

Если полученная относительная линейная невязка не превышает 1/2000, то результаты считаются благополучными, и можно распределять невязки, полученные по осям координат.

Если  $f_D / \Sigma D > 1 / 2000$  , то необходимо тщательно проверить вычисления и при необходимости произвести повторные измерения.

Если  $f_D / \Sigma D < 1 / 2000$  , то производится распределение невязки  $f_x$  и  $f_y$  путем введения поправок в вычисленные приращения  $\Delta X$  и  $\Delta Y$  пропорционально длинам сторон:

$$(f_x / \Sigma D) \times D_n \text{ и } (f_y / \Sigma D) \times D_n$$

где  $D_n$  - длина горизонтального проложения соответствующей стороны.

Поправка вводится со знаком, обратным знаку невязки. Так как при этом поправка может выражаться лишь долями сантиметра, то надо ее округлить до целого сантиметра и вводить только в приращения, соответствующие наибольшим сторонам.

Если  $f_x = 0,03$ , то поправки по 1 см. вводятся только в приращения, соответствующие лишь большим сторонам III - IV, V - VI, VI - VII.

Во всех случаях сумма поправок должна равняться величине полученной невязки, но с обратным знаком.

Исправленные (увязанные) приращения вычисляются как алгебраическая сумма вычисленных приращений и соответствующих поправок.

Например,

$$(\Delta Y_{I-II})_{\text{испр}} = (-89,65) + (+0,03) = - 89,62$$

Контроль увязки приращений: в замкнутом полигоне алгебраическая сумма исправленных приращений по каждой оси должна равняться нулю.

Вычисление координат вершин полигона.

Координаты точки I заданы

$$X_1 = 0,00; Y_1 = 0,00.$$

Координаты последующих точек вычисляются по формулам:

$$X_n = X_{n-1} + (\Delta X)_{\text{испр}}; Y_n = Y_{n-1} + (\Delta Y)_{\text{испр}},$$

где

$X_n$ и $Y_n$ -	координаты последующих точек;
$X_{n-1}$ и $Y_{n-1}$ -	координаты предыдущих точек;
$(\Delta X)_{\text{испр}}$ и $(\Delta Y)_{\text{испр}}$ -	исправленные приращения сторон между соответствующими точками

Например,

$$X_{III} = (-49,69) + (+105,26) = +55,57;$$

$$Y_{III} = (-89,62) + (+30,71) = -58,91.$$

Если к координатам последней точки прибавить приращения по последней замыкающей стороне, то должны получиться координаты первой точки, что и будет контролем правильности вычисления координат вершин замкнутого теодолитного хода.

Например,

$$(+93,73) + (-93,73) = 0,00;$$

$$(+55,80) + (-55,80) = 0,00.$$

### Составление схемы теодолитного хода

Пользуясь значениями вычисленных координат, следует нанести плановые точки на план масштаба 1:500. Для этого необходимо на чертежной или миллиметровой бумаге вычертить координатную сетку со сторонами квадратов 5 см и произвести соответствующую оцифровку координат на осях X и Y. Полученные на плане точки необходимо соединить прямыми линиями и надписать значения румбов и горизонтальных проложений сторон полигона.

Примечание 1. Координатную сетку нанести в тонких линиях зеленой или синей тушью. Точки соединить линиями толщиной 1—2 мм черной тушью или в карандаше. Диаметр точек теодолитного хода для М: 1:500 - 1,5 мм.

На план теодолитного хода М 1:500 накладываем контур здания 36×12 м (произвольно), два угла которого привязываем к плановым точкам ближайшей стороны полигона полярным способом.

Пользуясь поперечным масштабом, определяем координаты углов здания графическим способом.

Пример: координаты точек:

$$X_A = 1,40 \text{ м}, \quad Y_A = 20,20 \text{ м}.$$

$$X_D = 1,40 \text{ м}, \quad Y_D = 56,20 \text{ м}.$$

Значения координат точек теодолитного хода т. 1 и т. 4 надо взять из ведомости вычисления координат:

$$X_1 = 0,00 \text{ м} \quad X_4 = -36,70 \text{ м}.$$

$$Y_1 = 0,00 \text{ м} \quad Y_4 = 49,59 \text{ м}.$$

Для определения длины стороны  $S_1$ , решаем обратную геодезическую задачу, используя дирекционные углы направлений 1-А, 4-Д

$$\text{tg } \gamma_1 = \Delta X_1 / \Delta Y_1 \quad S_1 = \Delta X_1 / \cos \gamma_1$$

Вычисляем приращения

$$\Delta X_1 = X_A - X_1 = 1,40 - 0,00 = 1,40 \text{ м}$$

$$\Delta Y_1 = Y_A - Y_1 = 20,20 - 0,00 = 20,20 \text{ м},$$

$$\Delta X_2 = X_D - X_4 = 1,40 - (-36,70) = 38,10 \text{ м},$$

$$\Delta Y_2 = Y_D - Y_4 = 56,20 - 49,59 = 6,61 \text{ м},$$

Дирекционные углы направлений 1-А и 4-Д соответственно равны

$$\text{tg } \gamma_{1-A} = 20,20 / 1,40 = 14,428 \quad \text{tg } \gamma_{1-A} = 86^\circ 02'$$

$$\text{tg } \gamma_{4-D} = 6,61 / 38,10 = 0,1735 \quad \text{tg } \gamma_{4-D} = 9^\circ 50'$$

Длины сторон 1,40

$$S_1 = 1,40 / 0,06917 = 20,24 \text{ м}$$

$$S_2 = 38,10 / 0,98530 = 38,67$$

Вычисляем значения углов  $\beta_1$  и  $\beta_2$

$$\text{угол } \beta_1 = 90^\circ - \gamma_{4-1} - \alpha_1$$

угол  $\beta_2 = \gamma_{4-1} + \alpha_2$ , где  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  углы треугольников

$$\alpha_1 = 90^\circ - \gamma_{1-A} = 3^\circ 58'$$

$$\alpha_2 = \gamma_{4-D} = 9^\circ 50'$$

$$\beta_1 = 90^\circ - 53^\circ 30' + 3^\circ 58' = 40^\circ 28'$$

$$\beta_2 = 53^\circ 30' + 9^\circ 50' - 63^\circ 20'$$

Вычисленные значения расстояний и углов используем для составления разбивочного чертежа.

$$S_1 = 20,24 \text{ м}; \quad \beta_1 = 40^\circ 28';$$

$$S_2 = 38,67 \text{ м}; \quad \beta_2 = 63^\circ 20'.$$

МАСШТАБ 1:500

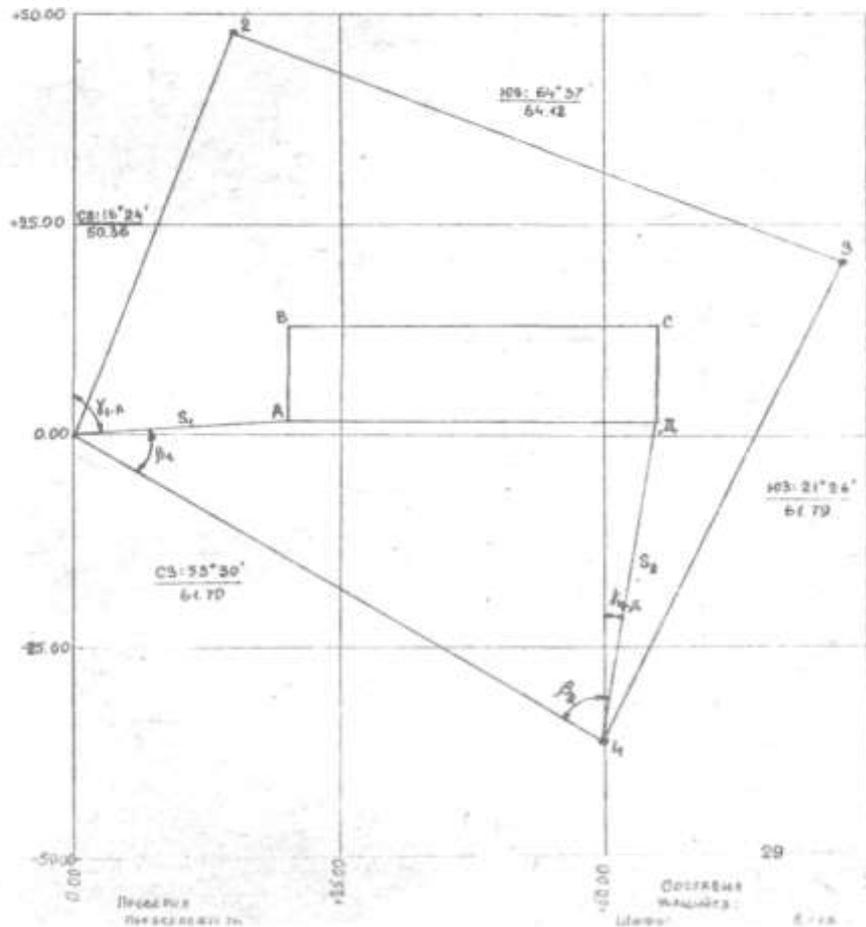


Рисунок 29 План теодолитного хода

**Форма представления результата:** Предоставить отчет по работе в тетради для практических работ и устная защита работы.

**Критерии оценки:** логичность представленного материала, рациональность выбранной структуры работы, аккуратность, наглядность, характеристика в соответствии с рекомендациями.

- Оценка «отлично» ставится, если задание выполнено верно и даны полные ответы на вопросы.

- Оценка «хорошо» ставится, если ход выполнения задания верный, но была допущена одна или две ошибки, либо в ответах на вопросы допущена неточность.

- Оценка «**удовлетворительно**» ставится, если приведено неполное выполнение задания (упущены важные технические характеристики), либо в ответах на вопросы допущены грубые ошибки.
- Оценка «**неудовлетворительно**» ставится, если задание не выполнено.

## Тема 8 Геодезическое оборудование Лабораторное занятие №1

### Изучение теодолита.

**Цель:** изучить устройство теодолита 2Т30П.

**Выполнив задания, Вы будете:**

**уметь:**

Удб выполнять поверки геодезического оборудования;

Уо 01.02 анализировать задачу и/или проблему и выделять её составные части;

Уо 01.03 определять этапы решения задачи;

Уо 01.07 оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника);

Уо 01.08 выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы;

Уо 02.02 определять необходимые источники информации;

Уо 02.04 структурировать получаемую информацию; выделять наиболее значимое в перечне информации;

Уо 02.05 оценивать практическую значимость результатов поиска;

Уо 02.08 использовать различные цифровые средства для решения профессиональных задач;

Уо 02.09 проявлять культуру информационной безопасности при использовании информационно-коммуникационных технологий;

Уо 03.02 применять современную научную профессиональную терминологию;

Уо 04.02 эффективно работать в команде.

**Материальное обеспечение:**

штатив, теодолит, закрепительный винт теодолита, методические указания, опорная точка, станция, опорные плакаты.

**Задание:**

1. Изучить устройство теодолита 2Т30П.

2. Научиться наводить зрительную трубу на точки и брать отсчеты.

**Краткие теоретические сведения:**

**Устройство теодолитов.** Принципиальная схема устройства теодолита показана на рис. 1. В отверстие подставки 2, опирающейся на три подъёмных винта 1, входит ось вращения лимба 3, в которую в свою очередь входит ось алидады 4.

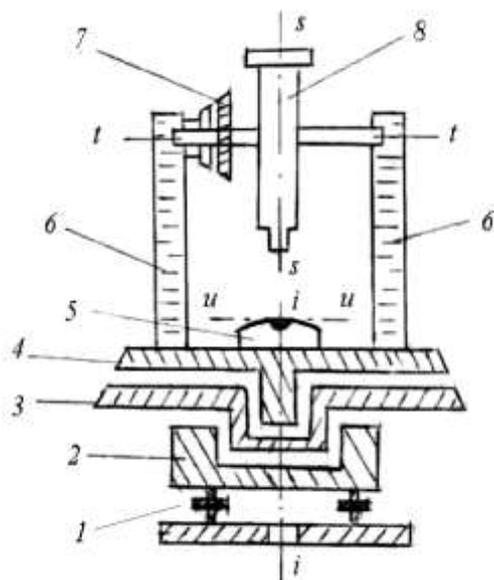


Рисунок 1. Схема устройства теодолита: *ii* – ось вращения алидады; *tt* – ось вращения трубы; *ss* – визирная ось трубы; *uu* – ось уровня алидады.

**Лимб** - это стеклянный круг, по скошенному краю которого нанесены деления с оцифровкой от 0 до 360° по часовой стрелке.

**Алидада** – верхняя часть прибора, расположенная соосно с лимбом. Алидада несет стойки 6, на которые опирается ось *tt* вращения зрительной трубы 8 с вертикальным кругом 7. Установка оси *ii* вращения алидады в отвесное положение выполняется тремя подъемными винтами подставки по цилиндрическому уровню 5.

Вращающиеся части теодолита снабжены закрепительными винтами для их установки в неподвижное положение и наводящими винтами для плавного их вращения.

**Зрительная труба** служит для обеспечения точности наведения на визирные цели. Трубы бывают с прямым и обратным изображением.

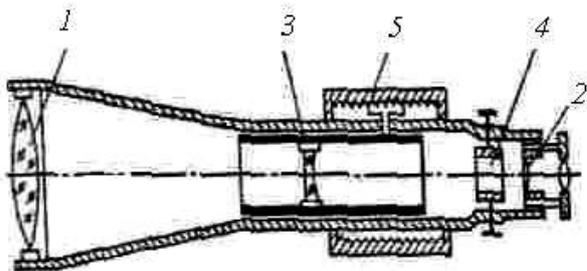


Рисунок 2. Зрительная труба

Оптическая система трубы (рис. 2) состоит из объектива 1, окуляра 2 и фокусирующей линзы 3, которую с помощью специального устройства – кремальеры 5, перемещают вдоль геометрической оси трубы. Между фокусирующей линзой и окуляром помещена сетка нитей 4 – деталь, несущая стеклянную пластину с нанесёнными на нее вертикальными и горизонтальными штрихами. При измерении углов перекрестие штрихов – центр сетки нитей, наводят на изображение визирной цели.

Сетка нитей имеет четыре исправительных винта, позволяющих перемещать ее в горизонтальном и вертикальном направлениях.

Линия, проходящая через оптический центр объектива и перекрестие сетки нитей, называется *визирной осью*.

**Увеличением трубы** называется отношение угла, под которым изображение предмета видно в трубе, к углу, под которым предмет виден невооружённым глазом. Практически увеличение трубы равно отношению фокусного расстояния объектива к фокусному расстоянию окуляра. Трубы геодезических приборов имеют увеличение от 15<sup>×</sup> до 50<sup>×</sup> и более.

**Поле зрения трубы** называется пространство, видимое в трубу при её неподвижном положении. Обычно оно бывает от 1 до 2°.

Визированием называют наведение трубы на цель.

**Точность визирования** зависит от увеличения трубы и приближенно равна

$$t_v = \frac{60''}{v^{\times}}, \quad (1)$$

где  $v^{\times}$  – увеличение зрительной трубы, а 60'' – средняя разрешающая способность глаза.

Для визирования трубу фокусируют “по глазу” и “по предмету”. При этом, глядя в трубу, вращением диоптрийного кольца окуляра добиваются чёткого изображения сетки нитей, а перемещением фокусирующей линзы 3 – чёткого изображения наблюдаемого предмета.

**Отсчётные устройства** служат для взятия отсчетов по горизонтальному и вертикальному кругам. Они снабжены отсчетными микроскопами. Различают микроскопы штриховые, шкаловые и микроскопы с оптическими микрометрами.

В штриховом микроскопе отсчет с точностью 1' берут по положению нулевого штриха алидады *a* (рис. 3, *a*), интерполируя минуты на глаз.

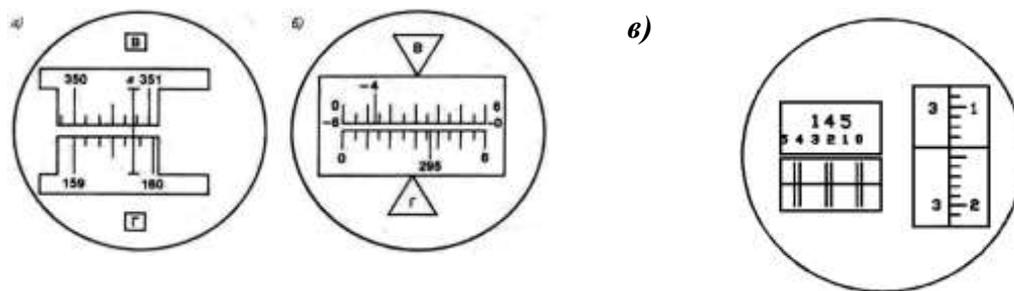


Рисунок 3. Поле зрения отсчётных микроскопов:

*a* – штрихового (отсчёт по горизонтальному кругу  $159^{\circ}46'$ , по вертикальному  $350^{\circ}48'$ ); *б* – шкалового (отсчёт по горизонтальному кругу  $295^{\circ}36'$ , по вертикальному  $-4^{\circ}47'$ ); *в* – оптического микрометра (отсчёт  $145^{\circ}23'14''$ ).

**Шкаловый микроскоп** имеет две шкалы, совмещённые с лимбами вертикального и горизонтального кругов (рис. 3, *б*). Отсчёты берут по градусным штрихам лимбов. Шкала вертикального круга теодолита 2Т30 имеет два ряда подписей. Если перед градусным делением отсутствует знак, отсчёт делают так же, как и по горизонтальному кругу. Если перед цифрой градусов стоит минус, то минуты считывают по шкале от -0 до -6 (справа налево).

Точные теодолиты снабжены микроскопами с оптическим микрометром (рис. 3, *в*). Градусы отсчитывают по основной шкале после совмещения верхнего и нижнего изображений штрихов горизонтального (или вертикального) круга, а минуты и секунды читают по шкале микрометра.

**Эксцентриситет алидады.** Несовпадение оси вращения алидады  $C_A$  (рис. 4) с центром лимба  $C_L$  называется эксцентриситетом алидады и является причиной систематических погрешностей при измерении углов. Так, при повороте алидады на угол  $\beta$  (рис. 3, *а*) вместо верной разности отсчетов по лимбу  $O_2 - O_1$  из-за эксцентриситета алидады будет получена разность  $M_2 - M_1$ .

При отсутствии эксцентриситета поворот алидады на  $180^{\circ}$  (см. рис. 4, *б*) вызывает изменение отсчета на  $180^{\circ}$ . А при наличии эксцентриситета отсчеты до и после поворота различаются не ровно на  $180^{\circ}$ , так как содержат одинаковые погрешности эксцентриситета  $\varepsilon$ , но с разным знаком. Так на рис. 4.6 *б* отсчет  $M_1$  больше верного отсчета  $O$  на угол  $\varepsilon$ , а отсчет  $M_2$  меньше верного отсчета на угол  $\varepsilon$ .

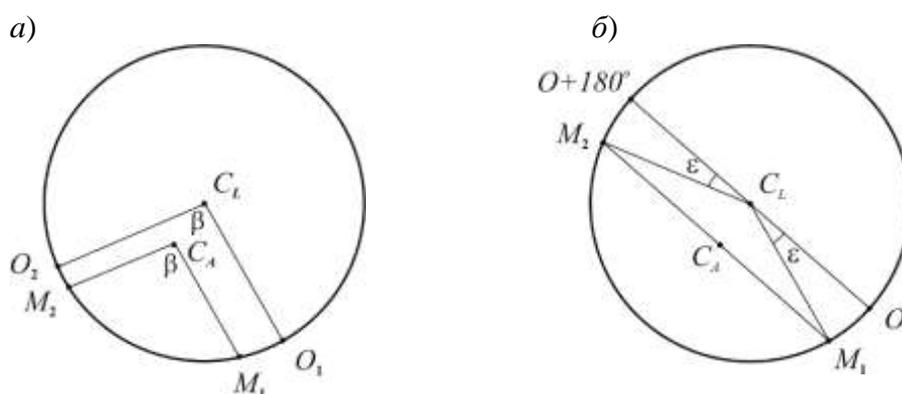


Рисунок 4. Эксцентриситет алидады: *a* – влияние на результат измерения угла; *б* – исключение влияния;  $C_L$  – центр лимба;  $C_A$  – ось вращения алидады.

Для исключения погрешности эксцентриситета горизонтальные углы измеряют при двух положениях вертикального круга – круг слева и круг справа. При этом отсчётное устройство обеспечивает взятие отсчетов на противоположащих частях лимба. Среднее из результатов, полученных при круге слева и круге справа, свободно от ошибки эксцентриситета.

Высокоточные теодолиты имеют двухсторонние отсчетные устройства, обеспечивающие одновременное взятие отсчетов по противоположным частям лимба.

**Уровни** служат для приведения осей и плоскостей приборов в горизонтальное или вертикальное положение. По конструкции они бывают цилиндрические и круглые.

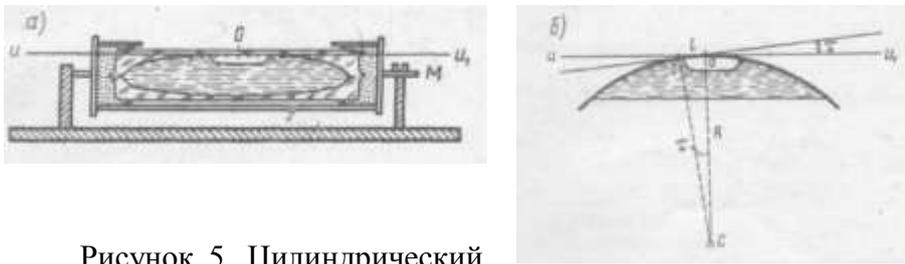


Рисунок 5. Цилиндрический уровень:

*a* – общий вид; *б* – цена деления уровня.

**Цилиндрический уровень** (рис. 5) состоит из стеклянной ампулы, верхняя внутренняя поверхность которой отшлифована по дуге окружности определённого радиуса. При изготовлении уровня её заполняют горячим эфиром или спиртом и запаивают. При охлаждении в ампуле образуется небольшое пространство, заполненное парами жидкости и называемое пузырьком уровня. Ампула помещается в металлическую оправу, снабжённую исправительными винтами для регулировки положения уровня (на рис. 5, *a* – винт *M*). На внешней поверхности ампулы нанесена шкала со штрихами через 2 мм. Точка в середине шкалы называется нуль-пунктом уровня. Касательная к внутренней поверхности ампулы в нуль-пункте называется осью уровня. Пузырёк уровня занимает в ампуле наивысшее положение, поэтому, когда его концы расположены симметрично относительно нуль-пункта, ось уровня горизонтальна.

Центральный угол  $\tau$  (рис. 5, *б*), соответствующий одному делению шкалы, называется ценой деления уровня. Цена деления уровня, выраженная в секундах, определяется по формуле

$$\tau = \frac{l}{R} \rho, \quad (2)$$

где  $l$  – длина деления шкалы;  $R$  – радиус внутренней поверхности ампулы;  $\rho$  – число секунд в радиане. В разных типах теодолита цена деления цилиндрического уровня бывает от 15" до 60".

**У круглого уровня** (рис. 6) внутренняя поверхность верхней стеклянной части ампулы имеет сферическую поверхность. Шкала уровня имеет вид окружностей с общим центром, который служит нуль-пунктом.

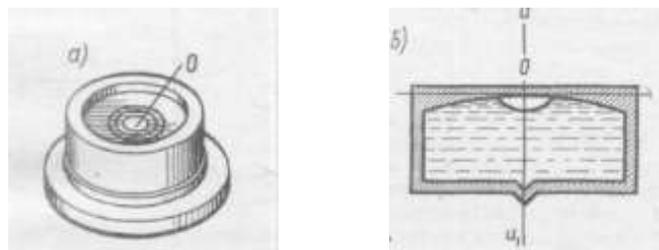


Рисунок 6. Круглый уровень:  
*a* – вид сверху; *б* –разрез и ось уровня

Нормаль к внутренней сферической поверхности ампулы в нуль-пункте называется осью круглого уровня. При расположении пузырька уровня в нуль-пункте ось уровня занимает отвесное положение. Цена деления круглого уровня бывает в пределах 3 – 15'. Круглые уровни служат для предварительной установки прибора в рабочее положение.

**Разновидности теодолитов.** В зависимости от точности теодолиты подразделяют на высокоточные (Т1), точные (Т2, Т5) и технические (Т15, Т30, Т60). Цифрами здесь указана точность измерения горизонтального угла одним приемом в лабораторных условиях, выраженная в секундах.

**Различаются теодолиты и по конструкции.**

Так, для измерения вертикальных углов точные теодолиты снабжены уровнем при вертикальном круге. У технических теодолитов такого уровня нет, его роль выполняет уровень при алидаде горизонтального круга. Есть теодолиты, в которых уровень при вертикальном круге заменен автоматическим компенсатором углов наклона (теодолиты Т5К, Т15К).

Теодолиты бывают с трубами прямого и обратного изображения. В первом случае в шифр теодолита добавляют букву П (Т5КП, Т15КП, Т15МКП). Маркшейдерские теодолиты (Т30М, Т15М), предназначенные для подземных работ, где возможно наличие взрывоопасного газа метана, изготавливают в специальном исполнении.

Электронные теодолиты (например, Т5Э) обеспечивают автоматическое считывание отсчетов по горизонтальному и вертикальному кругам. Угломерная часть электронного теодолита представляет собой растровый датчик накопительного типа. Датчиком угла служит стеклянный круг с нанесенным на него штрих-кодом. Сигнал, прочитанный фотоприемником, поступает в электронную часть датчика угла, обрабатывается и выводится в градусной мере на дисплей и в память прибора. Наличие двухосевого компенсатора обеспечивает автоматический ввод поправок за наклон в отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругам.

Электронный теодолит является важной частью современного универсального прибора – электронного тахеометра.

**Теодолит** – геодезический прибор для измерения на местности горизонтальных и вертикальных углов посредством оптических систем, лимбов и отсчетных устройств.

Основными частями теодолита являются: лимб, алидада, зрительная труба, уровни, вертикальный круг, трегер, штатив.

**Лимб** – угломерный круг с делением от 0° до 360°.

Цена деления лимба – величина центрального угла, опирающегося на дугу, соответствующую наименьшему делению лимба.

**Алидада** – подвижная часть теодолита, несущая систему отсчитывания по лимбу.

**Зрительная труба** – служит для визирования на наблюдаемые предметы, крепится на подставках алидадной части инструмента.

**Уровни** – служат для приведения осей инструмента в горизонтальное или вертикальное положение. Бывают цилиндрические и круглые, состоят из ампулы, оправы и регулировочного приспособления.

**Нуль-пункт уровня** – точка в середине шкалы ампулы.

**Система осей теодолита** – обеспечивает вращение алидадной части вокруг вертикальной оси.

**Вертикальный круг** – служит для измерения вертикальных углов.

**Трегер** – подставка с тремя подъемными винтами.

**Винты** – закрепительные и микрометрические (наводящие). Служат для фиксации отдельных частей теодолита: трубы, алидады, лимба.

**Сетка нитей** – взаимно перпендикулярные штрихи, нанесенные на стеклянную пластинку.

**Биссектор** – две вертикальные близко расположенные параллельные линии сетки нитей.

**Штатив** – приспособление в виде треноги для крепления теодолита в процессе работы. Укомплектован нитяным отвесом и станковым винтом.

**Исследование теодолита** – это комплекс действий с целью установления качества изготовления и сборки как отдельных частей, так и всего инструмента в целом и правильности их взаимодействия.

**Проверки теодолита** – это комплекс действий по проверке соответствующих геометрических и оптико-механических условий. Выполняются в определенной последовательности.

**Юстировка теодолита** – это исправление инструмента посредством юстировочных (исправительных) винтов.

**Основные оси теодолита:**

1. Визирная ось ( $VV'$ ) – мнимая линия, соединяющая перекрестие сетки нитей и оптический центр объектива.
2. Ось цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга ( $UU'$ ) – это касательная к дуге продольного сечения внутренней поверхности ампулы в нуль-пункте.
3. Ось вращения алидады горизонтального круга ( $ZZ'$ ) – основная ось, около которой осуществляется поворот прибора в горизонтальной плоскости.
4. Ось вращения зрительной трубы теодолита ( $HH'$ ) – мнимая линия, вокруг которой происходит вращение зрительной трубы.

Расположение основных осей теодолита приведено на рис. 7.

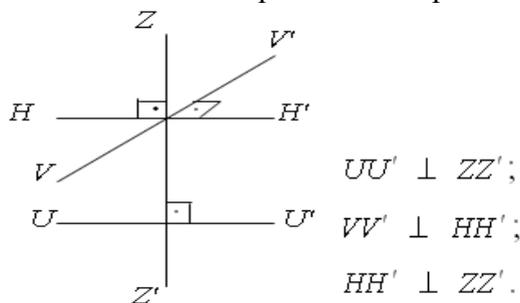


Рисунок 7. Схематическое расположение основных осей теодолита  
Геометрические условия основных осей теодолита

**Коллимационная плоскость** – плоскость, образуемая визирной осью зрительной трубы при вращении ее вокруг горизонтальной оси.

**Коллимационная ошибка (с)** – угол между фактическим и теоретическим положением визирной оси, которую вычисляют по формуле

$$c = \frac{КП - КЛ \pm 180^\circ}{2}, \tag{3}$$

где КЛ, КП – отсчеты по горизонтальному кругу на хорошо видимую, четко очерченную цель при двух положениях вертикального круга.

Основное условие вертикального круга теодолита заключается в том, чтобы визирная ось зрительной трубы была параллельна оси цилиндрического уровня при алидаде вертикального круга, когда отсчет на этом круге равен нулю.

Место нуля (МО) – угол, образованный не параллельностью визирной оси и оси уровня при алидаде вертикального круга. Вычисляют по формуле для теодолита 2Т30

$$МО = \frac{КЛ + КП}{2}, \tag{4}$$

где КЛ, КП – отсчеты по вертикальному кругу на хорошо видимую, четко очерченную цель при двух положениях вертикального круга.

Угол наклона ( $v$ ) – угол между горизонтальной плоскостью и направлением визирной линии трубы.

Угол наклона ( $v$ ) для теодолита 2Т30 вычисляют по формулам

$$v = КЛ - МО ; \quad (5)$$

$$v = МО - КП , \quad (6)$$

где МО – значение места нуля. Если  $МО \leq 2t$ , где  $t$  – точность инструмента, то  $v = КЛ$ ;  
 КЛ, КП – отсчеты по вертикальному кругу.

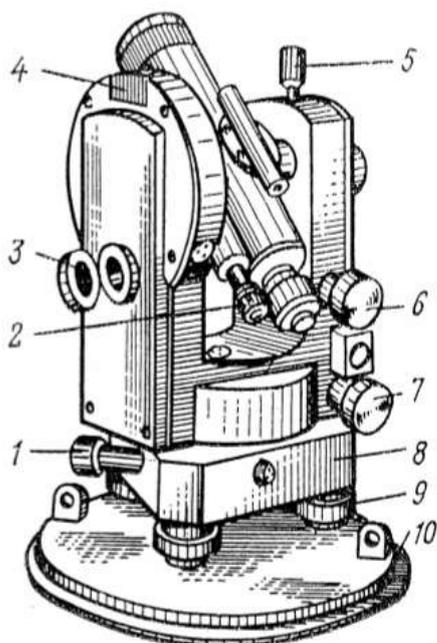


Рисунок 8. Теодолит Т30:

- 1 – наводящий (микрометричный) винт горизонтального круга;
- 2 – окуляр микроскопа;
- 3 – зеркало подсветки;
- 4 – посадочный паз для буссоли;
- 5 – закрепительный винт зрительной трубы;
- 6 – наводящий (микрометричный) винт зрительной трубы;
- 7 – наводящий (микрометричный) винт алидады;
- 8 – трегер (подставка);
- 9 – подъемный винт;
- 10 – крышка.

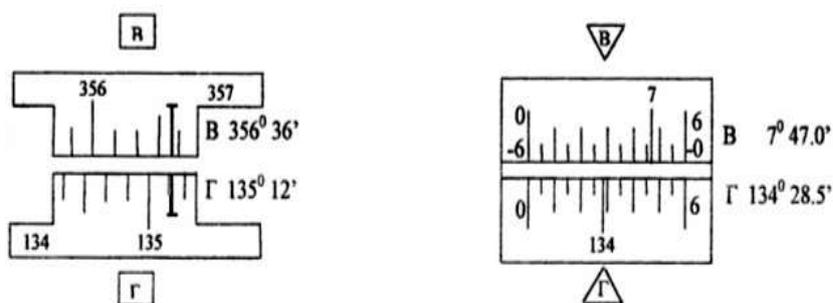


Рисунок 9. Поле зрения микроскопа теодолита 2Т30.

**Порядок выполнения работы:**

- 1 Дать характеристику теодолиту.
- 2 Изучить устройство теодолита.
- 3 Определить цену деления шкалы.
- 4 Навести зрительную трубу на точки и взять отсчеты.

**Ход работы:**

1. Отстегните ремень, стягивающий ножки штатива, и отрегулируйте их длину.
2. Поставьте штатив над точкой так, чтобы плоскость его головки расположилась горизонтально, а высота соответствовала росту наблюдателя.
3. Закрепите теодолит на штативе и подвесьте на крючок станového винта отвес.
4. Откройте замки футляра, оттянув пружины – фиксаторы и, повернув рукоятки замков по направлению стрелок, снимите футляр.
5. Отрегулируйте длину нити отвеса, перемещением планки вдоль нити.

6. Перемещением теодолита по плоскости головки штатива совместите острие отвеса с точкой местности и закрепите теодолит станковым винтом.

7. Подъемными винтами подставки установите уровень в «нуль – пункт».

8. Наведите зрительную трубу с помощью визира на заданную точку, закрепите лимб, алидаду и зрительную трубу.

9. При необходимости наведите резкость сетки нитей диоптрийным кольцом, и резкость на точку кремальерой.

10. Для точного наведения точки на крест сетки нитей воспользуйтесь наводящими винтами.

11. Снимите отсчёт по микроскопу.

**Форма представления результата:**

Предоставить отчет по работе в тетради для лабораторных работ и устная защита работы.

**Критерии оценки:** логичность представленного материала, рациональность выбранной структуры работы, аккуратность, наглядность, характеристика в соответствии с рекомендациями.

- «Отлично» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, умения сформированы, выполнена схема, отражающая все требования.

- «Хорошо» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые умения сформированы недостаточно, составленная схема содержит неточности.

- «Удовлетворительно» - теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые умения работы с освоенным материалом в основном сформированы, выполненная структура содержит неточности.

- «Неудовлетворительно» - теоретическое содержание курса не освоено, необходимые умения не сформированы, выполненное задание содержит грубые ошибки.

**Тема 8 Геодезическое оборудование**  
**Лабораторное занятие №2**  
**Поверки теодолита**

**Цель:** научиться выполнять поверки теодолита 2Т30П.

**Выполнив работу, Вы будете:**

**уметь:**

Удб выполнять поверки геодезического оборудования;

Уо 01.02 анализировать задачу и/или проблему и выделять её составные части;

Уо 01.03 определять этапы решения задачи;

Уо 01.07 оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника);

Уо 01.08 выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы;

Уо 02.02 определять необходимые источники информации;

Уо 02.04 структурировать получаемую информацию; выделять наиболее значимое в перечне информации;

Уо 02.05 оценивать практическую значимость результатов поиска;

Уо 02.08 использовать различные цифровые средства для решения профессиональных задач;

Уо 02.09 проявлять культуру информационной безопасности при использовании информационно-коммуникационных технологий;

Уо 03.02 применять современную научную профессиональную терминологию;

Уо 04.02 эффективно работать в команде.

**Материальное обеспечение:**

станция, штатив, теодолит, закрепительный винт теодолита, опорные точки, линейка, методические указания, опорные плакаты.

**Задание:**

1 Выполнить поверки теодолита.

**Краткие теоретические сведения:**

**К основным поверкам теодолитов относится установление выполнения следующих условий.**

**Условие 1.** Ось цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна к оси вращения теодолита.

**Условие 2.** Вертикальный штрих сетки нитей должен находиться в вертикальной (коллимационной) плоскости.

**Условие 3.** Место нуля вертикального круга должно быть близким к нулю и постоянным.

**Условие 4.** Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна к горизонтальной оси ее вращения.

**Условие 5.** Горизонтальная ось вращения зрительной трубы должна быть перпендикулярна к вертикальной оси вращения теодолита.

Установление выполнения указанных выше условий называют поверкой.

Условие 1 проверяют в начале каждого рабочего дня, а также при необходимости и в течение рабочего дня. При использовании теодолита для *ориентировки* или при *разбивочных работах* на монтажных горизонтах – на каждой станции.

Условие 2 проверяют перед выполнением *разбивочных работ*, при *створных измерениях*, при выполнении *ориентировок*, перед измерениями в ходах *съёмочного обоснования* и др.

Условие 3 проверяют перед измерениями углов наклона (*тригонометрическое нивелирование*), перед *ориентировками*, при визировании на близкие цели.

Условие 4 проверяют одновременно с проверкой условия 3 перед выполнением указанных выше работ.

Условие 5 проверяют периодически в соответствии с инструкцией по эксплуатации прибора, но не реже одного раза в 2 месяца, а также, после известных наблюдателю механических воздействий, происшедших во время работы с теодолитом, либо во время его транспортировки или хранения.

Перед поверками теодолит необходимо установить в рабочее положение. Поскольку измерение горизонтальных углов при указанных поверках не производится, то центрирование теодолита не выполняют.

Перед выполнением любой поверки (2, 3, 4,5) поверка условия 1 обязательна.

*Поверка 1.* (Выполнение условия 1). *Ось цилиндрического уровня на алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна к оси вращения алидады.*

1. Установить ось цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга по направлению на два любых подъемных винта подставки (рис. 10). Вращением этих винтов в противоположные стороны привести пузырек уровня точно на середину.

2. Повернуть колонку на  $180^\circ$  (это можно выполнить «на глаз» по симметрии частей колонки, либо по отсчетам шкалы горизонтального круга).

Если пузырек уровня отклонился не более чем на два деления ампулы, то условие считают выполненным. В этом случае поверку следует проконтролировать по двум другим подъемным винтам подставки.

3. Если пузырек уровня отклонился более чем на два деления, то половину этого отклонения следует исправить подъемными винтами подставки, вращая их одновременно в противоположные стороны, а другую половину – юстировочными винтами уровня, перемещая его хвостовик вверх или вниз, в зависимости от положения пузырька.

После выполнения юстировки поверку повторяют на других подъемных винтах.

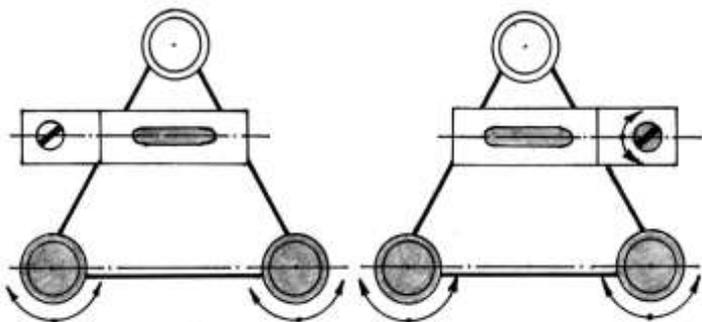


Рисунок 10. Первая поверка теодолита

Юстировочные винты уровня находятся на одном из его концов. Ими зажат хвостовик уровня. Кроме того, многие уровни снабжены и боковыми юстировочными винтами. При выполнении юстировки необходимо слегка ослабить боковые юстировочные винты, а затем отпустить один из юстировочных винтов и подкрутить второй. Этим обеспечивается жесткое положение хвостовика после выполнения каждого шага юстировки. После выполнения поверки и юстировки боковые винты уровня следует снова зажать.

Часто встречаются случаи, когда после выполнения п. 2 поверки пузырек полностью уходит в один из концов ампулы, т.е. ось уровня весьма заметно отклонена от горизонтального положения. В такой ситуации не регистрируется величина полного отклонения пузырька. Для оценки полного отклонения пузырька необходимо подъемными винтами привести пузырек уровня на середину, при этом следует стараться поворачивать оба винта на один и тот же угол и считать число  $n$  таких поворотов. После этого надо вернуть пузырек назад на половину ( $n/2$ ) таких же оборотов подъемных винтов, а юстировочными винтами уровня привести пузырек на

середины ампулы. Такие действия выполняют до тех пор, пока исправляемое положение пузырька уровня не достигнет регистрируемой по ампуле величины.

Проверка 2. (Выполнение условия 2).

*Визирная ось трубы должна быть перпендикулярна к оси вращения трубы.*

Если визирная ось перпендикулярна к оси вращения трубы, то отсчёты по горизонтальному кругу при разных положениях вертикального круга (круг слева и круг справа) и наведении на одну и ту же точку будут различаться ровно на  $180^\circ$ . Если разность отчетов отличается от  $180^\circ$ , то ось вращения трубы не перпендикулярна к визирной оси (рис. 11). При этом соответствующие отсчёты I и II отличаются от правильных значений на одинаковую величину  $c$ , получившую название коллимационной ошибки.

При выполнении проверки визируют на удалённую точку при двух положениях круга и берут отсчёты I и II. Вычисляют коллимационную погрешность  $c = (I - II \pm 180^\circ) / 2$ , которая не должна превышать двойной точности теодолита.

Если коллимационная погрешность велика, то наводящим винтом алидады устанавливают на горизонтальном круге верный отсчёт, равный  $(I - c)$  или  $(II + c)$ . При этом центр сетки нитей сместится с изображения точки. Отвинчивают колпачок, закрывающий винты сетки нитей, ослабляют один из вертикальных исправительных винтов, и, действуя горизонтальными исправительными винтами, совмещают центр сетки нитей с изображением точки. Закрепив ослабленные винты, проверку повторяют.

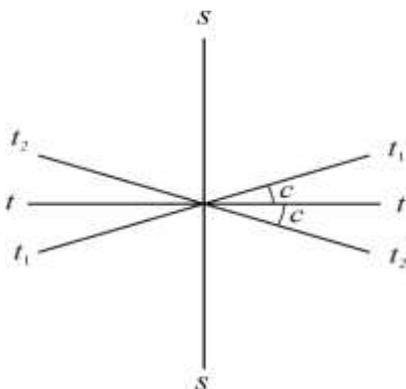


Рисунок 11. Проверка визирной оси:  $ss$  – визирная ось;  $tt$  – верное положение оси вращения трубы;  $t_1t_1, t_2t_2$  – положение оси вращения трубы при круге право и круге лево.

Проверка 3. (Выполнение условия 3).

1. На местности выбирают несколько (3 – 4) точек примерно на горизонте прибора и определяют по всем выбранным направлениям значения места нуля ( $MO$ ) вертикального круга.

Если колебания  $MO$  превышают допустимую величину, а также само значение  $MO$  существенно больше 0, то условие 3 считают не выполненным.

Значительные колебания  $MO$  говорят о неисправности теодолита, либо системы вертикального круга. Исследование неисправности и ремонт производится только в специализированной мастерской.

Если колебания  $MO$  допустимы, но величина  $MO$  больше 0, то обычно выполняют исправление  $MO$ .

Если значение  $MO$  большое, но стабильное, то, вообще говоря, можно пользоваться и этим значением. Но удобнее, когда оно близко к 0, в этом случае угол наклона примерно равен отсчету по вертикальному кругу при КЛ.

2. У теодолитов Т30 наводящим винтом зрительной трубы устанавливают значение полученного угла наклона (при этом пузырек цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга должен находиться в середине ампулы), а затем вертикальными юстировочными винтами сетки нитей перемещают изображение точки на горизонтальную нить сетки, либо в ее центр.

У теодолитов Т15 устанавливают изображение точки в центр сетки нитей, а установочным винтом цилиндрического уровня алидады вертикального круга устанавливают отсчет, соответствующий измеренному углу наклона. В этом случае пузырек уровня алидады

вертикального круга отклонится от среднего положения. Тогда юстировочными винтами уровня его необходимо вернуть в центр ампулы.

Проверку необходимо повторить по другой точке.

*Проверка 4.* (Определение коллимационной погрешности  $c$ ).

1. Выполнить визирование вертикальной нитью при двух положениях круга ( $КП_1$  и  $КЛ_1$ ) на удаленную точку, находящуюся примерно на горизонте прибора.

2. У теодолита Т30 ослабить зажимной винт подставки наводящего устройства и повернуть горизонтальный круг на  $180^\circ$ . Затем этот винт зажать и повернуть колонку в первоначальное положение.

У теодолита Т15 поворот горизонтального круга на  $180^\circ$  осуществляется с помощью куркового зажима.

3. Выполнить п.1 для той же точки и получить отсчеты  $КП_2$  и  $КЛ_2$ .

Значение коллимационной погрешности получают по формуле:

$$c = 0,5 [(КП_1 - КЛ_1 \pm 180^\circ) + (КП_2 - КЛ_2 \pm 180^\circ)] \quad (7)$$

Если значение коллимационной погрешности превышает допустимую величину (для Т30 –  $1'$ , Т15 –  $0,5'$ ), то выполняют юстировку.

4. Вычисляют правильный отсчет  $a$  на точку:

$$a = 0,5 (КП_2 + КЛ_2 \pm 180^\circ) \quad (8)$$

5. Наводящим винтом алидады горизонтального круга устанавливают правильный отсчет на лимбе ГК. При этом изображение точки сместится вбок с центра сетки нитей (с вертикальной нити) на величину  $c$ .

6. Боковыми юстировочными винтами сетки нитей совместить ее центр (или вертикальную нить) с изображением точки.

Проверку необходимо повторить по другой точке.

*Проверка 5.* (Выполнение условия 5). *Ось вращения трубы должна быть перпендикулярна к оси вращения алидады.*

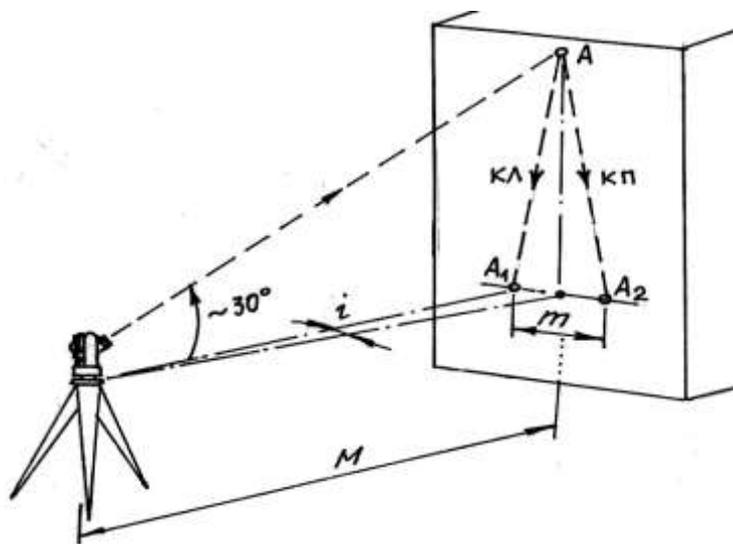


Рисунок 12. Пятая проверка теодолита.

1. Теодолит установить недалеко от высокого объекта (например, стены здания). В верхней части стены выбрать какую-либо заметную точку так, чтобы визирование на нее производилось при наклоне визирной оси к горизонту примерно на  $30^\circ$  (рис. 12).

2. При КП и КЛ визируют на точку и сносят ее изображение на стену примерно на уровень высоты прибора. В этом месте лучше закрепить лист бумаги. Положение спроецированной точки на листе бумаги отмечают и измеряют между полученными метками расстояние  $m$  (в мм).

3. Вычисляют угловую погрешность

$$i = \frac{m}{2M} \rho', \quad (9)$$

где  $M$  – расстояние от теодолита до стены (переведенное в мм);

$\rho' = 3438'$ .

Предельная величина угла  $i$  не должна быть больше  $0,5'$ . При значениях указанного угла больших  $0,5'$  исправление производят в мастерской.

**Проверка сетки нитей.** Вертикальный штрих сетки нитей должен быть перпендикулярен к оси вращения зрительной трубы.

Наводят вертикальный штрих сетки нитей на точку и наводящим винтом трубы изменяют ее наклон. Если изображение точки не скользит по штриху, сетку нитей надо повернуть. Для этого поворачивают корпус окуляра, ослабив четыре винта его крепления к зрительной трубе (рис. 13).

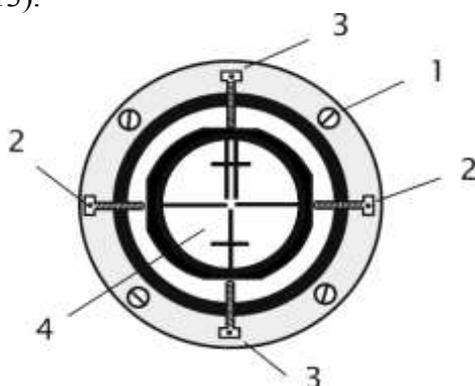


Рисунок 13.  
Крепление сетки нитей: 1 – крепёжный винт окуляра; 2, 3 – горизонтальные и вертикальные исправительные винты сетки нитей; 4 – сетка нитей.

#### Проверка теодолита.

1. Ось цилиндрического уровня при амплитуде горизонтального круга должна быть перпендикулярна оси теодолита (проверка уровня);

2. Визирная ось трубы должна быть перпендикулярна к горизонтальной оси теодолита (вычисление коллимационной погрешности):  $C = 0,25[(Л1-П1 \pm 180^0) + (Л2-П2 \pm 180^0)]$ , где  $C$  – коллимационная погрешность.

Таблица 1.

Обозначения	Результаты
Л1	$209^022'$
П1	$29^018'$
$Л1-П1 \pm 180^0$	$+4'$
Л2	$29^024'$
П2	$209^020'$
$Л2-П2 \pm 180^0$	$+4'$
$C$	$+2'$

$C = +2'$

3. Горизонтальная ось теодолита должна быть перпендикулярна к вертикальной оси;

4. Место нуля (МО):

Таблица 2.

№№ точек	КП КЛ	Отсчеты по ГК	Разность отсчетов	Среднее значение угла	Отсчеты по ВК
1		$60^009'$			$-5^002'$
	КП		$2^023'$		
2		$62^032'$			$16^011'$

				2°30'30"	
2		242°09'			5°06'
	КЛ		2°38'		
1		244°47'			-16°04'

$$MO = (16^{\circ}11' + [-5^{\circ}06']) + (5^{\circ}06' + [-16^{\circ}04'])/2 = 5'30''$$

$$V_1 = 62^{\circ}32' - 60^{\circ}09' = 2^{\circ}23'$$

$$V_2 = 244^{\circ}47' - 242^{\circ}09' = 2^{\circ}38', \text{ где } V_{1,2} - \text{ значение углов наклона.}$$

**Ход работы:**

Выполнение проверок. Оформление материала. Выводы.

**Порядок выполнения работы:**

- 1 Первая поверка теодолита:  
определение, рисунок, результат, вывод.
- 2 Вторая поверка теодолита:  
определение, рисунок, результат, вывод.
- 3 Третья поверка теодолита:  
определение, рисунок, результат, вывод.
- 4 Четвертая поверка теодолита:  
определение, рисунок, результат, вывод.

**Ход работы:**

Выполнение проверок. Оформление материала. Выводы.

**Форма представления результата:**

Предоставить отчет по работе в тетради для лабораторных работ и устная защита работы.

**Критерии оценки:** логичность представленного материала, рациональность выбранной структуры работы, аккуратность, наглядность, характеристика в соответствии с рекомендациями.

- «Отлично» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, умения сформированы, выполнена схема, отражающая все требования.

- «Хорошо» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые умения сформированы недостаточно, составленная схема содержит неточности.

- «Удовлетворительно» - теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые умения работы с освоенным материалом в основном сформированы, выполненная структура содержит неточности.

- «Неудовлетворительно» - теоретическое содержание курса не освоено, необходимые умения не сформированы, выполненное задание содержит грубые ошибки.

**Тема 8 Геодезическое оборудование**  
**Лабораторное занятие №3**  
**Определение магнитного азимута.**

**Цель работы:** научиться теодолитом измерять углы.

**Выполнив работу, Вы будете:**

**уметь:**

Удб выполнять поверки геодезического оборудования;

Уо 01.02 анализировать задачу и/или проблему и выделять её составные части;

Уо 01.03 определять этапы решения задачи;

Уо 01.07 оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника);

Уо 01.08 выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы;

Уо 02.02 определять необходимые источники информации;

Уо 02.04 структурировать получаемую информацию; выделять наиболее значимое в перечне информации;

Уо 02.05 оценивать практическую значимость результатов поиска;

Уо 02.08 использовать различные цифровые средства для решения профессиональных задач;

Уо 02.09 проявлять культуру информационной безопасности при использовании информационно-коммуникационных технологий;

Уо 03.02 применять современную научную профессиональную терминологию;

Уо 04.02 эффективно работать в команде.

**Материальное обеспечение:**

Станция, штатив, теодолит, бленда, закрепительный винт теодолита, опорные точки, линейка, методические указания, опорные плакаты.

**Задание:**

Измерить магнитный азимут по индивидуальным заданиям.

**Краткие теоретические сведения:**

**Горизонтальным углом** называют проекцию  $\beta$  пространственного угла  $\angle CAB$  (рис. 14) на горизонтальную плоскость  $P$ . Для измерения горизонтального угла, образуемого направлениями  $AC$  и  $AB$ , необходимо круг с делениями расположить горизонтально, совместив его центр с отвесной линией  $AA'$ , проходящей через вершину угла  $A$ , и определить число делений круга между проекциями направлений  $AC$  и  $AB$  на плоскость круга.

**Измерение горизонтальных углов.** Измерение горизонтального угла выполняют способом приемов. При измерении нескольких углов, имеющих общую вершину, применяют способ круговых приемов. Работу начинают с установки теодолита над центром знака (например, колышка), закрепляющим вершину угла, и визирных целей (вех, специальных марок на штативах) на концах сторон угла.

**Установка теодолита в рабочее положение** состоит из центрирования прибора, горизонтирования его и фокусирования зрительной трубы.

**Центрирование** выполняют с помощью отвеса. Устанавливают штатив над колышком так, чтобы плоскость его головки была горизонтальна, а высота соответствовала росту наблюдателя. Закрепляют теодолит на штативе, подвешивают отвес на крючке станкового винта и, ослабив его, перемещают теодолит по головке штатива до совмещения острия отвеса с центром колышка. Точность центрирования нитяным отвесом 3 – 5 мм.

Пользуясь оптическим центриром, теодолита (если такой у теодолита имеется), сначала надо выполнить горизонтирование, а затем центрирование. Точность центрирования оптическим центриром 1 – 2 мм.

**Горизонтирование теодолита** выполняют в следующем порядке. Поворачивая алидаду, устанавливают ее уровень по направлению двух подъемных винтов, и, вращая их в разные стороны, приводят пузырёк уровня в нуль-пункт. Затем поворачивают алидаду на 90° и третьим подъемным винтом снова приводят пузырёк в нуль-пункт.

**Фокусирование зрительной трубы** выполняют “по глазу” и “по предмету”. Фокусируя “по глазу”, вращением диоптрийного кольца окуляра добиваются четкого изображения сетки нитей. Фокусируя “по предмету”, вращая рукоятку кремальеры, добиваются четкого изображения наблюдаемого предмета. Фокусирование должно быть выполнено так, чтобы при покачивании головы наблюдателя изображение не перемещалось относительно штрихов сетки нитей.

**Порядок выполнения работы:**

- 1 Приведение прибора в рабочее положение
- 2 Измерение магнитного азимута по индивидуальным заданиям.

**Ход работы:** Выполнение лабораторной работы по индивидуальным точкам. Оформление результатов. Вывод.

**Форма представления результата:**

Предоставить отчет по работе в тетради для лабораторных работ с расчетом вертикальных углов повышения и понижения.

**Критерии оценки:** логичность представленного материала, рациональность выбранной структуры работы, аккуратность, наглядность, характеристика в соответствии с рекомендациями.

- «Отлично» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, умения сформированы, выполнена схема, отражающая все требования.

- «Хорошо» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые умения сформированы недостаточно, составленная схема содержит неточности.

- «Удовлетворительно» - теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые умения работы с освоенным материалом в основном сформированы, выполненная структура содержит неточности.

- «Неудовлетворительно» - теоретическое содержание курса не освоено, необходимые умения не сформированы, выполненное задание содержит грубые ошибки.

## **Тема 8 Геодезическое оборудование Лабораторное занятие №4**

### **Изучение нивелира. Поверки нивелира**

**Цель работы:** изучить устройство нивелира, выполнить первую поверку нивелира, научиться брать отсчеты по рейке.

#### **Выполнив работу, Вы будете:**

##### **уметь:**

- Удб выполнять поверки геодезического оборудования;
- Уо 01.02 анализировать задачу и/или проблему и выделять её составные части;
- Уо 01.03 определять этапы решения задачи;
- Уо 01.07 оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника);
- Уо 01.08 выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы;
- Уо 02.02 определять необходимые источники информации;
- Уо 02.04 структурировать получаемую информацию; выделять наиболее значимое в перечне информации;
- Уо 02.05 оценивать практическую значимость результатов поиска;
- Уо 02.08 использовать различные цифровые средства для решения профессиональных задач;
- Уо 02.09 проявлять культуру информационной безопасности при использовании информационно-коммуникационных технологий;
- Уо 03.02 применять современную научную профессиональную терминологию;
- Уо 04.02 эффективно работать в команде.

##### **Материальное обеспечение:**

штатив, нивелир, закрепительный винт нивелира, методические указания, опорные точки, станция, рейка.

##### **Задание:**

- 1 Изучить устройство нивелира.
- 2 Выполнить первую поверку нивелира: определение, рисунок, результат, вывод;
- 3 Научиться наводить зрительную трубу на рейку и брать отсчеты.

##### **Краткие теоретические сведения:**

Нивелиры с уровнем при трубе снабжены точным цилиндрическим уровнем, приводимым для измерений вместе со зрительной трубой в горизонтальное положение вручную. Нивелирами с уровнем при трубе являются нивелиры российского производства Н-3, Н-05, 3Н5Л и др.

**Нивелиры с компенсатором углов наклона** отличаются наличием устройства, автоматически приводящего визирную ось зрительной трубы в горизонтальное положение. Компенсатор работает в пределах 12 – 15', поэтому прибор предварительно устанавливают в рабочее положение по круглому уровню. Такими нивелирами являются Н-3К, 3Н2КЛ и др.

**Нивелиры с оптическим микрометром** (например, нивелир Н-05) имеют перед объективом стеклянную пластину, повороты которой вокруг ее горизонтальной оси смещают лучи света параллельно самим себе. Это позволяет наводить визирную ось точно на штрих рейки. Величина смещения измеряется оптическим микрометром, чем достигается высокая точность отсчета по рейке.

**Лазерные нивелиры** излучают видимый пучок света. Отсчет берут по световому пятну на рейке.

**Цифровые нивелиры** автоматически формируют отсчет по рейке, шкала которой представляет собой штриховой код. Снабжены компенсатором углов наклона. Отсчеты по

рейкам регистрируются на магнитном носителе. Примером такого прибора является нивелир *SDL30M*, Япония.

**По точности** нивелиры делят на **высокоточные, точные** и **технические** в зависимости от величины средней квадратической погрешности  $m_h$  измерения превышения на 1 км двойного хода (табл. 3).

Таблица 3.

Типы нивелиров	Точность	Примеры нивелиров
Высокоточные	$m_h \leq 0,5$ мм	Н-05 (Россия), PL1 (Япония)
Точные	$m_h \leq 3$ мм	ЗН2КЛ, Н-3, Н-3К (Россия), С300 (Япония), DSZ3(Китай)
Технические	$m_h \leq 5$ мм	ЗН5Л (Россия), АТ20D (Китай)

### Нивелир с уровнем при трубе

Нивелиром с уровнем при трубе является, например, нивелир Н-3. Его устройство показано на рис. 16.

Для выполнения измерений нивелир устанавливают на штативе и подъемными винтами 7 приводят в нульпункт пузырек круглого уровня 5. Пользуясь закрепительным 3 и наводящим 4 винтами, наводят зрительную трубу на рейку. Вращением диоптрийного кольца окуляра 10 фокусируют трубу “по глазу” и вращением головки фокусирующего винта 2 – “по предмету”. В поле зрения трубы будут видны штрихи сетки нитей, изображение нивелирной рейки и в отдельном окошке – изображения двух половинок цилиндрического уровня (рис. 16).

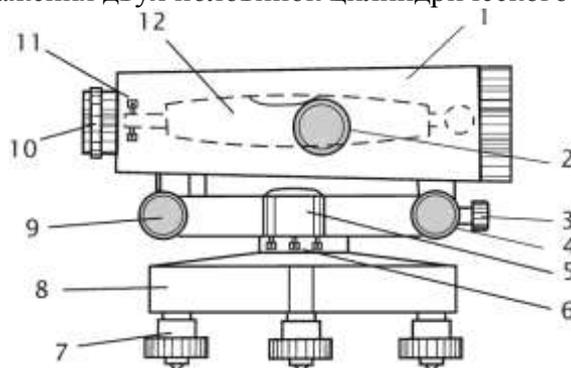


Рисунок 16. Устройство нивелира Н-3:

1 – зрительная труба; 2 – фокусирующий винт зрительной трубы; 3, 4 – закрепительный и наводящий винты; 5 – круглый уровень; 6 – исправительные винты круглого уровня; 7 – подъемные винты; 8 – подставка; 9 – элевационный винт; 10 – окуляр с диоптрийным кольцом для фокусировки трубы по глазу; 11 – исправительные винты цилиндрического уровня; 12 – цилиндрический уровень.

Вращая элевационный винт 9 (рис. 16), изменяющий наклон трубы 1 и цилиндрического уровня 12, приводят ось уровня в горизонтальное положение. Ось уровня горизонтальна, если его пузырек находится в нульпункте, на что указывает совмещение концов изображений половинок уровня в поле зрения трубы (рис. 17). Отсчет берут по среднему штриху сетки нитей.

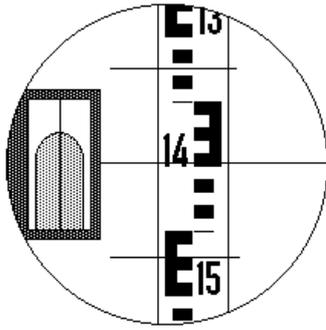


Рисунок 17. Поле зрения зрительной трубы нивелира: отсчет по рейке равен 1449 мм

### Поверки нивелира

Необходимая точность нивелирования может быть достигнута только в том случае, если обеспечено верное взаиморасположение основных осей нивелира. Для контроля предъявляемых к прибору требований в начале и периодически в ходе работ выполняют поверки нивелира. Основными поверками являются следующие.

Поверка круглого уровня. *Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения прибора.*

Подъемными винтами нивелира приводят пузырек круглого уровня в нуль-пункт. Поворачивают нивелир на  $180^\circ$  вокруг оси его вращения  $ii$  (рис. 18). Если после поворота пузырек остался в нуль-пункте, проверяемое условие выполнено – ось круглого уровня  $ee$  параллельна оси вращения прибора  $ii$ .

Если пузырек ушел из нуль-пункта, исправительными винтами 2 изменяют наклон уровня так, чтобы пузырек сместился в сторону нуль-пункта на половину отклонения. Для поворота исправительных винтов пользуются шпилькой.

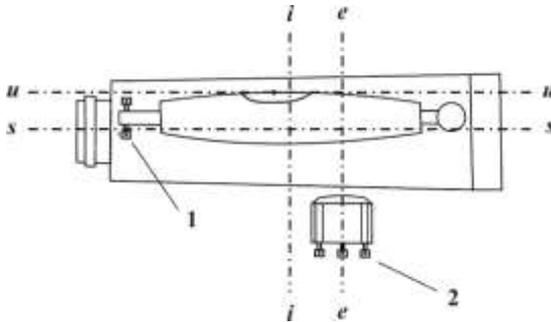


Рисунок 18. Оси и исправительные винты нивелира:  $ss$  – визирная ось зрительной трубы;  $ii$  – ось вращения прибора;  $uu$  – ось цилиндрического уровня;  $ee$  – ось круглого уровня; 1 – исправительные винты цилиндрического уровня; 2 – исправительные винты круглого уровня.

Поверка цилиндрического уровня. *Ось цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной оси зрительной трубы.*

У высокоточных и точных нивелиров проекция на отвесную плоскость угла между осью цилиндрического уровня и визирной осью не должна превышать  $10''$ . Это означает, что при расстоянии до рейки  $d = 100$  м допустима ошибка в отсчете по рейке из-за непараллельности оси

уровня и визирной оси, не превышающая  $\frac{10''}{\rho} d = 5$  мм, где  $\rho = 206\,265''$  – число секунд в одном радиане.

Проверка выполняется путем измерения одного и того же превышения дважды – из середины и с неравными расстояниями до реек.

На расстоянии 75 – 100 м друг от друга закрепляют две точки, на которые устанавливают рейки (рис. 19). В середине, на равных расстояниях от реек устанавливают нивелир и, приводя пузырек цилиндрического уровня в нуль-пункт, берут отсчеты  $a$  и  $b$  по рейкам и вычисляют превышение:

$$h = a - b. \quad (13)$$

Если визирная ось трубы не параллельна оси уровня и потому наклонена на угол  $i$ , то вместо верных отсчетов  $a$  и  $b$  будут прочтены отсчеты  $a_1$  и  $b_1$ . Вследствие равенства расстояний до реек ошибки в обоих отсчетах будут одинаковыми,  $\Delta a = \Delta b$ . Вычисленное при этом превышение будет равно:

$$h = a_1 - b_1 = (a + \Delta a) - (b + \Delta b) = a - b. \quad (14)$$

Следовательно, несмотря на ошибки отсчетов, вызванные непараллельностью оси уровня и визирной оси трубы, превышение, вычисленное по измерениям из середины – верное.

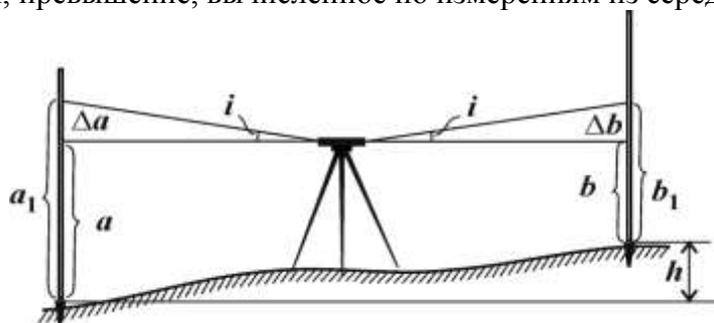


Рисунок 19. Проверка цилиндрического уровня. Измерения из середины

Нивелир переносят и устанавливают на расстоянии 2–3 м от одной из реек (рис. 20). Берут отсчет  $b_2$  по ближней рейке. Ввиду малости расстояния до рейки погрешность в отсчете  $b_2$ , вызванная наклоном луча визирования, мала. Поэтому отсчет  $b_2$  считают безошибочным.

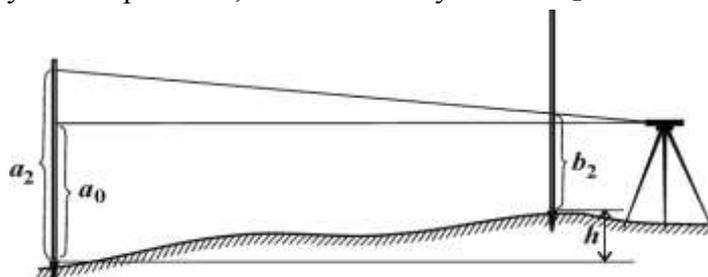


Рисунок 20. Проверка цилиндрического уровня. Измерения с неравными расстояниями до реек

Вычисляют отсчет, который должен быть на дальней рейке, если луч визирования горизонтален:  $a_0 = b_2 + h$ .

Наводят нивелир на дальнюю рейку и берут фактический отсчет  $a_2$ . Сравнивают вычисленный и фактический отсчеты.

Если вычисленный  $a_0$  и фактический  $a_2$  отсчеты различаются меньше, чем на 5 мм, то считают, что ось цилиндрического уровня *и* параллельна визирной оси *ss*.

Если вычисленный и фактический отсчеты различаются больше, чем на 5 мм, то положение цилиндрического уровня необходимо исправить.

Для этого элевационным винтом наводят средний штрих сетки нитей на отсчет  $a_0$  по дальней рейке. При этом пузырек цилиндрического уровня уйдет из нуль-пункта.

Вертикальными исправительными винтами приводят пузырек цилиндрического уровня в нуль-пункт, совмещая изображения концов половинок пузырька в поле зрения трубы.

У нивелиров с компенсатором углов наклона цилиндрического уровня нет, и при выполнении проверки добиваются выполнения следующего условия.

*Визирная ось зрительной трубы должна быть горизонтальна в пределах работы компенсатора.*

Проверка выполняется в том же порядке, как и проверка цилиндрического уровня. Но при этом различие вычисленного  $a_0$  и фактического  $a_2$  отсчетов указывает на не горизонтальность визирной оси трубы.

Для исправления снимают колпачок, закрывающий исправительные винты сетки нитей зрительной трубы, и с помощью вертикальных исправительных винтов, наводят среднюю нить сетки нитей на отсчет по дальней рейке, равный вычисленному отсчету  $a_0$ .

**Нивелирные рейки.** Для высокоточного нивелирования служат цельные трехметровые инварные рейки. На рейке крепится круглый уровень, используемый для установки рейки в вертикальное положение.

Для точного и технического нивелирования служат трехметровые цельные или складные деревянные рейки. На двух сторонах рейки нанесены шкалы с сантиметровыми делениями в виде шашек, на одной стороне – черных, на другой – красных. Установка таких реек в вертикальное положение выполняется по круглому уровню или на глаз.

При измерениях цифровыми нивелирами пользуются специальными рейками со шкалой в виде штрих-кода.

Проверки реек состоят в определении с помощью контрольной линейки длины метровых и дециметровых интервалов, определении разности нулей пары реек, проверке установки круглого уровня на рейке.

#### **Порядок выполнения работы:**

1. Дать характеристику и изучить устройство нивелира.
2. Первая проверка нивелира.
3. Научиться наводить на рейку и брать отсчеты.
4. Получите инструмент.
5. Установите нивелир на штатив, закрепите его станковым винтом нивелира.
6. Установите нивелир в рабочее положение, трижды меняя высоту инструмента.
7. Самостоятельно возьмите по рейке отсчёты с 4-х точек.
8. Проведите самоконтроль отсчётов.
9. Нарисуйте отсчёт по чёрной и красной сторонам рейки.
10. Сделайте выводы.
11. Выполните три проверки нивелира.
12. По каждой проверке оформите в тетради порядок работы и вывод о выполнении условия.
13. Определите превышение с двух станций.
14. Оформите отчёт в тетрадь.

#### **Форма представления результата:**

Предоставить отчет по работе в тетради для лабораторных работ и устная защита работы.

**Критерии оценки:** логичность представленного материала, рациональность выбранной структуры работы, аккуратность, наглядность, характеристика в соответствии с рекомендациями.

- «Отлично» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, умения сформированы, выполнена схема, отражающая все требования.

- «Хорошо» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые умения сформированы недостаточно, составленная схема содержит неточности.

- «Удовлетворительно» - теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые умения работы с освоенным материалом в основном сформированы, выполненная структура содержит неточности.

- «Неудовлетворительно» - теоретическое содержание курса не освоено, необходимые умения не сформированы, выполненное задание содержит грубые ошибки.

## **Тема 8 Геодезическое оборудование Лабораторное занятие №5**

### **Изучение тахеометра. Создание проекта.**

**Цель работы:** Научиться осуществлять ввод данных о станции, вычислять координатные измерения

**Выполнив работу, Вы будете:**

*уметь:*

Удб выполнять поверки геодезического оборудования;

Уо 01.02 анализировать задачу и/или проблему и выделять её составные части;

Уо 01.03 определять этапы решения задачи;

Уо 01.07 оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника);

Уо 01.08 выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы;

Уо 02.02 определять необходимые источники информации;

Уо 02.04 структурировать получаемую информацию; выделять наиболее значимое в перечне информации;

Уо 02.05 оценивать практическую значимость результатов поиска;

Уо 02.08 использовать различные цифровые средства для решения профессиональных задач;

Уо 02.09 проявлять культуру информационной безопасности при использовании информационно-коммуникационных технологий;

Уо 03.02 применять современную научную профессиональную терминологию;

Уо 04.02 эффективно работать в команде.

**Материальное обеспечение:**

штатив, тахеометр, закрепительный винт нивелира, методические указания, опорные точки, станция, рейка.

**Задание:**

Выполнить ввод данных о станции.

Определить координационные измерения.

**Краткие теоретические сведения:**

**Приведение электронного теодолита в рабочее положение**

Центрирование. Установить штатив над точкой, подвесить отвес и провести предварительное центрирование отверстия головки штатива.

Вдавить ножки штатива и отрегулировать их высоту так, чтобы плоскость головки штатива расположилась горизонтально.

Теодолит с подставкой извлечь из футляра, установить на штативе и закрепить станковым винтом. Повторить центрирование с помощью отвеса, затянуть становой винт, убрать отвес в пенал штатива.

Отгоризонтировать теодолит. Повернуть теодолит так, чтобы ось цилиндрического уровня расположилась параллельно прямой, соединяющей два каких-либо подъемных винта подставки, и вращением их в противоположных направлениях вывести пузырек уровня на середину. Повернуть теодолит на  $90^\circ$  и третьим подъемным винтом вывести пузырек уровня на середину.

Повернуть теодолит на  $180^\circ$  относительно последнего положения и оценить смещение пузырька уровня. Смещение должно быть не более одного деления.

Установить теодолит над точкой с помощью лазерного центрира. Включить лазерный центрир (8.2.1) и отметить положение красной точки. Повернуть теодолит вокруг вертикальной оси на  $180^\circ$  и оценить смещение красной точки.

Максимально допустимый диаметр круга, который может описывать точка при вращении теодолита должен быть не более 0,8 мм при высоте теодолита над точкой центрирования 1,5 м. Точное горизонтирование проводить в режиме измерения углов наклона вертикальной оси.

2. Включение и выключение

Установить теодолит в положение КЛ.

Отвести зрительную трубу теодолита от горизонтального положения окуляром вверх на угол 45°. Включить теодолит нажатием кнопки «О». На дисплее высвечивается сообщение.

Теодолит 2Т5Э 1 Версия N

А) высвечиваются три варианта: -память в норме -память не форматирована -память заполнена Б) высвечивается индекс неопределенности (плавно без рывков качнуть зрительную трубу вверх вниз на 20°) 2. включение лазерного центрира а) Меню б) Тест в) Наклон оси г) F2

(Лаз) д) сброс 3. Начальные установки а) Меню – Установки – Станция ЦБ- кнопка для переключения режима ввода СБ- удалить б) Установки пикета: Меню – Установки - Пикет в) Ввод даты и текущего времени: Меню – Установки – Дата г) Установки единиц измерения: Меню – Конфигурация – единицы измерения д) Выбор режима измерения вертикальных углов: Меню – Конфигурация – Параметры – V е) Регулировка контрастности табло: Меню – Конфигурация – Контраст – ж) Подсветка сетки нитей: Меню – Конфигурация – Подсветка 4. Измерение углов F1

### **Работа с внутренней памятью Создание файла**

1. Память→файл→открыть файл

2. "Выберите файл" Меню\*файл

3. "Выберите файл" 1. создать файл 2.открыть файл

4."Файл открыт **Открытие файла для записи результатов измерения** 1.

Память→файл→открыть файл 2."Выберите файл" Меню\*файл 3. "Выберите файл" 1. создать файл 2. открыть файл 4."Файл открыт"

### **Измерение углов Выбор измерения горизонтального угла**

Измерения горизонтальных углов проводятся в режимах НI и Нг. В режиме Нг горизонтальный угол увеличивается при повороте теодолита по часовой стрелке. В режиме НI горизонтальный угол увеличивается при повороте теодолита против часовой стрелки. Для выбора режима измерения Нг или НI в режиме измерения углов нажать кнопку «F1» («Л/П»). **Выбор измерения вертикального угла**

В основном меню с помощью кнопок «\_», «\_» установить курсор «→» на строке КОНФИГУРАЦИЯ, нажать кнопку «F4» («Ввод»). МЕНЮ  ТЕСТ→КОНФИГУРАЦИЯ

Изм Ввод

Установить курсор «→» на строке ПАРАМЕТРЫ, нажать кнопку «F4» («Ввод»).

МЕНЮ\*КОНФИГ  ЕДИН. ИЗМЕРЕН. →ПАРАМЕТРЫ Изм Ввод

ПАРАМЕТРЫ ВЕР. V% Изм Ввод

Нажатием кнопок «\_», «\_» выбрать требуемое измерение:

Va = вертикальный угол (горизонт =0);

Vz-180 = зенитное расстояние (зенит=0);

Vz-360 = зенитное расстояние (зенит=0),

V% = (уклон в %).

Подтвердить выбор нажатием кнопки «F4» («Ввод»). Выбранное значение сохраняется после выключения теодолита.

### **Проведение измерений**

#### **Обнуление горизонтального угла**

Перейти в режим измерения углов из меню нажатием кнопки «F1» («Изм»).

ИЗМЕРЕНИЕ УГЛОВ Нг знач Va знач Л/П Фикс Уст 0

Для обнуления горизонтального угла нажать кнопку «F4»

(«Уст0»). ИЗМЕРЕНИЕ УГЛОВ Нг 0" Va знач Л/П Фикс Уст0

Значение горизонтального угла будет обнулено.

Установить режим измерения углов. Навести зрительную трубу на визирную цель А. Провести обнуление горизонтального угла. Навести зрительную трубу на визирную цель В. На дисплее высветятся результаты измерения.

### **Обратная угловая засечка**

Вычисление координат станции по трём точкам с известными координатами. Направление измерений по часовой стрелке.

1. Меню
2. Программы
3. Обратная засечка
4. Клавиатура
5. Ввести координаты т.№1 Ввод → "Спд"
6. Ввести координаты т. №2,3

Обратная засечка

X

Y

$H_a$

Обратная засечка

1. Файл

2. Клавиатура

Точка 1.7. Навести зрительную трубу на т. №1-ввод 8. На т.№2-ввод 9. №3 10. Высвечиваются координаты станции

11.Если необходимо записать "ввод", если нет "сброс" Обратная засечка  $X_0$   $Y_0$   
Координаты станции, следующие

#### **Ориентирование теодолита относительно исходного дирекционного угла**

Установить режим измерения углов. ИЗМЕРЕНИЕ УГЛОВ Нг знач  $V_a$  знач Л/П Фикс Уст0 Для установки дирекционного угла поворачивать теодолит до получения на дисплее значения дирекционного угла. Нажать кнопку «F3» («Фикс»). На дисплее высветится значение дирекционного угла. Навести зрительную трубу на визирную цель, расположенную на направлении, соответствующем начальному дирекционному углу. Нажать кнопку «F4» («Уст0»). Отсчет горизонтальных углов будет проводиться от данного направления.

#### **Калибровки**

Калибровки рекомендуется проводить после длительного транспортирования, до и после продолжительных периодов работы, и при изменении температуры более чем на 10 °С. Коллимационную погрешность, место нуля вертикального круга, индекс датчика наклона определяют при двух положениях теодолита: КЛ и КП. Установить курсор «→» на строке *КАЛИБРОВКИ*, нажать кнопку «F4» «Ввод»).

---

Коллимационную погрешность, место нуля вертикального круга, индекс датчика наклона определяют при двух положениях теодолита: КЛ и КП.

Установить курсор «→» на строке *КАЛИБРОВКИ*, нажать кнопку «F4» («Ввод»).

МЕНЮ	
КОНФИГУРАЦИЯ	
→ КАЛИБРОВКИ	
Изм	Ввод

Установить курсор «→» на строке *ИНДЕКСЫ УГЛОВ*, нажать кнопку «F4» («Ввод»).

МЕНЮ*КАЛИБРОВКИ	
→ИНДЕКСЫ УГЛОВ	
ИНДЕКС ЭЛ.УР.	
	Ввод

ИНДЕКСЫ УГЛОВ	
С0	знач.
MZ0	знач.

Установить курсор «←→» на строке *ИНДЕКСЫ УГЛОВ*, нажать кнопку «F4» («Ввод»).

На дисплее высвечиваются значения коллимационной погрешности С0 и места нуля вертикального круга MZ0\*, определенные ранее.

ИНДЕКСЫ УГЛОВ	
Hr	знач.
Va	знач.
	Ввод

Навести зрительную трубу на визирную цель, близкую к горизонтальной плоскости, в положении теодолита КЛ.

Через 3 - 4 с (время успокоения датчика наклона) нажать кнопку «F4» («Ввод»).

Навести зрительную трубу на ту же визирную цель, близкую к горизонтальной плоскости, в положение теодолита КП.

Через 3-4 с нажать кнопку «F4» («Ввод»).

ИНДЕКСЫ УГЛОВ	
C0	знач.
MZ0	знач.
	Ввод

На дисплее высвечиваются значения коллимационной погрешности C0 места нуля вертикального круга MZ0.

Для перехода к определению новых значений нажать кнопку «Esc».

Навести зрительную трубу на визирную цель, близкую к горизонтальной плоскости, в положении теодолита КЛ.

Через 3 - 4 с (время успокоения датчика наклона) нажать кнопку «F4» («Ввод»).

Навести зрительную трубу на ту же визирную цель, близкую к горизонтальной плоскости, в положение теодолита КП.

Через 3-4 с нажать кнопку «F4» («Ввод»).

На дисплее высвечиваются значения коллимационной погрешности C0 места нуля вертикального круга MZ0.

Нажать кнопку «F4» («Ввод»).

Для выхода в режим КАЛИБРОВКИ нажать кнопку «Esc».

МЕНЮ*КАЛИБРОВКИ
ИНДЕКСЫ УГЛОВ
→ ИНДЕКС ЭЛ.УР.
Ввод

ИНДЕКС ЭЛ. УР.	
Vt	знач.
	Ввод

Навести зрительную трубу на визирную цель, близкую к горизонтальной плоскости, в положении теодолита КЛ.

Установить курсор «←→» на строке *ИНДЕКС ЭЛ. УР.*, нажать кнопку «F4» («Ввод»).

Навести зрительную трубу на визирную цель, близкую к горизонтальной плоскости, в положении теодолита КЛ.

Через 3 - 4 с (время успокоения датчика наклона) нажать кнопку «F4» («Ввод»).

Навести зрительную трубу на ту же визирную цель, близкую к горизонтальной плоскости, в положение теодолита КП.

Через 3-4 с нажать кнопку «F4» («Ввод»).

На дисплее высвечивается индекс датчика наклона E0.

Нажать кнопку «F4» («Ввод»).

#### **Технологические режимы. Проверки теодолита, условия проведения проверки**

1 Перед началом поверки геодезические приборы и все используемые при ее проведении технические средства должны быть приведены в рабочее состояние в соответствии с инструкциями по их эксплуатации (ИЭ).

2 При выполнении поверки в помещении должны выполняться следующие требования:

- температура окружающего воздуха должна быть в пределах  $(+20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ ;
- скорость изменения температуры должна быть не более  $3 ^\circ\text{C}$  в час;
- относительная влажность не более 90%;
- колебания напряжения электропитания - не более 10%.

При проведении поверки вне помещения условия видимости должны быть благоприятными, колебания изображения - минимальными, на приборы не должны попадать прямые солнечные лучи, скорость ветра не должна превышать 4 м/с; измерения должны проводиться при полном отсутствии осадков.

3 При проведении поверки должны соблюдаться правила работы с измерительными приборами, указанные в эксплуатационной документации, а также правила по технике безопасности.

4 Технологическую поверку проводит специалист, за которым закрепленоверяемое средство измерений (СИ) для выполнения топографо-геодезических работ.

**Ход работы:** Выполнение лабораторной работы по индивидуальным точкам. Оформление результатов. Вывод.

#### **Форма представления результата:**

Оформленная работа предоставляется преподавателю на проверку в тетради, или по средствам использования образовательного портала МГТУ

**Критерии оценки:** логичность представленного материала, рациональность выбранной структуры работы, аккуратность, наглядность, характеристика в соответствии с рекомендациями.

- Оценка «отлично» ставится, если задание выполнено верно и даны полные ответы на вопросы.

- Оценка **«хорошо»** ставится, если ход выполнения задания верный, но была допущена одна или две ошибки, либо в ответах на вопросы допущена неточность.

- Оценка **«удовлетворительно»** ставится, если приведено неполное выполнение задания (упущены важные технические характеристики), либо в ответах на вопросы допущены грубые ошибки.

- Оценка **«неудовлетворительно»** ставится, если задание не выполнено.

**Тема 9 Геоинформационные системы**  
**Лабораторное занятие № 6.**  
**Технология работы с географическими сервисами**

**Цель работы:** исследовать возможности геоинформационной модели по представлению и обработке пространственной информации

**Выполнив задания, Вы будете:**

**уметь:**

Уд7 работать с данными в ГИС;

Уо 01.02 анализировать задачу и/или проблему и выделять её составные части;

Уо 01.03 определять этапы решения задачи;

Уо 01.07 оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника);

Уо 01.08 выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы;

Уо 02.02 определять необходимые источники информации;

Уо 02.04 структурировать получаемую информацию; выделять наиболее значимое в перечне информации;

Уо 02.05 оценивать практическую значимость результатов поиска;

Уо 02.08 использовать различные цифровые средства для решения профессиональных задач;

Уо 02.09 проявлять культуру информационной безопасности при использовании информационно-коммуникационных технологий;

Уо 03.02 применять современную научную профессиональную терминологию;

Уо 04.02 эффективно работать в команде.

**Материальное обеспечение:**

Методические указания по выполнению практической работы, браузер, MS Word

**Задание 1.**

**Изучить возможности геоинформационной модели Google Earth по представлению и поиску объектов**

**Порядок выполнения задания:**

1. Запустите Google Eath.
2. Посмотрите знаменитые места земного шара. Для этого вставьте в строку поиска Google Earth координаты объектов из списка. Определите названия объектов. Посмотрите доступные фотографии, привязанные к этой местности
  - № 1. 17°55'26.62"S 25°51'29.32"E
  - № 2. 51°10'43.88"N 1°49'35.01"W
  - № 3. 37°58'16.69"N 23°43'34.10"E
  - № 4. 29°58'41"N 31°7'53"E
  - № 5. 41°53'24.65N 12°29'32.85E
  - № 6. 55°49'10.97"N 37°36'44.50"E
  - № 7. 34° 8'2.64"N 118°19'17.98"W
  - № 8. 43° 4'40.36"N 79° 4'31.48"W
  - № 9. 40°41'20.46N 74°02'40.66W
  - № 10. 48°51'29.54"N 2°17'39.69"E
  - № 11. 48°52'21.87"N 2°46'37.09"E
3. Поработайте с инструментом Метка:

а) Найдите в Google Планета Земля и поставьте метки возле этих объектов.

- Магнитогорск, свой дом,
- Магнитогорск, Ленина, 38 (МГТУ Им Г. И. Носова)
- Магнитогорск, Грязнова, 36 (Многопрофильный колледж)

Для создания метки перейдите на нужное место на карте, кликните объект. В окне

описания объекта щелкните значок . Объект на карте отметится желтой меткой. Любую метку экспортируйте в файл KMZ.

б) Импортируйте файл Метка.kmz из сетевой папки. Определите название объекта на метке.

4. Проложите путь и определите его длину, продвигаясь по улицам по своему усмотрению или по маршруту автобуса:

- а) от дома до колледжа,
- б) от дома до любимого места отдыха

Для измерения расстояния пути

- Выберите Инструменты-Линейка
- Нажмите кнопку мыши, чтобы установить начальную точку пути и продолжайте нажимать до тех пор, пока путь не охватит требуемый регион.

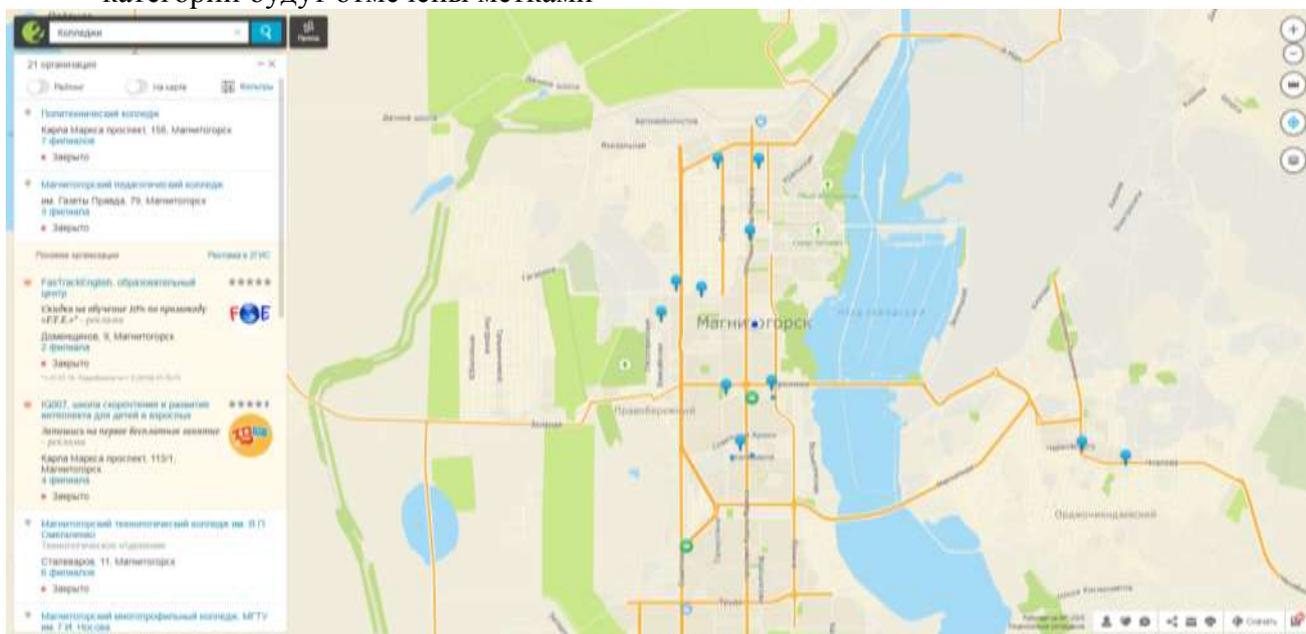
## Задание 2.

### Изучить возможности картографического сервиса 2ГИС

1. Открыть приложение 2гис-Магнитогорск

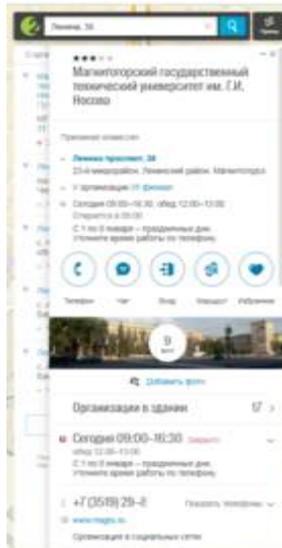
2. Изучить возможность поиска объекта по принадлежности РУБРИКЕ.

Откройте Все рубрики для поиска организаций. Перейдите в рубрику Образование→Профессиональное образование→Колледжи. Все объекты данной категории будут отмечены метками



3. Найти объект по адресу.

Ввести адрес: Ленина 38. Перейти по ссылке и посмотреть информацию по данному объекту.



4. Изучить функцию приложения по определению маршрута для проезда инструментом.



Кликнуть кнопку

Точка А: Грязнова 36

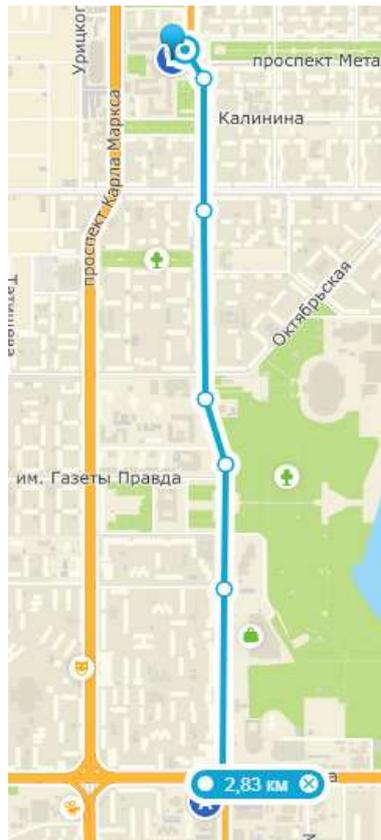
Точка Б: Ленина 38

Построены два варианта:

На общественном транспорте	Автомобильные маршруты

5. Изучить функцию программы Линейка.

Измерьте расстояние от колледжа до МГТУ. Нажмите кнопку мыши, чтобы установить начальную точку пути и продолжайте нажимать до тех пор, пока путь не охватит требуемый маршрут.



6. Изучить дополнительные возможности приложения.

- Погода
- Слои

### Задание 3.

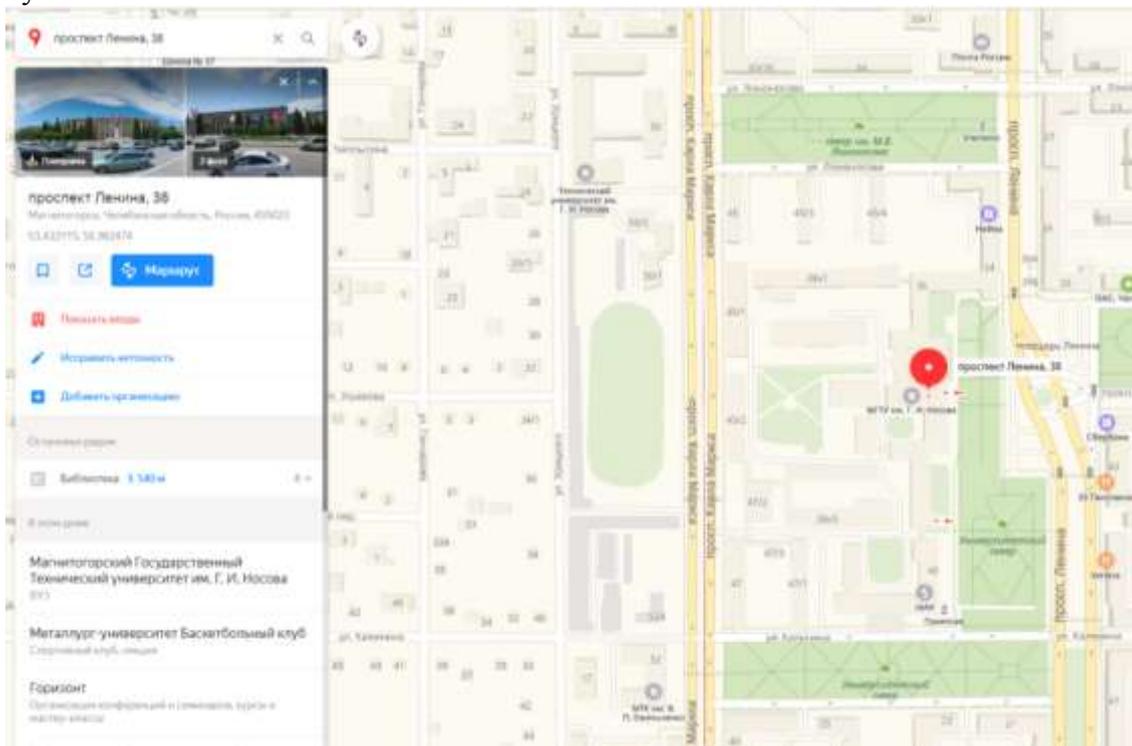
#### Изучить возможности картографического сервиса Яндекс-карты

1. Открыть приложение Яндекс-карты [yandex.ru/maps](http://yandex.ru/maps)
2. Изучить возможность поиска объекта по принадлежности РУБРИКЕ. Все рубрики для поиска организаций. Перейдите в рубрику Образование. Убедитесь, что нет отдельной рубрики Колледжи. Вводим в строку поиска Колледжи. Все объекты данной категории будут отмечены метками



3. Найти объект по адресу.

Ввести адрес: Ленина 38. Перейти по ссылке и посмотреть информацию по данному объекту.



4. Изучить функцию приложения по определению маршрута для проезда инструментом.



Кликнуть кнопку

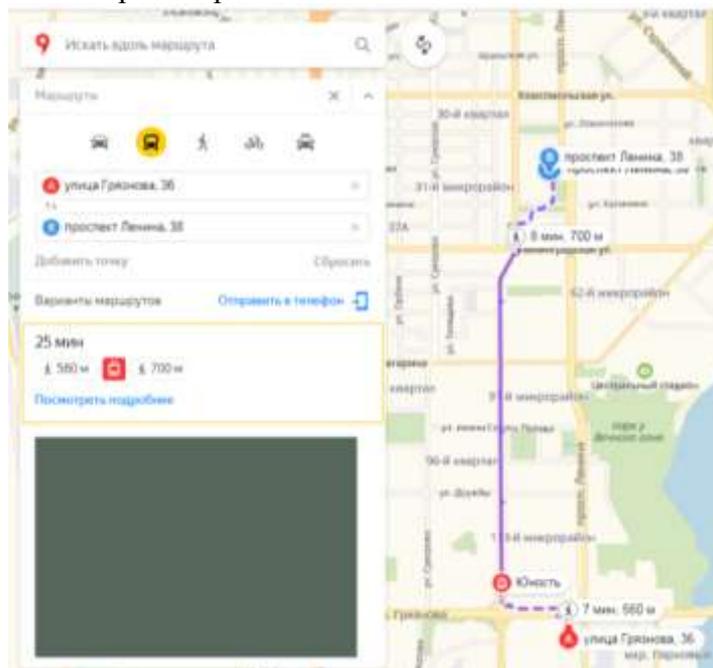
Точка А: Грязнова 36

Точка Б: Ленина 38

Обратить внимание, что приложение строит несколько видов маршрута



Обратить внимание, что построенные маршруты отличаются от предложенных в 2ГИС. Например, на общественном транспорте:

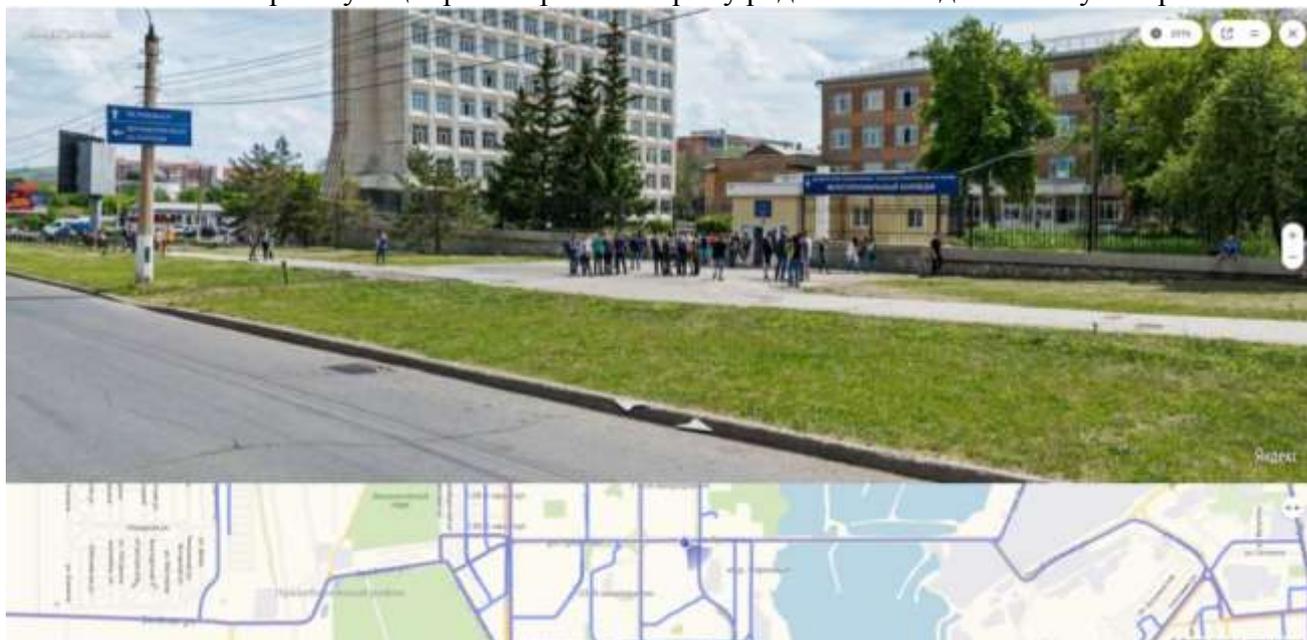


5. Изучить функцию программы Линейка.  
Измерьте расстояние от колледжа до МГТУ. Нажмите кнопку мыши, чтобы установить начальную точку пути и продолжайте нажимать до тех пор, пока путь не охватит требуемый маршрут.



6. Изучить дополнительные возможности приложения.

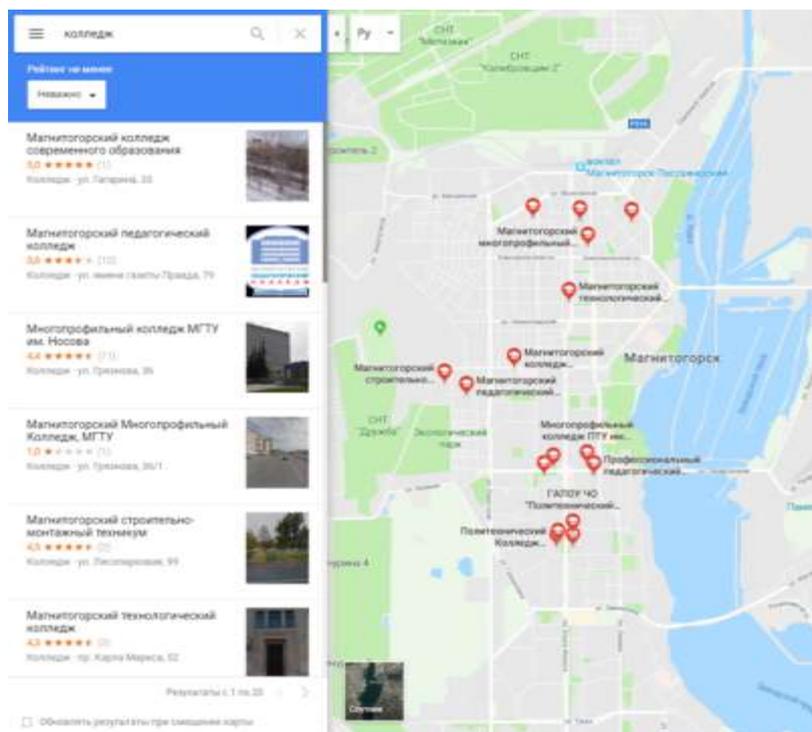
- Дорожная ситуация
- Парковки
- Слои (посмотреть карту в трех режимах: Схема, Спутник, Гибрид)
- Панорама улиц: посмотреть панораму рядом с колледжем или университетом.



#### Задание 4.

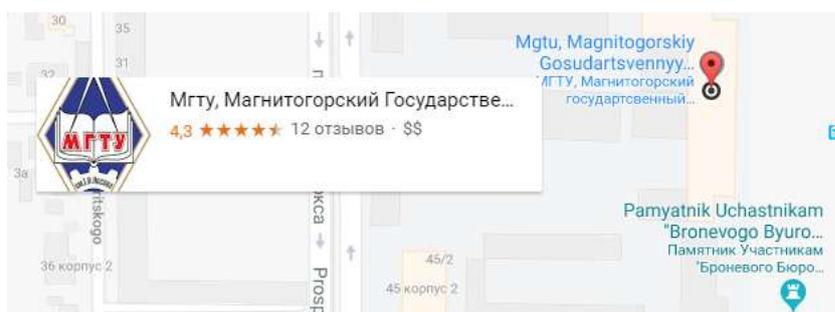
##### Изучить возможности картографического сервиса Google-карты

1. Открыть приложение **Google-карты** <https://www.google.ru/maps>
2. Изучить возможность поиска объекта по принадлежности РУБРИКЕ.  
Сервис предлагает только 4 рубрики. Убедитесь, что нет отдельной рубрики Образование, колледжи.  
Вводим в строку поиска Колледжи. Все объекты данной категории будут отмечены метками



3. Найти объект по адресу.

Ввести адрес: Ленина 38. Перейти по ссылке и просмотреть информацию по данному объекту.



4. Изучить функцию приложения по определению маршрута для проезда инструментом.



Кликнуть кнопку **Направление**.

Точка А: Грязнова 36

Точка Б: Ленина 38

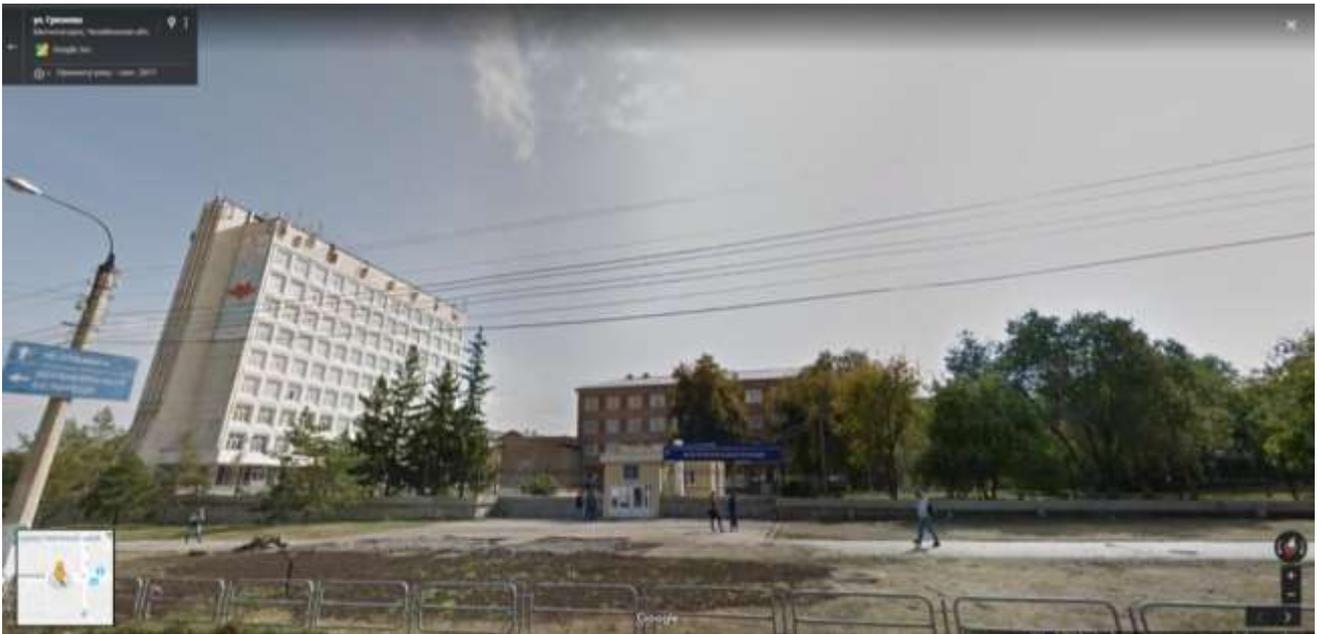
Обратить внимание, что приложение строит несколько видов маршрута



Обратить внимание, что построенные маршруты отличаются от предложенных в 2ГИС и Яндекс-картах. Например, на общественном транспорте:

5. Изучить дополнительные возможности приложения.

- Пробки
- Мои места (аналог функции закладки)
- Панорама улиц: просмотреть панораму рядом с колледжем или университетом.



**Форма предоставления результата:** Вывод-сравнение по работе картографических сервисов 2ГИС, Яндекс-карты, Google-карты.

**Критерии оценки:** логичность представленного материала, рациональность выбранной структуры работы, аккуратность, наглядность, характеристика в соответствии с рекомендациями.

- «Отлично» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, умения сформированы, выполнена схема, отражающая все требования.

- «Хорошо» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые умения сформированы недостаточно, составленная схема содержит неточности.

- «Удовлетворительно» - теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые умения работы с освоенным материалом в основном сформированы, выполненная структура содержит неточности.

- «Неудовлетворительно» - теоретическое содержание курса не освоено, необходимые умения не сформированы, выполненное задание содержит грубые ошибки.

**Тема 9 Геоинформационные системы**  
**Лабораторное занятие №7.**  
**Основы работы в инструментальной ГИС**

**Цель работы:**

1. Изучить возможности ГИС по созданию слоев примечаний на карте

**Выполнив задания, Вы будете:**

**уметь:**

Уд7 работать с данными в ГИС;

Уо 01.02 анализировать задачу и/или проблему и выделять её составные части;

Уо 01.03 определять этапы решения задачи;

Уо 01.07 оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника);

Уо 01.08 выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы;

Уо 02.02 определять необходимые источники информации;

Уо 02.04 структурировать получаемую информацию; выделять наиболее значимое в перечне информации;

Уо 02.05 оценивать практическую значимость результатов поиска;

Уо 02.08 использовать различные цифровые средства для решения профессиональных задач;

Уо 02.09 проявлять культуру информационной безопасности при использовании информационно-коммуникационных технологий;

Уо 03.02 применять современную научную профессиональную терминологию;

Уо 04.02 эффективно работать в команде.

**Материальное обеспечение:**

Методические указания для выполнения практических работ, ГИС ИнГЕО.

**Задание:**

**1. Осуществить вход в систему ГИС ИнГЕО**

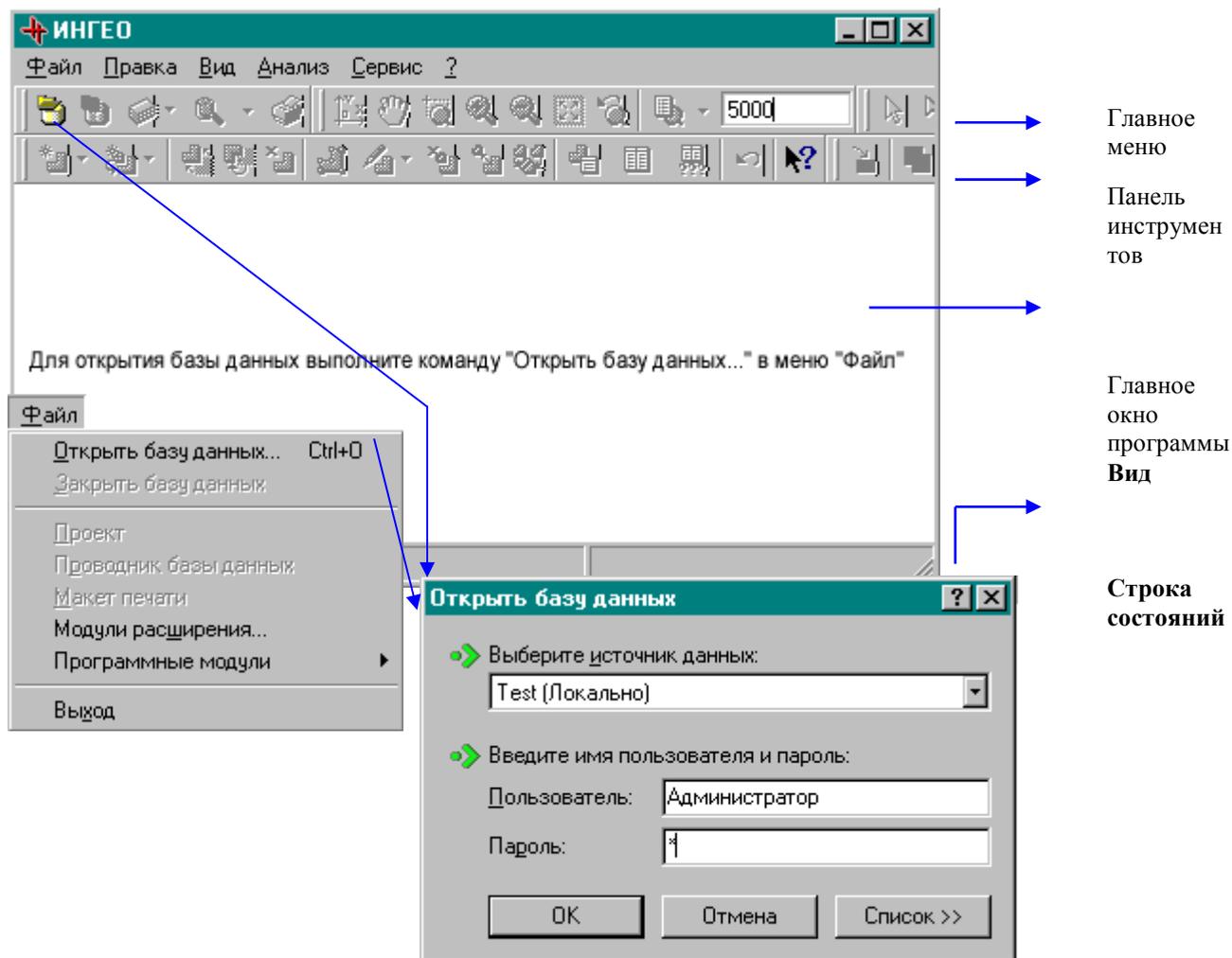
**Порядок выполнения задания:**

При запуске системы на экран компьютера выводится *главное окно программы*

**Вид**, но прежде чем приступить к работе необходимо в появившемся

диалоговом окне «**Открыть базу данных**» выбрать базу данных, установить

пользователя и ввести пароль.



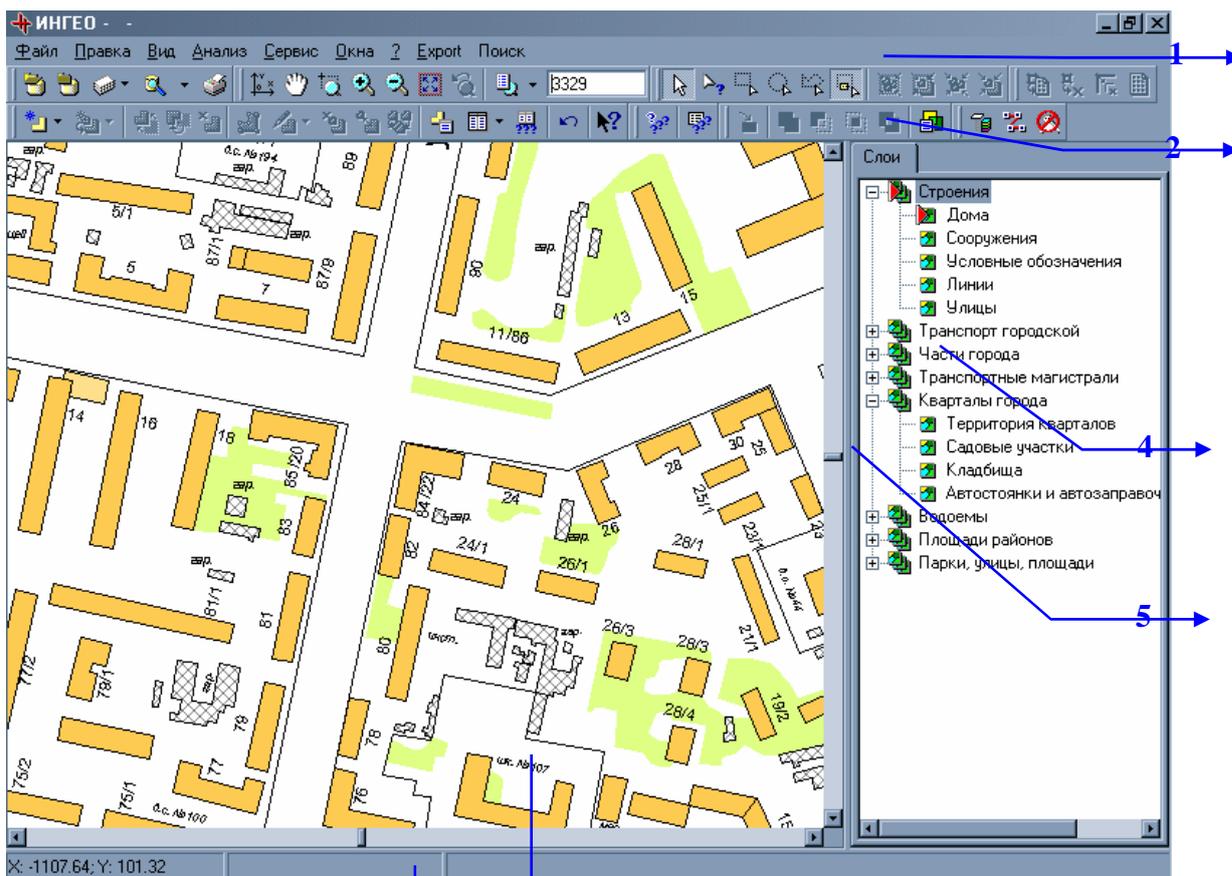
В окне **Вид** выводится подсказка: «Для открытия базы данных выполните команду «**Открыть базу данных...**» в меню «**Файл**», также эту команду можно вызвать, используя пиктограмму 

После того, как Вы проделаете эту операцию, появится диалоговое окно «**Открыть базуданных ГИС**» для ввода пароля.

- в выпадающем списке «**Выбор источника данных**» выберите базу данных;
- в поле **Пользователь** введите своё имя;
- в поле **Пароль** введите пароль, который дан Вам администратором системы.

При создании новой Базы данных в ней автоматически заводится один пользователь с именем «Администратор» без пароля.

## 2. Изучите основные элементы интерфейса пользователя ГИС «ИнГЕО»



1. Главное меню.
2. Панель инструментов.
3. Окно **Вид**.
4. Окно **Слои**.
5. Линия разделения.
6. Строка состояния.

### Перемещение и масштабирование карты мышкой

В окне **Вид** используйте колёсико для масштабирования и перемещения карты; правую кнопку мыши — для только перемещения.

**Элементы главного окна программы** предназначены для выполнения следующих функций:

- Главное меню служит для управления и настройки системы.
- С помощью панели инструментов Вы сможете быстро обратиться к наиболее часто используемым командам.
- Окно **Вид** предназначено для просмотра и редактирования карт. Основная работа с графической информацией происходит в этом окне, здесь Вы можете создавать объекты, а также редактировать их.
- В окне **Слои** показан список карт и слоёв, включённых в данный проект и используемых для данной территории. Карты и слои представлены двухуровневой иерархической структурой: в окне показывается список карт, и каждая векторная карта в развернутом состоянии содержит некоторое множество слоёв. Все слои равноправны по сути, но выводятся они на экран по списку сверху вниз, поэтому слои, содержащие большие закрашенные полигональные области лучше

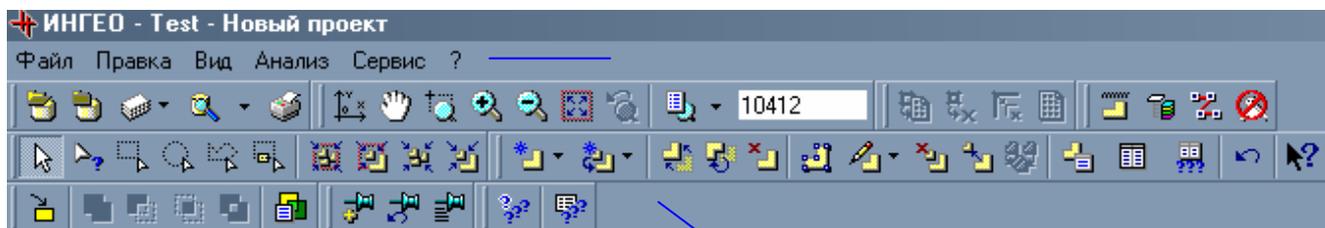
располагать внизу списка, иначе их объекты будут закрывать подробности.

- ❑ Линия разделения отделяет окно **Вид** от окна **Слои**. Её местоположение может быть изменено Вами в любой момент. Для изменения нужно установить маркер мыши на границу, нажать левую клавишу мыши и, не отпуская ее, передвинуть границу.
- ❑ Строка состояния отображает координаты местоположения курсора, номер планшета, над которым находится курсор, а также состояние различных опций (параметров настроек) в зависимости от того, в каком режиме находится система (создание, редактирование).

### 3. Изучите панель инструментов

*Панель Инструментов* обеспечивает быстрый доступ к командам программы и их выполнение.

→ Главное меню



→ Панель инструментов

### 4. ВЫБОР АКТИВНОГО СЛОЯ

В ГИС «ИнГео» операции редактирования объектов производятся над объектами одного, выбранного в данный момент слоя, называемого активным. Способы активизации слоя приведены ниже.

#### Выбор слоя в списке слоёв

Если Список слоёв, относящихся к карте, свёрнут, Вам необходимо развернуть её, щёлкнув левой клавишей мыши по символу “плюс” перед названием карты. Далее **активизировать слой** можно двумя способами:

- В окне Слои дважды щёлкните левой клавишей мыши по названию слоя или
- В окне Слои щелчком правой клавиши мыши по названию слоя вызовите контекстное меню. Выберите команду Активизировать слой.

#### Выбор слоя выделением объекта из этого слоя

С нажатой клавишей *Ctrl* сделайте левый щелчок на объекте из того слоя, который Вы хотите активизировать. Если в этой точке (под курсором) находится только один объект, он выделится сразу. Если под курсором находятся несколько объектов, возле курсора мыши появится список стилей, к которым относятся объекты в данной точке. Выберите нужный стиль. При этом слой, которому принадлежит выбранный объект, выделится в списке слоев в окне Слои. Чтобы снять выделение с объекта, сделайте левый щелчок на месте карты, где нет объектов, принадлежащих выделенному слою.

#### ВКЛЮЧЕНИЕ/ОТКЛЮЧЕНИЕ ВИДИМОСТИ СЛОЯ/КАРТЫ

В окне Слои щелкните на иконке перед именем слоя или карты (группы слоёв) для включения или выключения отображения слоя/ карты. Если иконка перед слоем зелёного цвета — отображение включено, если серого — выключено.

## ПОИСК ОБЪЕКТА НА КАРТЕ

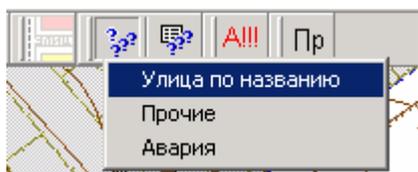
В этом разделе рассматриваются средства поиска объектов: поиск по табличным данным: 1) *в таблице слоя* (например, с помощью «бинокля») и 2) *поиск по шаблону*.

Поиск по табличным данным эффективен, когда нужно найти один объект и характеристики, по которым производится поиск этого объекта, **являются уникальными значениями**. Такой тип поиска называется простым. В качестве примера можно привести поиск смотрового колодца по его номеру, если нумерация сквозная или поиск улицы по названию. В случае, когда требуется найти не один, а сразу несколько объектов, имеющих одинаковые характеристики (например, все деревянные дома по ул. Мира) лучше использовать *конструктор запросов*.

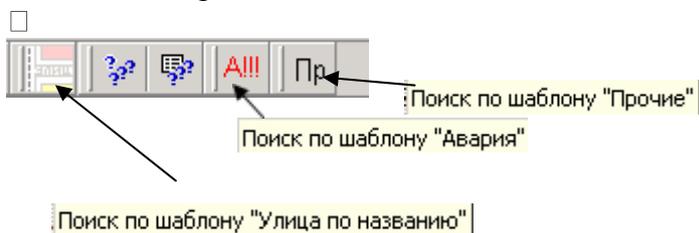
Для удобства пользователей в базе данных могут быть настроены *шаблоны поиска*. При поиске по шаблону пользователь не имеет непосредственного контакта с таблицами и слоями. Он просто вводит значения полей шаблона и система находит соответствующий объект на карте. Для пояснения опишем процедуру поиска по шаблону для улиц по их названию.

- Вызовите функцию поиска по шаблону.
- На экране появится список настроенных в Базе Данных шаблонов.

Выберите нужный Вам (в нашем примере — Улица по названию). Если список не появился, значит шаблоны поиска в базе данных не настроены.



- Можно вызвать необходимый шаблон поиска в одно действие, если нажать на соответствующую ему кнопку на панели инструментов. Вид кнопок вызова шаблонов поиска не является стандартным и определяется при настройке шаблонов.



- Откроется форма с перечнем полей шаблона (в данном случае с одним полем — «Улица»). Введите значения и нажмите *Enter*.

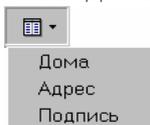
- В результате объект с заданными характеристиками спозиционируется в центр экрана и будет выделен.

Поиск по шаблону предпочтителен не только с точки зрения удобства пользователей, но и в целях экономии времени. Объекты с интересующими характеристиками могут быть разбросаны по разным слоям. Например, искомое строение с адресом ул. Мира, д.6 может находиться как в слое Жилые и общественные здания, так и в слое Производственные здания. Тогда поиск объекта по его адресу в таблице слоя возможно придется проводить дважды (в каждом слое).

Таблица данных слоя предназначена для работы с записями по всем объектам слоя

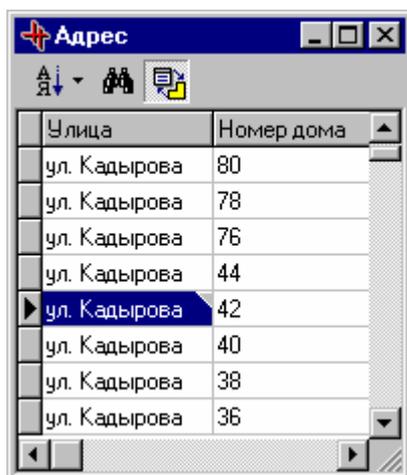


Для вызова таблицы данных активного слоя выберите пиктограмму  на панели инструментов Главного окна программы. При выделении этой пиктограммы появится список таблиц данного слоя. Выберите нужную таблицу и на экране появится диалоговое окно табличных данных активного слоя.



**Примечание:** При нажатии на стрелку этой кнопки можно выбрать название таблицы данного слоя. Закладок (таблиц) может быть много. Они помогут Вам рассортировать информацию в тематические группы и в каждый момент времени иметь на экране не громадное количество данных об объекте, в которых очень трудно разобраться, а только те данные, с которыми Вы намереваетесь работать в данный момент. При выборе той или иной закладки появляются столбцы соответствующих характеристик. Сколько столбцов определено для данной таблицы, столько и показывается в окне таблицы. Сверху над каждым столбцом указано название характеристики. Например, в таблице **Адрес** указаны две характеристики для каждого объекта с названиями: **Улица, Номер дома**.

Рассмотрим функции по порядку.   



Улица	Номер дома
ул. Кадырова	80
ул. Кадырова	78
ул. Кадырова	76
ул. Кадырова	44
ул. Кадырова	42
ул. Кадырова	40
ул. Кадырова	38
ул. Кадырова	36

упорядочить. Эта функция позволяет выбрать из списка индекс, по которому будут отсортированы записи в таблице данных активного слоя.

Улица 



• ID:SimID

- поиск. Эта функция поможет Вам быстро найти необходимую информацию.

Для этого:

- В диалоговом окне табличных данных активного слоя, щелчком левой клавиши мыши, выберите характеристику, по которой хотите осуществить поиск.
- Выберите функцию поиска 
- В появившемся поле Поиск по «...» введите искомое значение, нажмите *Enter*. Когда система выполнит поиск заданного значения (если оно имеется в базе данных), запись с этим текстом автоматически появится на экране. В окне таблицы напротив строки с найденным значением появится треугольный указатель.
- Для выхода из режима поиска нажмите клавишу *Esc*, после этого поле Поиск по

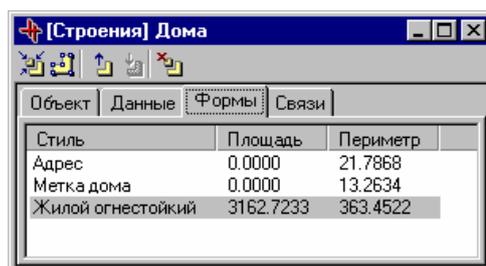
«...» исчезнет и окно таблицы станет активным.

- ❑ Проверьте, что включена кнопка . При включенной кнопке происходит синхронизация выделенных объектов на карте и соответствующих им записей.

Нажмите F4, при этом в Главном окне программы карта отобразится таким образом, что искомый объект будет находиться в центре экрана и будет выделен

Таблица данных по объекту предназначена для работы с записями по одному выделенному объекту. Здесь Вы не можете копировать данные из одной записи в другую, удалять записи, но можете заводить новые записи по объекту, если тип таблицы является **Один ко многим**.

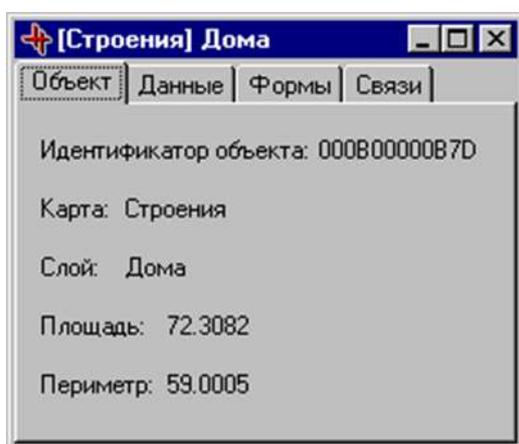
Для вызова таблицы свойств выделенного объекта выберите пиктограмму (*показать свойства выделенного объекта*) на панели инструментов главного окна программы. После выбора этой пиктограммы на экране появится диалоговое окно.



Объект	Данные	Формы	Связи
Стиль		Площадь	Периметр
Адрес		0.0000	21.7868
Метка дома		0.0000	13.2634
Жилой огнестойкий		3162.7233	363.4522

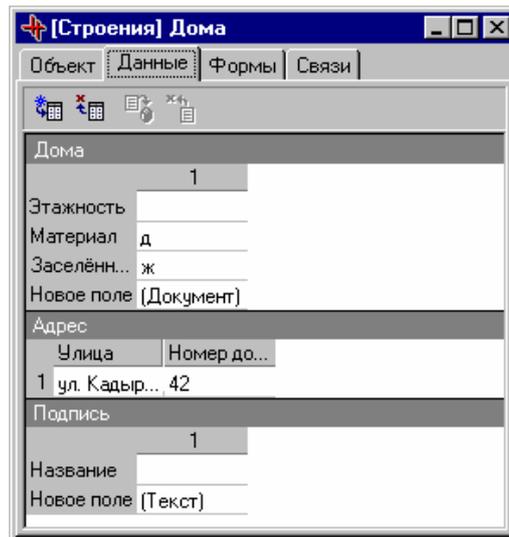
Рассмотрим функции по порядку.

Закладка **Объект** — *общие свойства объекта* В этой закладке содержатся общие данные по объекту: Идентификатор объекта, название карты, слоя объекта, его площадь и периметр.

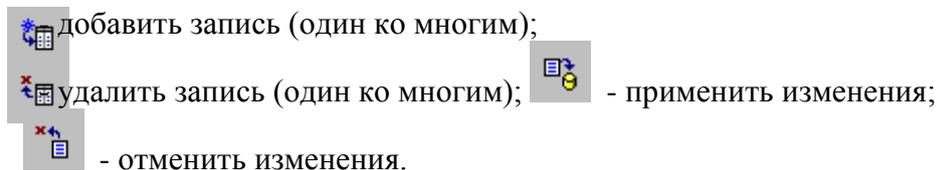


Объект	Данные	Формы	Связи
Идентификатор объекта: 000B00000B7D			
Карта: Строения			
Слой: Дома			
Площадь: 72.3082			
Периметр: 59.0005			

Закладка **Данные** — *семантические данные объекта*.



В этой закладке можно посмотреть записи по объекту по всем таблицам слоя, а также добавить записи в таблицу данных с типом "Один ко многим", используя пиктограммы:



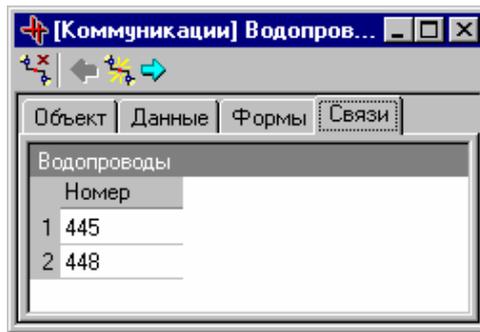
Для добавления новой записи в таблицу с типом «один ко многим»:

- Выделите объект. В таблице данных по объекту автоматически появятся атрибуты этого объекта.
- Выберите закладку **Данные**.
- Щелкните левой клавишей мыши по нужной записи в таблице и выберите на панели пиктограм (добавить запись (один ко многим)).
- Заполните данными новую строку таблицы.
- Теперь нажмите кнопку (применить изменения) для фиксации ваших изменений.
- В противном случае нажмите кнопку (отменить изменения) или выделив строку выберите кнопку (удалить запись).

Закладка **Формы** - список форм объекта. В этой закладке указаны формы, из которых состоит объект. По каждой форме приводятся данные: Стиль, Площадь, Периметр.



Закладка **Связи**. - В этой закладке указаны те объекты, с которыми объект активного слоя имеет топологические связи.



удалить выделенную топологическую связь;



перейти к предыдущему выделенному объекту;



показать связанный объект на карте;



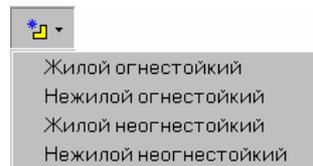
перейти к выделенному топологически связанному объекту.

## 5. Создание объекта

### Выбор стиля рисования

Есть несколько способов для выбора стиля рисования объекта. Первый:

- выберите из панели управления Главного окна программы пиктограмму Начать создание объекта, из появившегося списка в котором должны быть представлены все стили данного слоя выберите нужный стиль.



Другой способ:

- щелкните на слой в списке слоёв правой кнопкой мыши и вберите нужный стиль из контекстного меню.
- Выбрав нужный стиль, Вы войдете в режим создания объектов: курсор примет форму крестика, появится закладка создания объекта с помощью задания координат Координаты.
- Теперь возможны два варианта создания объекта. Как уже упоминалось выше, объекты можно создавать либо обрисовкой **растра**, либо с **помощью задания координат вершин контура объекта с клавиатуры**. Можно и совмещать эти способы.

### Создание объекта с помощью обрисовки растра

Для того, чтобы приступить к созданию объекта (Например, *здания*) с помощью обрисовки растра, необходимо активизировать карту, а затем слой (Например, карта — 500-Строения и слой 500\_Здания жилые и общественные). Приведенные в примере стиль, слой и карта содержатся в демонстрационной базе данных **500**.

- Выберите из панели меню главного окна программы пиктограмму



(начать

создание объекта), из появившегося списка выберите стиль Жилые и общ\_здания

огн. Появится диалоговое окно Координаты и курсор примет форму крестика.

Стиль определяет графические и геометрические свойства объекта. Поэтому система автоматически будет создавать с помощью выбранного стиля объект определенного вида (например, с прямыми ребрами и прямыми углами, а также замыкать контур прямой линией-ребром).

Подведите курсор к одной из вершин здания, изображенного на растре, и зафиксируйте левой клавишей мыши. Затем проделайте эту же операцию последовательно с остальными вершинами здания. Если здание прямоугольное, то достаточно зафиксировать три его вершины.

Двойным щелчком зафиксируйте последнюю точку, правой клавишей мыши вызовите контекстное меню и выберите команду Выйти из режима создания. *Начинайте рисовать прямоугольники с длинной стороны.*

Выйти из режима создания	
Разрыв	M
Прямая	L
Дуга	A
Прямые углы	O
Задать направление	D
Развернуть дугу	F
Разомкнуть	Shift+M
Замкнуть прямой	Shift+L
Замкнуть дугой	Shift+A
Прямоугольное замыкание	Shift+O
Задать направление замыкания	Shift+D
Развернуть замыкающую дугу	Shift+F
Отменить последнюю точку	Esc

Создание объекта с помощью ввода координат с клавиатуры (с помощью задания координат узлов объекта)

Для того, чтобы приступить к этому методу создания объекта необходимо проделать те же операции, что и для предшествующего:

Активизируйте карту, а затем слой



В  
, из появив

Выберите из панели управления главного окна программы пиктограмму  
 **Перейдите в окно Координаты.**

□ В таблице с полями №, для координат X и Y, система сама следит за Вашими действиями и проставляет значения.

Слой		Координаты		
№		X	Y	Кривизна
1	■	9467.9200	7524.8600	
2	↓	9467.9200	7573.8200	
3	↓	9453.4900	7573.8200	
4	↓	9453.4900	7524.8600	
5	↓	9467.9200	7524.8600	

Команда
Прямая
Способ задания
Координаты
Координаты
X 9555.1180 Y 7939.1861
<input type="button" value="Создать"/>

Команда
Переход
Переход
Прямая
Дуга
Замкнуть прямой
Замкнуть дугой

□ В поле Команда находится список команд, из которого надо выбрать наиболее подходящую при создании объекта. По умолчанию стоит Переход. При создании объекта, например здания, в этом поле система проставляет команду Прямая. После того, как Вы закончите ввод координат вершин здания, надо выбрать команду Замкнуть прямой.

□ В поле Способ задания выберите, с помощью каких параметров Вы будете задавать значения X и Y, например Координаты.

Способ задания
Координаты
Координаты
Азимут и расстояние
Угол и расстояние

Способ задания
Координаты
Координаты
X Y

□ Введите значения X и Y (в единицах измерения длин на территории, — т.е. метрах). После ввода значений каждой вершины нажимайте *Enter* или кнопку .

□ При выборе Способа задания «По азимуту и расстоянию», Вам необходимо ввести начальную точку, азимут и расстояние (от начальной точки до следующей).

Способ задания :

По азимуту и расстоянию

Начальная точка :

X : 5741,3388 Y : 8584,6291

Азимут : 115°42'36"

Расстояние : 13,4886

- Когда все значения введены, из поля Команда выберите Замкнуть прямой.

Команда

Прямая

Переход

Прямая

Дуга

Замкнуть прямой

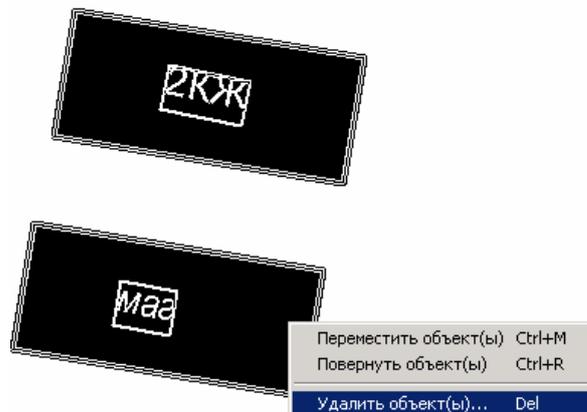
Замкнуть дугой

- После того, как Вы закончили ввод необходимых параметров, выберите клавишу «Создать», и на экране появится созданный Вами объект.
- В окне Вид вызовите контекстное меню и выберите команду Выйти из режимасоздания. Курсор примет форму стрелки.

#### Удаление объекта

Чтобы удалить объект(ы):

- Выделите объект или объекты одним из описанных ранее способов.
- Нажмите *Del* или выберите на панели инструментов главного окна программы иконку  .
- Подтвердить удаление
- Другой способ — вызвать контекстное меню щелчком правой кнопки мыши по выделенному объект(у)ам и выбрать из него Удалить объекты. Подтвердить удаление.



**Форма предоставления результата:** ссылка на карту

**Критерии оценки:** логичность представленного материала, рациональность выбранной структуры работы, аккуратность, наглядность, характеристика в соответствии с рекомендациями.

- «Отлично» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, умения сформированы, выполнена схема, отражающая все требования.

- «Хорошо» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые умения сформированы недостаточно, составленная схема содержит неточности.

- «Удовлетворительно» - теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые умения работы с освоенным материалом в основном сформированы, выполненная структура содержит неточности.

- «Неудовлетворительно» - теоретическое содержание курса не освоено, необходимые умения не сформированы, выполненное задание содержит грубые ошибки.