

**В. Н. ИЛЬИН  
И В. НИКОНОВА**

**КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ И ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ  
СОПРОВОЖДЕНИЕ  
ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИХ  
И ЛАНДШАФТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**



**В. Н. Ильин, И. В. Никонорова**

**КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ И ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ  
СОПРОВОЖДЕНИЕ ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИХ  
И ЛАНДШАФТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Практикум

Чебоксары  
Издательский дом «Среда»  
2025

УДК 911.9  
ББК 26.1я7  
И46

***Авторы:***

*В. Н. Ильин, И. В. Никонорова*

***Рецензенты:***

канд. геогр. наук, доцент, заведующий кафедрой  
природопользования и геоэкологии ФГБОУ ВО «Чувашский  
государственный университет им. И.Н. Ульянова»

*О. Е. Гаврилов;*

канд. геогр. наук, начальник Чувашского центра  
по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды  
филиала ФГБУ «Верхне-Волжское управление по гидрометеорологии  
и мониторингу окружающей среды»

*С. С. Максимов*

**Ильин В. Н., Никонорова И. В.**

**И46      Картографическое и геодезическое сопровождение  
физико-географических и ландшафтных исследований :  
практикум / В. Н. Ильин, И. В. Никонорова. – Чебоксары: Среда,  
2025. – 76 с.**

**ISBN 978-5-907965-49-2**

Приведены задания, лабораторные, графический материал в виде таблиц и карт, список рекомендуемой и использованной литературы. Для студентов 1–4 курсов очной и очно-заочной форм обучения направлений подготовки 05.03.02 География и 21.03.02 Землеустройство и кадастры.

УДК 911.9  
ББК 26.1я7

ISBN 978-5-907965-49-2  
DOI 10.31483/a-10735

© Ильин В. Н., Никонорова И. В., 2025  
© ИД «Среда», оформление, 2025

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Общие сведения .....	4
Тема 1. Форма и строение Земли .....	5
Тема 2. Типы и назначение карт .....	7
Тема 3. Масштабы карт .....	10
Тема 4. Основы ориентирования .....	12
Тема 5. Номенклатура карт .....	14
Тема 6. Условные обозначения на топографических картах .....	16
Тема 7. Определение площади земельного участка .....	20
Тема 8. Нивелирование поверхности .....	22
Тема 9. Обработка журнала полевого нивелирования .....	24
Тема 10. Вертикальная планировка участка .....	30
Тема 11. Обработка результатов теодолитной съемки .....	37
Тема 12. Теодолитная съемка .....	41
Тема 13. Обратная геодезическая задача .....	45
Тема 14. Составление ситуационного плана .....	47
Тема 15. Элементы продольного профиля автомобильной дороги ...	49
Тема 17. Теория погрешностей измерений .....	56
Контрольно-измерительные материалы для оценки знаний .....	60
Примерный перечень вопросов к экзамену .....	66
Глоссарий .....	69
Приложение .....	70
Список использованных источников .....	72

### **Общие сведения**

Практикум «Картографическое и геодезическое сопровождение физико-географических и ландшафтных исследований» предназначен для студентов очной и заочной формы обучения по направлениям подготовки 05.03.02 География и 21.03.02 Землеустройство и кадастры.

Задачи курса – сформировать и развить у обучающихся навыки инструментальных физико-географических и ландшафтных исследований, описать основные виды полевых и камеральных работ, в том числе, с использованием геодезического оборудования. Научить работать с топографическими планами и картам. Привить навыки создания картографического материала. Объяснить принципы и особенности работы с геодезическими приборами.

Физико-географические исследования базируются на использовании картографического материала различных масштабов: крупномасштабные ландшафтные карты, обзорные мелкомасштабные карты, профили и схемы. Именно поэтому необходимо развитие навыков по чтению, интерпретации, созданию картографического материала. Лабораторные занятия способствуют углублению и закреплению знаний, полученных на лекциях, подготавливает к будущей работе в профильных предприятиях по направлению «География» и «Кадастровая деятельность». Поэтому при освоении учебного материала основное внимание должно быть сосредоточено на составе и содержании инженерно-геодезических работ и технологии их выполнения.

Для закрепления знаний и приобретения дополнительных сведений для качественного выполнения лабораторных работ предусматривается самостоятельное изучение теоретического материала по рекомендованной учебно-методической литературе.

Необходимое оборудование на занятиях:

- 1) миллиметровая бумага.
- 2) чертежные принадлежности.

## Тема 1. Форма и строение Земли

**Задание 1.** Начертите в масштабе в 1 см 500 км или в 1 см 250 км схематический вертикальный разрез геосфер Земли в виде сектора круга с одной вертикальной линией справа. Внутренние и внешние геосферы закрасьте следующим образом: ядро – коричневым цветом, мантия – красным, земная кора – желтым, гидросфера – синим, атмосфера – голубым, биосфера – зеленым. Выделите слева на рисунке положение географической оболочки с помощью фигурной скобки. Границы скобки должны соответствовать границам географической оболочки.

Мощность ядра – 6371 км: внутреннее ядро – 5120–6371 км, переходная зона – 4980–5120 км, внешнее ядро – 2900–4980 км.

Мантия. Нижняя мантия – 1000–2900 км. Средняя мантия (слой Голицына) – 410–1000 км. Верхняя мантия – 400 км. Слой Гутенберга (астеносфера) – 33–410 км.

Литосфера – 10–70 км.

Атмосфера. Тропосфера – 8–17 км. Стратосфера – от 8–17 до 46–55 км. Мезосфера – от 46–55 до 80–85 км. Термосфера – от 80–85 до 600–800 км. Экзосфера – выше 800 км.

Земная корона и магнитосфера – 2000–3000 км

**Задание 2.** Постройте график зависимости дальности видимого горизонта от высоты места наблюдения над поверхностью Земли, используя табл. 1. При построении графика высота места наблюдения откладывается по оси абсцисс, а дальность видимого горизонта – по оси ординат. Горизонтальный масштаб 1:100000, вертикальный – 1:4 000000.

**Задание 3.** Определите географическую долготу пунктов из табл. 2, если известны солнечное время  $T$  Гринвичского меридиана и местное солнечное время в нём  $t$ .

Пример решения. Даны солнечное время Гринвичского меридиана  $T$  равно 00 ч. 00 мин; местное время  $t$  равно 09 ч. 40 мин. Решение: 1) За 1 час Земля поворачивается на  $15^\circ$  вокруг своей оси ( $360^\circ/24 \text{ ч} = 15^\circ$ ). 40 минут =  $2/3$  ч. Разница во времени между указанным пунктом и Гринвичским меридианом составляет 9 ч. 40 мин. – 0 ч. 00 мин. = 9 ч 40 мин. Таким образом, разница по географической долготе равна:  $9 \times 15^\circ + 15^\circ \times 2/3 = 145^\circ$ ; 2) Так как время в указанном пункте больше времени на Гринвичском меридиане, значит, указанный пункт находится в Восточном полушарии, т. е. имеет восточную долготу; 3) Верный ответ:  $145^\circ$  в. д.

# Картографическое и геодезическое сопровождение физико-географических и ландшафтных исследований

Таблица 1

Изменение дальности видимого горизонта  
в зависимости от высоты места наблюдения

Высота места наблюдения, м	Дальность видимого горизонта, км
1	3,8
10	12,1
50	27,1
100	38,3
500	85,6
1 000	121,0
3 000	210,0
5 000	271,0
10 000	383,0

Таблица 2

Гринвичское и местное время

№	Время по Гринвичскому меридиану (Т)		Местное солнечное время (t)	
	Часы	Минуты	Часы	Минуты
1.	00	00	19	40
2.	12	00	15	20
3.	00	00	22	40
4.	00	00	01	20
5.	15	00	20	40
6.	09	20	02	40
7.	06	15	15	35
8.	15	20	06	40
9.	14	00	18	20
10.	12	00	05	40
11.	23	35	17	15
12.	00	00	13	20
13.	03	20	13	40
14.	12	00	02	40
15.	00	00	21	40
16.	20	00	18	40
17.	12	00	04	20
18.	00	00	18	20
19.	19	50	17	30
20.	12	00	10	40
21.	01	15	03	45
22.	02	20	20	40
23.	04	30	16	00
24.	05	45	14	15
25.	07	00	23	30
Пример	00	00	09	40

## Тема 2. Типы и назначение карт

**Задание 1.** Распределить масштабы карт на мелкомасштабные, среднемасштабные, крупномасштабные: 1:100000, 1:5000000, 1:200000, 1:10000, 1:25000, 1:700000, 1:25000, 1:50000, 1:300000, 1:500000, 1:25000000.

**Задание 2.** Распределить типы карт по содержанию на общегеографические, топографические, тематические, специализированные: земельного кадастра, топографический план, геологическая, лоцманская, физико-географическая, населения, социально-экономическая, почвенная, подземных коммуникаций, экологическая.

**Задание 3.** Сопоставить карты разного назначения для территории южной Сибири и отметить на них различные проявления картографической генерализации.

Методические рекомендации:

1. Ознакомиться с двумя картами одной и той же территории и одного или близких масштабов.

2. Обратить внимание на извилистость рек и наличие притоков, на число населенных пунктов, дорог, других элементов местности, а также на способы отображения информации. Задание выполнить в виде табл. 3.

Таблица 3

Сравнительная характеристика карт

Назначение и элементы карты	Карта 1	Карта 2
Назначение		
Масштаб		
Проекция		
Частота географической сетки		
Географическая основа: реки, населенные пункты, пути сообщения, рельеф, границы		
Тематическое содержание: классификация основного явления (принцип выделения) число градаций по элементам способы отображения по элементам		



3. Сделать вывод о проявлениях картографической генерализации: конкретизировать разницу между картами и указать причину ее возникновения (указать какие виды генерализации были применены при составлении данных карт на конкретных примерах). Проявления (виды) картографической генерализации могут быть следующими:

- обобщение качественных характеристик;
- обобщение количественных характеристик;
- упрощение плановых очертаний площадных и линейных объектов;
- объединение контуров (выделов);
- исключение мелких и второстепенных объектов;
- изображение некоторых важных объектов с преувеличением;
- изменение способов изображения (например, переход от качественного фона к значкам, замена значков ареалами и другие).

**Задание 4.** Изучить тематические карты и определить способы изображения объектов и явлений. Задание выполнить в виде табл. 4.

Таблица 4

Анализ тематических карт

Название карты	Способ изображения объектов	Качественная и количественная характеристика объектов	Способ изображения явлений	Качественная и количественная характеристика явлений

Методические рекомендации.

1. Для определения способов картографирования выяснить:
  - а) какие объекты и явления изображены на карте;
  - б) определить качественные и (или) количественные характеристики явлений и указать, в чем они выражаются (в каких категориях, показателях);
  - в) отразить оформительские приемы, использованные для каждого способа картографирования.

2. Заполнить таблицу, причем по каждой карте нужно определить максимальное количество используемых способов картографического изображения.

**Задание 5.** Изучите интерфейс карты Google, Яндекс карты, Open Street Maps, 2ГИС и дайте сравнительную характеристику каждому сервису.

Методические рекомендации: заполните табл. 5 и сравните основные сервисы, предоставляемые разработчиками онлайн карт. Таблицу следует заполнять, проанализировав каждую онлайн карту и подписать «есть», если сервис поддерживается или «нет», если сервис не поддерживается.

Таблица 5

Сравнительная характеристика онлайн карт

Характеристика онлайн карт	Google	Яндекс	Open Street Maps	2ГИС
Сервис поиска				
Сервис определения расстояния				
Снимки со спутника				
Информация о маршрутах городского транспорта				
Сервис «народная карта»				
Другие сервисы				

### **Тема 3. Масштабы карт**

**Задание 1.** Найти именованные масштабы для численных: 1:100, 1:500, 1:1000, 1:3300, 1:5000, 1:10000, 1:25000, 1:50000, 1:100000, 1:200000, 1:300000, 1:500000, 1:1000000.

**Задание 2.** Найти численные масштабы для следующих именованных: в 1 см – 1 м, в 1 см – 5 м, в 1 см – 10 м, в 1 см – 50 м, в 1 см – 100 м, в 1 см – 20 м, в 1 см – 250 м, в 1 см – 2 км, в 1 см – 500 м, в 1 см – 1 км, в 1 см – 5 км.

**Задание 3.** Определите, чему равны расстояние на местности, если:

1. На карте масштаба 1:10000 они следующие: 1,15 см; 3,85 см; 10,51 см; 11,8 мм; 85,62 мм;

2. На карте масштаба 1:500000 они следующие: 2,8 мм; 15,9 мм; 8,9 см; 16,5 см; 1,9 см.

**Задание 4.** Даны горизонтальные проекции длин линий на местности: 500 м; 1185 м; 2,95 км. Определить их длины на картах следующих масштабов: 1:10000, 1:50000, 1:100000.

**Задание 5.** Определить предельную точность следующих масштабов: 1:100, 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000, 1:10000, 1:25000, 1:100000, 1:200000, 1:500000, 1:1000000.

**Задание 6.** Определить масштабы карт, если предельная точность равна: 1 м; 5 м; 20 м; 10 м; 2,5 м; 5 км.

**Задание 7.** Определить масштаб площади для карт следующих масштабов 1:100, 1:2000, 1:10000, 1:100000, 1:200000, 1:25000, 1:500, 1:5000, 1:50000, 1:500000, 1:1000000.

**Задание 8.** Чему равна площадь объектов, если по карте масштаба 1:10000 они равны: 15 см<sup>2</sup>, 15 мм<sup>2</sup>, 30 мм<sup>2</sup>, 3 см<sup>2</sup>; масштаба 1:25000: 20 см<sup>2</sup>, 20 мм<sup>2</sup>, 40 мм<sup>2</sup>, 4 см<sup>2</sup>; масштаба 1:50000: 10 см<sup>2</sup>, 10 мм<sup>2</sup>, 50 мм<sup>2</sup>, 5 см<sup>2</sup>.

**Задание 9.**

А) Территория луга на карте масштаба 1:10000 имеет прямоугольную форму, длины сторон равны 10 см, 4 см. Определить площадь луга в гектарах.

Б) Участок леса на карте масштаба 1:50000 имеет форму трапеции со сторонами: высоты 30 мм, верхнее основание 40 мм, нижнее

основание 50 мм. Определить площадь леса и изобразить этот участок в масштабе 1:10000.

**Задание 10.**

А) Участок леса на местности имеет форму трапеции со сторонами: высота – 4 км, верхнее основание – 5 км, нижнее основание – 8 км. Определить площадь леса в гектарах и изобразить этот участок в масштабах 1:100000, 1:200000.

Б) Участок сада местности имеет форму равнобедренного треугольника с длиной высоты 300 м, основание – 200 м. Определить его площадь в гектарах и изобразить этот участок в масштабах 1:5000, 1:10000.

**Задание 11.** Определить масштаб длин, если масштаб площадей следующий: в  $1 \text{ см}^2 - 1 \text{ га}$ ; в  $1 \text{ см}^2 - 4 \text{ км}^2$ ; в  $1 \text{ см}^2 - 1 \text{ км}^2$ ; в  $1 \text{ см}^2 - 6,25 \text{ га}^2$ ; в  $1 \text{ см}^2 - 25 \text{ га}$ ; в  $1 \text{ см}^2 - 10000 \text{ м}^2$ ; в  $1 \text{ см}^2 - 100 \text{ м}^2$ ; в  $1 \text{ см}^2 - 100 \text{ км}^2$ .

#### **Тема 4. Основы ориентирования**

**Задание 1.** Вычислить обратные азимуты по данным прямым азимутам, без учёта сближения меридианов. Прямые азимуты:  $36^\circ$ ,  $115^\circ$ ,  $290^\circ$ ,  $200^\circ$ ,  $75^\circ$ ,  $165^\circ$ ,  $240^\circ$ ,  $320^\circ$ .

**Задание 2.** Вычислить обратные истинные азимуты по данным прямым магнитным азимутам с учетом сближения меридианов и магнитного склонения. Прямые азимуты:  $8^\circ$ ,  $102^\circ$ ,  $211^\circ$ ,  $300^\circ$ . Сближение меридианов восточное –  $0^\circ 2'$ . Магнитное склонение на 2020 год – западное –  $0^\circ 4'$ . Ежегодное изменение магнитного склонения западное –  $0^\circ 1'$ .

**Задание 3.** Вычислить истинный азимут по данным дирекционного угла и сближения меридианов. Дирекционные углы –  $212^\circ$ ,  $56^\circ$ ,  $355^\circ$ . Сближение меридианов восточное –  $0^\circ 3'$ . Магнитное склонение на 2018 год – восточное –  $0^\circ 5'$ . Ежегодное изменение магнитного склонения восточное –  $0^\circ 1'$ .

**Задание 4.** Вычислить магнитные азимуты направлений, если известны истинные азимуты и магнитные склонения. Истинные азимуты –  $56^\circ$ ,  $84^\circ$ ,  $111^\circ$ . Сближение меридианов западное –  $0^\circ 4'$ . Магнитное склонение на 2010 год – западное –  $0^\circ 6'$ . Ежегодное изменение магнитного склонения западное –  $0^\circ 2'$ .

**Задание 5.** Вычислить магнитные азимуты направлений, если известны дирекционные углы, сближения меридианов и магнитные склонения. Дирекционные углы –  $118^\circ$ ,  $299^\circ$ ,  $359^\circ$ . Сближение меридианов восточное –  $0^\circ 4'$ . Магнитное склонение на 2022 год – западное –  $0^\circ 6'$ . Ежегодное изменение магнитного склонения западное –  $0^\circ 1'$ .

**Задание 6.** Вычислить азимуты направлений по их румбам:  $55^\circ$ ,  $120^\circ$ ,  $200^\circ$ ,  $300^\circ$ ,  $75^\circ$ ,  $170^\circ$ ,  $260^\circ$ ,  $340^\circ$ .

**Задание 7.** По учебной топографической карте У- 34-37 масштаба 1: 100000 проложить ход по известным дирекционным углам и расстояниям от точки с высотой 193,5 м в кв. 80\*24 (табл. 6). Определить географические и прямоугольные координаты искомых точек.

Таблица 6

Исходные данные

Вариант	1		2		3	
Стороны хода	$\alpha$ ( ° ' )	d(м)	$\alpha$ ( ° ' )	d(м)	$\alpha$ ( ° ' )	d (м)
193,5-X1	118°00'	5300	6°30'	5830	233°00'	7000
X1-X2	200°00'	6200	53°00'	6800	314°00'	6540
X2-X3	236°00'	7220	131°30'	6200	47°00'	6490
X3-X4	316°30'	7500	164°00'	5450	71°00'	7550
X4-X5	339°00'	5500	216°00'	5000	115°00'	7300
X5-X6	61°30'	6740	256°30'	8250	208°00'	7450
X6-X7	103°30'	5050	348°00'	5570	298°00'	5300

Методические рекомендации: точки хода должны проходить через пункты государственной геодезической сети. Ход должен замкнуться.

## **Тема 5. Номенклатура карт**

**Задание 1.** Определить масштаб карты, если размеры рамок листов по широте и долготе следующие:

Широта 0 10, 0 40, 0 05, 0 20, 4 00, 0 025, 2 00, 1 20. Долгота 0 15, 1 00, 0 075, 0 30, 6 00, 0 0375, 3 00, 2 00.

**Задание 2.** Определить масштабы карт по их номенклатуре: А-15, 0-36-90, К-48-В, N-30-60-А, М-40-10-Б-б, К-35-124-А-6-3, В-38-XXXI, VIII-А-59

**Задание 3.** Найти номенклатуру листов карты масштаба 1:1000000, соприкасающихся по сторонам и углам с листами: 0-42, Р-45, К-41, N-44,1-22, Q-56, М-36, 0-37.

**Задание 4.** Найти номенклатуру листов карты масштаба 1:100000, соприкасающихся с листами: 0-40-90, 0-38-12, Р-45-133, Р -55-48-В, К-41-А, Р-39-48-Г-Г- 4, М-35-І-А-а.

Методические указания: Например, определить номенклатуру листов масштаба 1:100000, соседних с листом 0-41-1. Воспользуемся рис.1. Из рисунка видно, что лист 1 находится в первом ряду листа О-41 и на этом листе соприкасается с листами О-41-2,13,14. Кроме того, с ним граничат еще 5 листов масштаба 1:100000, принадлежащих к трём другим листам карты масштаба 1:1000000, а именно О-40, Р-40, Р-41. На листе О-40 это будут листы О-40-12, О-40-24, на листе Р-40 это будет лист Р-40-144, на листе Р-41 это будут листы Р- 41-133, Р-41-134. Ниже представлена схема расположения листов масштаба 1:1000000.

**Задание 5.** Определить координаты рамок листов по его номенклатуре из табл. 7.

Таблица 7

Номенклатура карт

№ варианта	1 лист	2 лист
1	0-52-Х	К-43-33-А-а
2	Р-52-Б	К-42-140-А-а
3	М-40-Г	N-37-133-В-В
4	Р-38-XXV	К-38-125-Б
5	V-N-52	Г-45-15-А-В-1
6	К-41-140	0-48-120-В
7	М-36-29-Б	М-37-19-А-6-1
8	Р-50-А	Г-51-18-Б-В
9	Р-46-Х	Р-52-83-А-6
10	Q-43-А	Q-44-105-В-а

Координаты вершин полученной трапеции: широта южной параллели  $43^{\circ}30'$  с.ш., северной –  $43^{\circ}40'$ , долгота западного меридиана –  $62^{\circ}30'$  в.д., восточного –  $62^{\circ}45'$ . Масштаб данной трапеции – 1:50000.

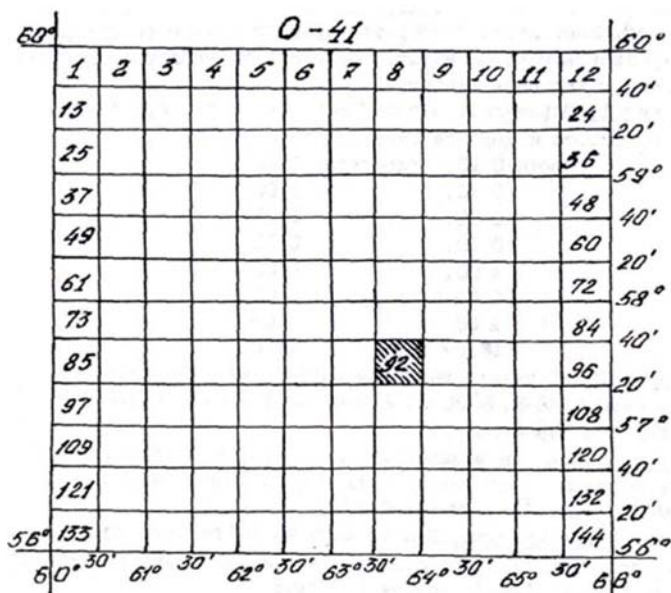


Рис. 1. Номенклатура листа карты масштаба 1:100000 О-41-92



## **Тема 6. Условные обозначения на топографических картах**

**Задание 1.** Пользуясь учебными топографическими картами, выделить и переписать основные группы условных знаков в тетрадь.

**Задание 2.** Перечертить в тетрадь по 4 вида из каждой группы условных знаков.

**Задание 3.** Определить максимальную и минимальную отметки рельефа карты. Указать их местоположение. Вычислить прямоугольные и географические координаты этих точек.

**Задание 4.** Применяя метод интерполяции, вычислить абсолютные отметки трех произвольных точек на пересечении километровой сетки топографической карты.

**Задание 5.** Вычислить крутизну склона на произвольном участке карты. Построить профиль рельефа между двумя горными вершинами. Вертикальный и горизонтальный масштабы выбрать произвольно.

**Задание 6.** Применяя условные топографические условные знаки нарисовать: котловину глубиной 200 м (отметка дна – 124 м); холм высотой 156 м (отметка подошвы – 110 м); хребет с тремя вершинами, вытянутый с севера на юг (абсолютные отметки выбрать произвольно); остров в море с абсолютной отметкой 120 м (западный берег сделать крутым, восточный – пологим); овраг, вершина которого направлена на северо-восток. Задание выполняется с применением горизонталей и берг-штрихов. Масштаб и шаг горизонталей выбирается произвольно.

**Задание 7.** Вычертить условными знаками в масштабе 1:10000 участок местности по следующим описаниям.

А) Грунтовая улучшенная дорога шириной 6 м тянется с севера на юг, вдоль нее расположены километровые столбы и линии связи. С этой дорогой перекрещивается грунтовая дорога, идущая по азимуту  $40^\circ$ . В 200 м к западу от перекрестка дорог находятся опушка смешанного леса – ели, березы (высоты 15 м, диаметр стволов деревьев – 30 см, расстояние между деревьями 3 м) и дом лесника. От дома лесника к перекрестку грунтовых дорог ведет полевая дорога.

Б) Участок кустарника прямоугольной формы 300\*200 м, вытянутый с запада на восток, расположен на левом берегу реки. Река шириной 80 м, глубиной 1,2 м, со скоростью течения 0,1 м/сек протекает с востока на запад. На другом берегу реки напротив участка

кустарника находится огород 350\*150 м, обнесенный плетнем. Огород вытянут с севера на юг.

В) Шоссе шириной 12 м, покрытое булыжником, тянется с запада на восток, имеет деревянный мост через судоходную р. Пажа. Длина моста 150 м, грузоподъемность 10 т. На восточном берегу р. Пажа, в 300 м. южнее моста, лежит селение Синьково – 502 двора со зданием администрации муниципального образования, электростанцией на южной окраине. Через Синьково с севера на юг проходит бетонное шоссе общей шириной 12 м, покрытая часть 8 м.

Г) С севера на юг течет р. Талая шириной 12 м, со скоростью течения 0,2 м/сек. Через реку имеется брод глубиной 1 м с твердым грунтом, от брода на восток и запад идет грунтовая дорога. Около брода на правом берегу отдельный двор, на восточном берегу – кустарник, на западном – редколесье по вырубке.

Д) Населенный пункт Ивановское в 85 дворов протягивается с севера на юг на 500 м, а с запада на восток на 200 м, имеет одну продольную и две поперечные улицы. На западной окраине населенного пункта находится церковь, на южной окраине – школа и памятник. В Ивановское с севера подходит улучшенная грунтовая дорога шириной 6 м с линией связи и километровыми столбами, на восток отходит полевая дорога.

**Задание 8.** Вычертить условными знаками для карты масштаба 1: 25000.

А) Автомагистраль, электрифицированную железную дорогу, брод глубиной 0,5 м, грунт твердый, электростанцию, школу, больницу, колодец, ветряную мельницу, отдельное дерево, памятник, силосную башню, курган.

Б) Сарай, элеватор, фабрику с трубой, полевую дорогу, указатель дорог, деревянный мост шириной 6 м, длиной 50 м, грузоподъемностью 5 т, лесничество, деревянную плотину на реке, двухпутную железную дорогу со станцией.

В) Отдельный двор, лодочный перевоз, металлический мост шириной 13 м, длиной 120 м, грузоподъемностью 10 т; радиостанцию, тригонометрический пункт, метеостанцию, асфальтированное шоссе шириной 10 м, покрытая часть – 6 м; колодец, ключ, заграждение из колючей проволоки, грунтовую дорогу, водонапорную башню.

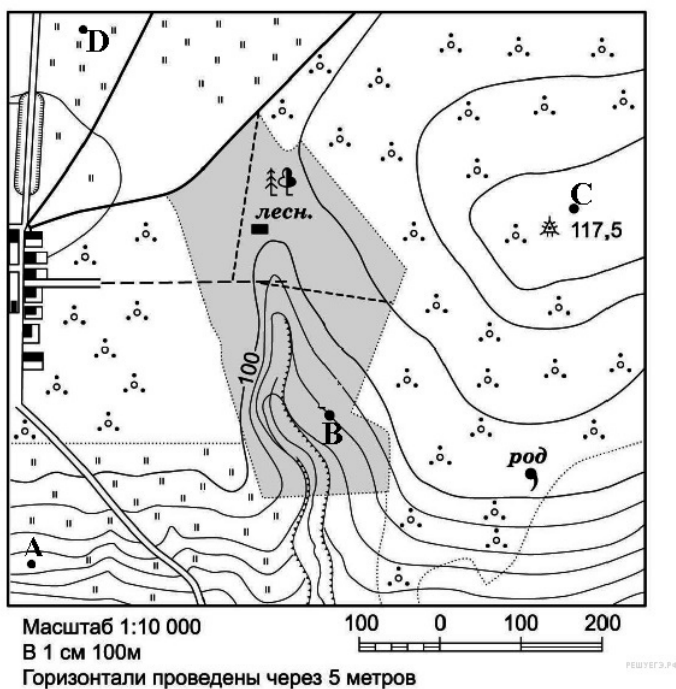
**Задание 9.** Построить поперечный профиль по линии ABCD или DCBA в зависимости от варианта (рис. 2). Профиль строится на миллиметровой бумаге. Горизонтальный масштаб выбирается произвольно.

Рекомендуемый вертикальный масштаб – в 1 см 10 м. Линия поверхности профиля соединяется прямыми отрезками. Под профилем необходимо разместить дополнительные строки:

- 1) уклоны в промилле между каждой горизонталью;
- 2) горизонтальное проложение (в метрах);

3) ситуация по 100 м по обе стороны. В графе «План местности» показать ситуацию (изображение рельефа горизонталями не показывать). Для этого на карте наметить прямоугольник, границы которого расположить на расстоянии 1 см по обе стороны линии ABCD или DCBA, пользуясь измерителем перенести контуры ситуации в графу «План местности».

Пример оформления фрагмента профиля представлен на рис. 3.



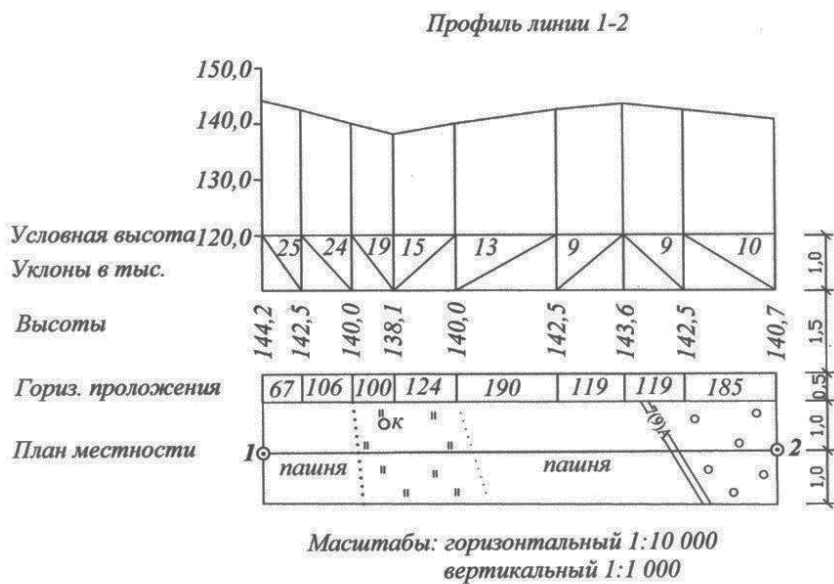


Рис. 3. Пример оформления профиля

## Тема 7. Определение площади земельного участка

**Задание 1.** В табл. 8 представлены координаты земельного участка. Необходимо определить площадь участка. Работа выполняется по вариантам: вместо звездочек в таблице нужно вставить свой списочный порядковый номер.

Таблица 8

Координаты поворотных точек участка

Номер вершины, $i$	Координаты	
	$X$	$Y$
1	4371,67	6817,21
2	4162,59	6307,84
3	4287,15	6102,19
4	4501,02	61**,14
5	4568,77	6501,65
6	4781,42	6908,02

Определение площади участка осуществляется 3 способами.

А) Определение площади картографическим способом.

Для этого обучающиеся должны обозначить вершины участка в географической информационной системе (ГИС) «Аксиома». В ГИС «Аксиома» создается «Новая таблица», в которой прописывается проекция «План-схема»-«План-схема-метры». На созданном слое последовательно создаются точки («Символы»), у которых заменяются координаты согласно табл. 3. После создания всех шести вершин участка символы соединятся инструментом «Полигон». Впоследствии выписывается площадь участка.

Б) Определение площади участка при помощи формулы Герона.

Площадь отображенного на плане или карте многоугольника (полигона) определяют по частям путем его деления на треугольники. Для этого выделенный в предыдущем способе участок в ГИС «Аксиома» делится на треугольники. Для вычислений выписываются длины сторон треугольников.

Сначала вычисляется полупериметр треугольника:

$$p = \frac{a+b+c}{2}, \quad (1)$$

где  $p$  – полупериметр треугольника;  $a$ ,  $b$ ,  $c$  – длины сторон треугольников.

В последствии – площадь самого треугольника:

$$S = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}, \quad (2)$$

где  $S$  – площадь треугольника;  $p$  – полупериметр;  $a, b, c$  – длины сторон треугольников.

Сумма площадей треугольников составит искомую площадь земельного участка.

В) Аналитический способ вычисления площади полигона по координатам его вершин представлен формулами 3 и 4:

$$S = 0,5 * \sum X_i * (Y_{i+1} - Y_{i-1}), \quad (3)$$

или

$$S = 0,5 \cdot \sum Y_i \cdot (X_{i+1} - X_{i-1}), \quad (4)$$

где  $i$  – порядковый номер вершины ( $X, Y$ );  $X, Y$  – координаты вершин из табл. 3.

Правильность выполнения задания определяется сопоставлением площадей участков, полученных всеми тремя способами. Если ответы совпадают, задание выполнено правильно.

## **Тема 8. Нивелирование поверхности**

**Задание 1.** Выполнить поверки нивелиров.

В нивелирах проверяют и при необходимости исправляют установку круглого уровня и сетки нитей, а также соблюдение основного условия геометрического нивелирования. Ось круглого уровня должна быть параллельна оси нивелира; проверяют и исправляют так же, как и цилиндрический уровень теодолита. Вертикальная нить сетки должна лежать в отвесной плоскости; выполняют так же, как и соответствующую поверку теодолита.

Основное условие геометрического нивелирования состоит в том, что визирная ось зрительной трубы должна быть горизонтальна, а в нивелирах с цилиндрическими уровнями, кроме того, и параллельна оси уровня. Для проверки этого условия на ровном участке местности откладывают отрезок 50 м. На концах линии забивают колышки. Над одним из них устанавливают нивелир, причем так, чтобы окуляр проектировался на центр колышка, а над другим – нивелирную рейку. После того как нивелир приведен в рабочее положение, делают отсчет  $a_1$  по рейке и рулеткой или рейкой измеряют высоту нивелира  $i_1$ . Затем нивелир и рейку меняют местами и получают соответствующие значения  $a_2$  и  $i_2$ . Погрешность из-за не параллельности визирной оси и оси уровня ( $X$ ) вычисляют по формуле 5:

$$X = (a_1 + a_2) \div 2 - (i_1 + i_2), \quad (5)$$

где  $X$  – погрешность не параллельности визирной оси,  $a_1$ ,  $a_2$  – отсчеты по рейке;  $i_1$ ,  $i_2$  – высота нивелира.

Если  $X$  больше 4 мм, то вносят исправление. Для этого, вращая специальный элевационный винт, устанавливают на рейке верный отсчет  $a_2' = a_2 - X$ . Ослабив боковые винты, совмещают концы пузырька с помощью вертикальных исправительных винтов уровня.

**Задание 2.** Выполнить геометрическое нивелирование точек местности методом «из середины». Перед началом работы требуется ознакомиться с конструктивными особенностями нивелира. Подготавливается полевой журнал для геометрического нивелирования. Примерно в середине между двумя точками, из которых одна называется задняя, другая передняя, устанавливается нивелир. Прибор приводится в рабочее положение. Нивелирование выполняется с трёх станций. На точках устанавливаются нивелирные рейки. Отсчёт

сначала берётся по рейке, установленной на задней точке (репер с известной отметкой), затем по рейке, расположенной на передней точке. Вычисляется превышение как разность отсчёта по задней рейке минус отсчёт по передней рейке. Высота (отметка) передней точки рассчитывается по формуле: к отметке задней точки (репер с известной высотой) прибавляется превышение. Все измерения и расчёты записываются в полевой журнал. Выполняется постраничный контроль результатов нивелирования.

**Задание 3.** Выполнить геометрическое нивелирование точек местности методом «вперёд». Перед началом работы требуется ознакомиться с конструктивными особенностями нивелира. Подготавливается полевой журнал для геометрического нивелирования методом «вперёд». На исходной точке (репер) с известной высотой устанавливается нивелир, так чтобы окуляр прибора находился точно над точкой. Приводится в рабочее положение. Подготавливается полевой журнал для геометрического нивелирования методом «вперёд». Измеряется высота прибора (расстояние от центра окуляра до точки). Высота исходной точки (репера) известна. Сложив высоту исходной точки и высоту прибора, находят параметр - горизонт прибора. На передней точке устанавливается нивелирная рейка. По ней берут отсчёт при горизонтальном положении луча визирования. Превышение точек местности вычисляют как разность между высотой прибора и отсчётом по передней рейке. Высота передней точки рассчитывается по формуле: горизонт прибора минус отсчёт по рейке. При выполнении нивелирования прибор устанавливается на трёх станциях. Все измерения и расчёты записываются в полевой журнал. Выполняется постраничный контроль результатов нивелирования.

Методические указания: геометрическое нивелирование выполняется приборами: Н-3 или CONDROL 24X. Полевые журналы каждого из заданий должны содержать не менее 15 станций.



## **Тема 9. Обработка журнала полевого нивелирования**

**Задание 1.** Обработать данные журнала нивелирования. На равнинный участок местности площадью около 5 га требуется составить топографический план в масштабе 1: 2000 с высотой сечения рельефа 0,5 м. Для этого на местности при помощи теодолита и ленты построена сеть квадратов (рис. 4) со сторонами 40 м.

В целях получения абсолютных высот точек произведена передача высоты с пункта государственной нивелирной сети (репер № 12) на одну из вершин квадрата (точка А). Результаты измерений приведены в журнале нивелирования ходов (табл. 9). Границы нивелирования со станций показаны штриховыми линиями на рис. 4.

После этого произведено техническое нивелирование вершин квадратов и дополнительных характерных точек рельефа с трех станций.

Все отсчеты по рейке записаны на полевую схему (рис. 4) около вершин квадратов и дополнительных точек. На связующие точки, обозначенные на рисунке кружком, сделаны по два отсчета с двух смежных станций. Эти отсчеты позволяют контролировать наблюдения на связующие точки по формуле: суммы накрест лежащих отсчетов должны быть равны или отличаться одна от другой не более чем на 5 мм.

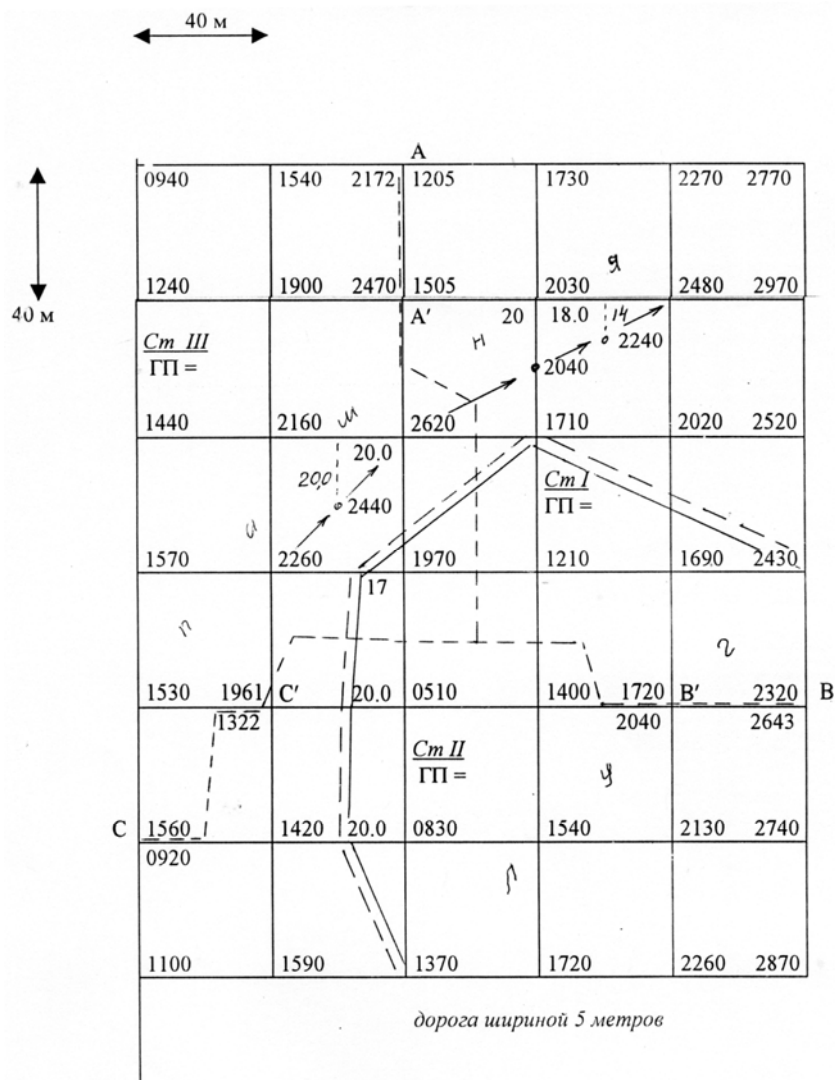


Рис. 4. Сеть квадратов для нивелирования

Таблица 9

Передача высоты с репера 12 на точку А

№	№ точек и расстояния, м	Отсчеты по рейке		Превышения (h), мм	Средние превышения (h <sub>ср</sub> ), мм
		Задний (з), мм	Передний (п), мм		
Прямой ход					
1	Реп. 12–1 105	0985	1228	– 243 – 243	– 243
		5770	6013		
		4785	4785		
2	1–2 110	1840	0885	+ 955 + 960	+ 958
		6630	5670		
		4790	4785		
3	2–3 108	2451	1095	+ 1356 + 1358	+ 1357
		7238	5880		
		4787	4785		
4	3–А 107	1351	2142	– 791 – 789	– 790
		6136	6925		
		4785	4783		
$\sum \text{з}$ $\sum \text{п}$		32401 29838 + 2563	$2 \sum h =$ $\sum h =$	+ 2563 + 1282 $\sum h_{\text{ср}} =$	+ 1282
$\sum \text{з} - \sum \text{п} = \frac{1}{2} (\sum \text{з} - \sum \text{п}) =$		+ 1282			

*Порядок выполнения работы.*

1. В журнале нивелирования (табл. 10) произвести вычисление превышений на каждой станции и записать их в графу 5 журнала.

Расхождения между значениями превышений не должно быть более 5 мм.

2. Вычислить средние значения превышений и записать их в графу 6 журнала с округлением до миллиметра.

3. Для проверки вычислений на каждой странице выполнить постраничный контроль по формуле 6:

$$1/2 \times (\sum \text{зад} - \sum \text{перед}) = \frac{1}{2} \times \sum h = \sum h_{\text{ср}}, \quad (6)$$

где  $\sum \text{зад}$  – сумма значений задней стороны рейки;  $\sum \text{перед}$  – сумма значений передней стороны рейки;  $\sum h$  – сумма превышений,  $\sum h_{\text{ср}}$  – средняя арифметическая превышений.

Таблица 10

## Журнал нивелирования

№	№ точек и расстояния, м	Отсчеты по рейке		Превышения (h), мм	Средние превышения (h <sub>ср</sub> ), мм
		Задний (з), мм	Передний (п), мм		
Обратный ход					
1.	А-1 100	1239	0521		
		6027	5305		
2.	1-2 110	0249	1547		
		5034	6336		
3.	2-3 98	1243	2255		
		6030	7040		
4.	3-Реп. 12 132	2475	2184		
		7262	6969		

Вследствие округления расхождение может доходить до 2 мм.

4. Вычислить сумму средних превышений прямого и обратного хода.

5. Вычислить невязку в нивелирном ходе по формуле 7:

$$f_h = \sum h_{\text{пр}} + \sum h_{\text{обр}}, \quad (7)$$

где  $f_h$  – невязка нивелирного хода;  $\sum h_{\text{пр}}$  и  $\sum h_{\text{обр}}$  – соответственно суммы превышений прямого и обратного хода.

Допустимую невязку рассчитать по формуле 8:

$$f_h^{\text{доп}} = (50 * \sqrt{L}), \text{ мм}, \quad (8)$$

где  $f_h^{\text{доп}}$  – допустимая невязка;  $L$  – длина ходов (прямого и обратного) в км.

6. При допустимом расхождении между значениями превышений из прямого и обратного хода вычислить среднее значение по формуле 9:

$$h_{\text{ср}} = \frac{\sum h_{\text{пр}} + (-\sum h_{\text{обр}})}{2}, \quad (9)$$

где  $h_{\text{ср}}$  – среднее значение превышений,  $\sum h_{\text{пр}}$  и  $\sum h_{\text{обр}}$  – соответственно суммы превышений прямого и обратного хода

7. По заданной преподавателем высоте репера 12 определить высоту точки А, по формуле 10:

$$H_A = H_{\text{реп12}} + h_{\text{ср}}, \quad (10)$$

где  $H_A$  – высота искомой точки;  $H_{\text{реп12}}$  – высота исходной точки;  $h_{\text{ср}}$  – среднее значение превышений.

8. Сделать контроль нивелирования по отсчетам на связующие точки А и А', В и В', С и С' (рис. 4). Например, по отсчетам на связующие точки А и А', произведенным со станций I и III, разность сумм будет  $(2172+1505) - (1205+2470) = +2$  мм, что допустимо.

9. Произвести уравнивание превышений в полигоне А–В'–С'–А и вычислить высоты точек полигона.

Вычисления произвести в ведомости, образец заполнения которой приведен в табл. 11.

Таблица 11

Пример ведомости уравнивания превышений

№ точек	Превышения (h), мм		Высоты, (Н), м
	вычисленные	уравненные	
А	+3	-512	121.715
В'	-515		121.203
С'	+3	+721	121.924
	+718		
А	+2	-209	121.715
	-211		
$\sum h_{np}$	-8	0	
$\sum h_r$	0		
$f_h$	-8		

10. Вычислить высоты вершин квадратов и дополнительных точек методом горизонта прибора (ГП). Горизонт прибора вычислить по формуле 11:

$$ГП = H_{связ} + V \quad (11),$$

где ГП – горизонт прибора,  $H_{связ}$  – высота связующей точки, выбираемой из табл. 4; V – отсчет по черной стороне рейки, установленной на этой точке.

Для контроля на каждой станции ГП вычислить дважды. Например, для станции I ГП можно вычислить по отсчетам на связующие точки А и В и их высотам. Если расхождение не превышает 10 мм, то вычислить среднее значение ГП, округлив его до сантиметров, и выписать на полевую схему (рис. 4).

Высоты вершин квадратов и дополнительных точек вычислить по формуле:

$$H_k = ГП_{сред} - V_k, \quad (12)$$

где  $H_k$  – высота искомой точки;  $ГП_{сред}$  – среднее значение горизонта прибора;  $V_k$  – отсчет по рейке, установленной в точке, высоту которой определяем.

Высоты, округленные до 0,01 м, записать на полевую схему (рис. 4).

11. Составить топографический план по результатам нивелирования по квадратам:

- на листе чертежной бумаги в масштабе 1: 2000 построить сетку квадратов со сторонами 2 см (40 м на местности) и нанести по промерам (см. рис. 4) дополнительные точки. На плане записать высоты всех точек с округлением до 0.01 м;

- путем интерполирования по сторонам квадратов и на линиях со стрелками (рис. 4) найти точки с высотами, кратными высоте сечения рельефа 0,5 м;

- полученные точки с одинаковыми высотами соединить (от руки) плавными кривыми (горизонталями);

- вычертить план тушью. Сверху сделать надпись: «Топографический план участка».

Внизу написать: «1:2000» и «Сплошные горизонтالي проведены через 0,5 м», а также фамилию студента, факультет и дату выполнения работы.

Все элементы плана и надписи, за исключением горизонталей и их высот, выполнить черной тушью. Горизонтالي и их высоты вычертить коричневым цветом.

## **Тема 10. Вертикальная планировка участка**

**Задание 1.** Вычисление объемов насыпей и выемок площадки с нулевым балансом грунта.

Используя абсолютные отметки исходных точек (рис. 5), вычислить объемы насыпей и выемок для каждого квадрата с учетом нулевого баланса грунта. Расстояние между отдельными точками выбираются в зависимости от варианта (табл. 12).

Таблица 12

Расстояния между точками участка земляных работ (а)

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Расстояние, м	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90

В тех случаях, когда средняя планировочная отметка рассчитывается из условия нулевого баланса грунта на площадке, она обычно определяется при разбивке площадки на квадраты по формуле:

$$H_{\text{ср}} = \frac{\sum H_1 + 2\sum H_2 + 4\sum H_4}{4n}, \quad (13)$$

где  $H_{\text{ср}}$  – средняя планировочная отметка,  $\sum H_1$  – сумма отметок, принадлежащих только вершинам квадратов, расположенных в углах площадки, м;  $\sum H_2$  – сумма отметок вершин квадратов, расположенных по периметру площадки, каждая пара которых имеет общую вершину, м;  $\sum H_4$  – сумма отметок вершин всех остальных квадратов, каждая из которых имеет общую отметку, принадлежащую четырем смежным квадратам, м;  $n$  – количество квадратов, на которые разбита площадка.

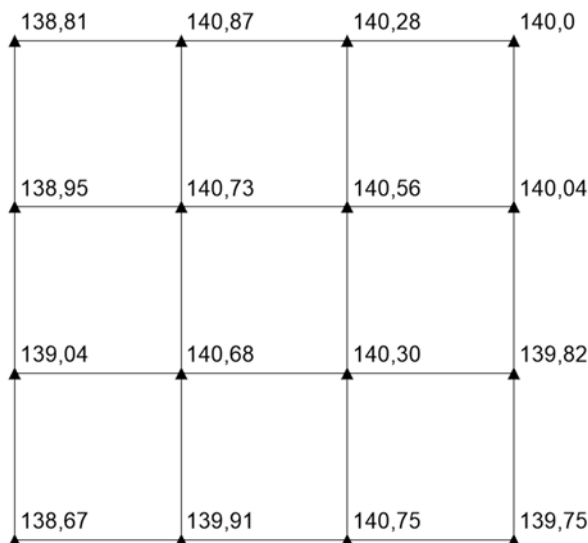


Рис. 5. Абсолютные отметки точек участка земляных работ ( $H_a$ )

После определения средней планировочной отметки осуществляют расчет рабочих планировочных отметок  $h_p$  по формуле:

$$h_p = H_{cp} - H_a, \quad (14)$$

где  $h_p$  – рабочие отметки точек участка;  $H_{cp}$  – средняя планировочная отметка,  $H_a$  – исходные отметки точек из рисунка 5.

Если  $H_{cp} > H_a$ , то рабочие отметки имеют знак «плюс», что соответствует устройству насыпи. При  $H_{cp} < H_a$  рабочие отметки имеют знак «минус», что соответствует устройству выемки.

На следующем этапе вычисляются объемы насыпей и выемок для каждого квадрата. В зависимости от «положительных» и «отрицательных» знаков отметок квадратов выбирается одна из трех комбинаций:

1) если все 4 вершины квадрата имеют одинаковый знак, используется формула:

$$V = a^2 \frac{(h_1 + h_2 + h_3 + h_4)}{4}, \quad (15)$$

где  $V$  – объем насыпи или выемки квадрата;  $a$  – сторона квадрата по вариантам из табл. 7;  $h_1, h_2, h_3, h_4$  – рабочие отметки вершин квадрата.



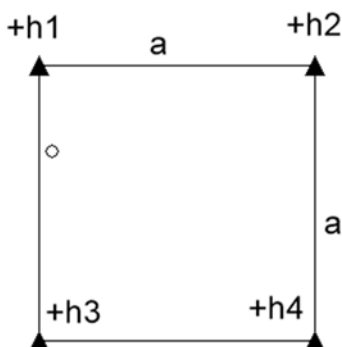


Схема 1. Квадрат не делится на фигуры

2) если квадрат имеют одну вершину одного знака и три вершины другого знака, используются следующие формулы:

$$V_1 = \left(a^2 \frac{bc}{2}\right) \cdot \left(\frac{h_1+h_2+h_3+2h_0}{5}\right), \quad (16)$$

где  $h_0$  – линия нулевых работ;  $h_1, h_2, h_3, h_4$  – рабочие отметки вершин квадрата;  $b, c$  – расстояние до линии нулевых работ в метрах,  $a$  – длина стороны квадрата.

$$V_2 = \frac{bc}{2} \cdot \left(\frac{h_4+2h_0}{3}\right), \quad (17)$$

где  $h_0$  – линия нулевых работ;  $h_1, h_2, h_3, h_4$  – рабочие отметки вершин квадрата;  $b, c$  – расстояние до линии нулевых работ в метрах,  $a$  – длина стороны квадрата.

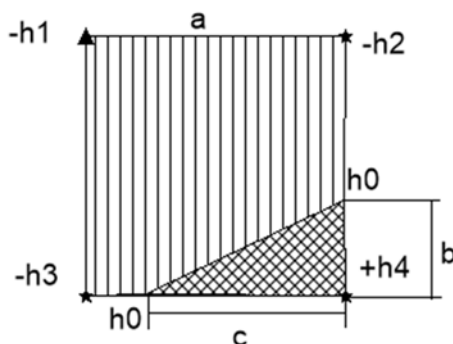


Схема 2. Квадрат разделен на треугольник и пятиугольник

3) в случае, если квадрат разделен на 2 трапеции и имеет две отрицательные рабочие отметки, и две положительные, используются следующие формулы:

$$V_1 = a \cdot P_1 \left( \frac{h_1 + h_2 + 2h_0}{4} \right), \quad (18)$$

где  $P_1$  – средняя линия трапеции,  $h_0$  – линия нулевых работ;  $h_1, h_2, h_3, h_4$  – рабочие отметки вершин квадрата;  $a$  – длина стороны квадрата.

$$V_2 = a \cdot P_2 \left( \frac{h_4 + h_3 + 2h_0}{4} \right), \quad (19)$$

где  $P_2$  – средняя линия трапеции,  $h_0$  – линия нулевых работ;  $h_1, h_2, h_3, h_4$  – рабочие отметки вершин квадрата;  $a$  – длина стороны квадрата.

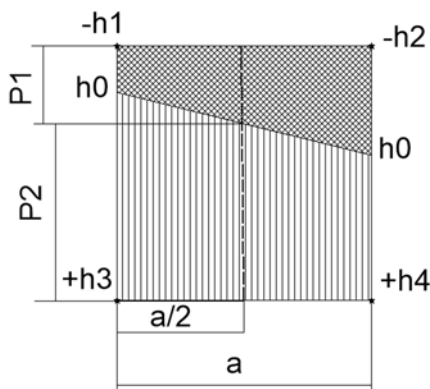


Схема 3. Квадрат разделен на две трапеции

Расчет объемов земляных масс при вертикальной планировке площадок осуществляется методом четырехугольных призм по расчетным формулам (15-19), приведенным на рис. 5, для случаев, когда квадраты имеют рабочие отметки одного знака (сх.1) и разные знаки (сх. 2 и 3).

В приведенные формулы рабочие отметки ставятся по своей абсолютной величине, а знак всех рабочих отметок фигуры (квадрата или его части) определяет объемы к выемке или насыпи.

Каждому квадрату слева направо и сверху вниз присваивается номер, представленный на чертеже. Для квадратов, разделенных линией нулевых работ, ставятся два номера: очередной и тот же, но со штрихом, например, 4 и 4' соответственно для выемки и насыпи.

В тех случаях, когда объемы работ по вертикальной планировке рассчитываются под нулевой баланс грунта ( $V_B = V_H$ , где  $V_B$  – объем выемок,  $V_H$  – объем насыпей), необходимо проверить расхождение расчетных объемов выемки и насыпей, которое не должно превышать 5 % от объемов выемки. В случае, если сумма всех насыпей и выемок больше допустимой величины, расчеты необходимо проверить.

**Задание 2.** Составление картограммы земляных работ наклонной площадки.

Проектирование наклонной площадки производится для обеспечения стока воды с заданным продольным уклоном  $i_X$ , поперечным  $i_Y$  и отметкой исходной точки  $H_A$  (рис. 6).

Порядок выполнения этой части работы тот же, что и при составлении картограммы земляных работ горизонтальной площадки. Отличительной особенностью является то, что вследствие наклона площадки проектные отметки вершин квадратов будут иметь разные значения, которые получают по формуле:

$$H_{пр} = H_A + d_X + d_Y, \quad (20)$$

где  $H_{пр}$  – проектная отметка точки;  $H_A$  – отметка исходной точки;  $d_X$  и  $d_Y$  – расстояния соответственно по осям  $X$ ,  $Y$  от исходной точки  $A$  до определяемой точки.

Рассмотрим примеры вычисления проектных отметок вершин квадратов, принимая проектную отметку исходной точки, обозначенной на рис. 6, равной ее фактической отметке, т.е.  $H_A = 5,05$  м. Значения уклонов примем  $i_X = 10\%$ ,  $i_Y = 6\%$  (направления уклонов обозначены на рис. 6 стрелками). Для вершины  $i$   $d_X = d_Y = 80$  м, тогда из равенства (20)  $H_{пр} = 5,05 + 0,010 \cdot 80 + 0,006 \cdot 80 = 6,33$  м. Для вершины  $j$   $d_X = 120$  м,  $d_Y = 0$ ,  $H_{пр} = 5,05 - 0,010 \cdot 120 = 3,85$  м.

Полученные проектные отметки записывают красным цветом над соответствующими фактическими отметками вершин квадратов. Затем вычисляют рабочие отметки, проводят линию нулевых работ и составляют ведомость вычисления объемов. Очевидно, что условие баланса земляных работ в этом случае не учитывается. Вычисленные объемы насыпей и выемок записываются в «Ведомость вычисления объемов земляных работ» (см. табл. 13).

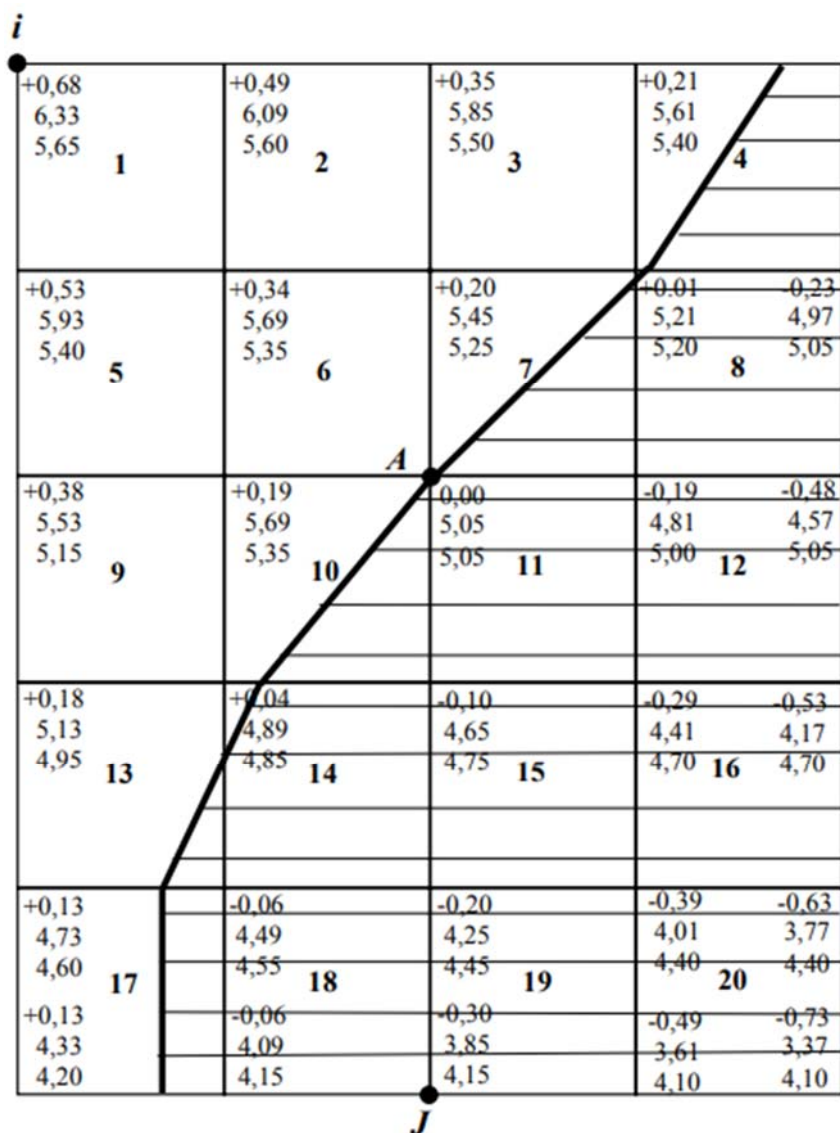


Рис. 6. Картограмма земляных работ наклонной площадки

Таблица 13

**Ведомость вычисления объемов земляных работ**

№ фигуры	м <sup>2</sup>	<i>те<sub>ср</sub></i>	Объемы, м <sup>3</sup>	
			Выемка «-»	Насыпь «+»
1	400,0	-0,42	168,00	–
2	74,2	-0,35	29,97	–
3	158,1	-0,28	44,27	–
4	125,8	+0,13	–	16,35
5	41,9	+0,20	–	8,38
6	400,0	+0,50	–	200,00
7	153,8	-0,34	52,29	–
8	126,7	-0,28	35,48	–
9	46,2	+0,02	–	0,92
10	73,3	+0,18	–	13,19
11	100,2	-0,28	28,06	–
12	57,9	+0,16	–	9,26
13	200,0	+0,40	–	80,00
14	41,9	+0,31	–	12,99
	X <sub>S</sub> =2000 и <sup>2</sup>	–	X«-»= 354,07	X«+» = 341,09

## Тема 11. Обработка результатов теодолитной съемки

**Задание 1.** Обработать данные теодолитной съемки.

Исходные данные: измеренные углы длины сторон (табл. 15), дирекционный угол направления 1-2 (табл. 14).

Вычислить угловую невязку полигона, для чего подсчитать сумму измеренных углов  $\sum \beta_{\text{изм.}}$ .

Теоретическая сумма рассчитывается по формуле:

$$\sum \beta_{\text{теор.}} = 180^\circ * (n - 2), \quad (21)$$

где  $\sum \beta_{\text{теор.}}$  – теоретическая сумма,  $n$  – количество измеренных углов хода.

Угловая невязка:

$$f_\beta = \sum \beta_{\text{изм.}} - \sum \beta_{\text{теор.}}, \quad (22)$$

где  $f_\beta$  – угловая невязка,  $\sum \beta_{\text{изм.}}$  – сумма измеренных углов из табл. 12,  $\sum \beta_{\text{теор.}}$  – теоретическая сумма углов.

Вычисляем предельную (допустимую) угловую невязку по формуле:

$$f_{\text{доп.}} = 1.5' \sqrt{n}, \quad (23)$$

где  $f_{\text{доп.}}$  – допустимая невязка,  $n$  – число углов полигона.

Если невязка хода оказалась допустимой, т.е. меньше предельной, то ее распределяют с обратным знаком по одному в углы с короткими сторонами и вычисляют увязанные углы.

Контроль правильного вычисления – сумма увязанных углов должна равняться теоретической сумме углов.

Далее вычисляются дирекционные углы и румбы.

Дирекционные углы вычисляют последовательно один за другим, взяв за исходный  $\alpha_{1-2}$  из табл. 9 по формуле:

$$\alpha_{k+1} = \alpha_k + 180 - \beta_{k+1}, \quad (24)$$

где  $\alpha_k$  и  $\alpha_{k+1}$  – предыдущий и последующий дирекционные углы,  $\beta_{k+1}$  – последующий увязанный угол.

Таблица 14

Исходный дирекционный угол линии 1-2 ( $\alpha_{1-2}$ )

Вторая цифра порядкового номера	Первая цифра порядкового номера	
	0	1
0	169°33'	81°52'
1	124°19'	108°48'
2	348°59'	195°24'

*Окончание таблицы 14*

Вторая цифра порядкового номера	Первая цифра порядкового номера	
	0	1
3	155°53'	278°32'
4	26°04'	239°25'
5	201°24'	194°08'
6	349°58'	94°15'
7	67°41'	63°32'
8	64°20'	117°29'
9	59°47'	352°37'

Руководствуясь указаниями табл. 16, перевести значения дирекционных углов в табличные (румбы).

Рассчитать приращения координат  $\Delta X$  и  $\Delta Y$

$$\Delta X = D * \cos \alpha , \quad (25)$$

$$\Delta Y = D * \sin \alpha , \quad (26)$$

где  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$  – приращения координат,  $D$  – проложение,  $\alpha$  – дирекционные углы.

Далее вычисляется относительная невязка полигона:

$$f_s = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}, \quad (27)$$

где  $f_s$  – невязка полигона,  $f_x$  – сумма приращений  $X$ ,  $f_y$  – сумма приращений  $Y$ .

Контролем правильности вычисления приращений координат является сравнение относительной невязки полигона с допустимым значением:

$$f_{\text{отн.}} \leq \frac{1}{2000}, \quad (28)$$

где  $f_{\text{отн.}}$  – относительная невязка полигона.

Если относительная невязка полигона  $f_{\text{отн.}} \leq \frac{1}{2000}$ , то невязки распределяют пропорционально длинам сторон и вычисляют исправленные приращения. Поправки вводят со знаком, обратным знаку невязки.

$$\delta_x = D_x * \frac{f_x}{P}, \quad (29)$$

где  $\delta_x$  – поправка полигона,  $D$  – проложение,  $f_x$  – невязка полигона по приращениям  $X$ ,  $P$  – периметр полигона.

Таблица 15

## Измеренные правые горизонтальные углы и проложения сторон полигона

№ вершин и сторон	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2	134°40'	111°58'	133°29'	149°50'	143°49'	98°59'	136°08'	80°58'	149°29'	126°29'
3	82°02'	109°44'	79°14'	78°29'	70°32'	90°16'	93°16'	95°15'	94°30'	96°44'
4	129°46'	89°01'	115°03'	105°57'	114°10'	140°12'	94°59'	130°59'	100°31'	126°32'
5	96°29'	148°43'	127°01'	109°16'	118°59'	74°26'	137°25'	85°16'	111°58'	84°14'
1	97°05'	80°32'	185°16'	96°25'	92°27'	136°09'	78°10'	147°30'	83°31'	105°59'
1–2	400.46	532.76	547.73	521.67	539.93	490.64	474.32	623.08	554.11	293.63
2–3	562.66	472.97	509.92	497.82	531.41	397.02	548.78	464.44	394.02	367.48
3–4	430.34	469.47	411.53	602.62	544.46	508.93	384.24	440.78	639.28	482.24
4–5	523.73	458.64	455.07	374.75	334.14	417.08	533.33	434.82	468.32	417.99
5–1	523.88	535.30	437.17	381.53	453.12	452.36	436.39	458.70	364.54	453.02



Таблица 16

Перевод дирекционных углов в румбы

Дирекционные углы	Четверти	Знаки приращения координат		Табличные углы (румбы), $r$	Направленность стороны хода
		$\Delta x$	$\Delta y$		
$0^\circ-90^\circ$	I	+	+	$r = \alpha$	СВ
$90^\circ-180^\circ$	II	-	+	$r = 180^\circ - \alpha$	ЮВ
$180^\circ-270^\circ$	III	-	-	$r = \alpha - 180^\circ$	ЮЗ
$270^\circ-360^\circ$	IV	+	-	$r = 360^\circ - \alpha$	СЗ

Периметр полигона вычисляется посредством сложения всех горизонтальных приращений.

Аналогичным способом определяются поправки полигонов для приращений  $Y$ .

Если же относительная невязка недопустима, то необходимо проверить все вычисления, начиная с выписки исходных данных и найти ошибку.

Контроль расстояний – сумма исправленных (увязанных) приращений равна нулю.

После исправления приращений координат вычисляют координаты точек полигона на основе координат  $x$ ,  $y$  исходного пункта ( $x=0$ ;  $y=0$ ) при проложении замкнутого теодолитного хода. Вычисления проводятся по следующим формулам:

$$x_i = x_{i-1} + \Delta x_{i-1\text{исп}}, \quad (30)$$

$$y_i = y_{i-1} + \Delta y_{i-1\text{исп}}, \quad (31)$$

где  $x_i$ ,  $y_i$  – координаты определяемой точки хода;  $x_{i-1}$ ,  $y_{i-1}$  – координаты предыдущей точки хода;  $\Delta x_{i-1\text{исп}}$ ,  $\Delta y_{i-1\text{исп}}$  – приращения координат для определяемой точки, исправленные за невязку хода.

Итоговым ответом будет каталог координат точек  $X_n$ ,  $Y_n$ .

## Тема 12. Теодолитная съемка

Угломерный прибор дает правильные показания, если его оси и плоскости занимают положение, соответствующее геометрическим и оптико-механическим условиям измерения углов. Условия измерения проверяются при помощи поверок.

**Задание 1.** Привести теодолит в рабочее положение, выполнить поверки.

*Поверка 1.* Ось цилиндрического уровня на алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна к оси вращения теодолита.

Теодолит приводят в рабочее положение. Уровень устанавливают по направлению двух подъемных винтов. Этими винтами приводят пузырек уровня на середину. Затем алидаду поворачивают на  $90^\circ$  и вращением третьего винта пузырек уровня вновь приводят на середину. Далее алидаду поворачивают на  $180^\circ$ , если пузырек сохранил свое положение, условие выполнено.

*Поверка 2.* Вертикальная нить сетки должна лежать в отвесной плоскости. В 20-25 м от теодолита вешают отвес и наводят на его шнур вертикальную нить сетки. Если она полностью покрывает шнур, условие выполнено.

*Поверка 3.* Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна оси ее вращения. Угол  $\alpha$ , на который отклоняется визирная ось от перпендикуляра к оси вращения трубы, называют коллимационной погрешностью. Для ее выявления при положении вертикального круга справа от трубы наводят центр сетки нитей на ясно видимый и значительно удаленный предмет, расположенный примерно на одном уровне с осью вращения трубы и снимают отсчет по горизонтальному кругу – КП1, затем наводят визирную ось на ту же точку при круге слева и берут отсчет – КЛ1. Затем поворачивают лимб на  $180^\circ$  и снова наводят на ту же точку, получая новые отсчеты КП2 и КЛ2. По полученным отсчетам вычисляют величину коллимационной погрешности:

$$\alpha = \frac{(\text{КЛ1} - \text{КП1} \pm 180^\circ) + (\text{КЛ2} - \text{КП2} \pm 180^\circ)}{4}, \quad (32)$$

где  $\alpha$  – полученная погрешность; КЛ1 – значение угла круга лево первой точки; КЛ2 – значение угла круга лево второй точки; КП1 – значение угла круга право первой точки; КП2 – значение угла круга право второй точки.

Если значение  $\alpha$  окажется равным или меньшим двойной погрешности  $\alpha \leq 2t$ , где  $t$  – двойная точность отсчетного устройства (для Т30  $t=1'$ ), то условие выполнено.

*Проверка 4.* Ось вращения зрительной трубы должна быть перпендикулярна к вертикальной оси вращения теодолита. Установив теодолит в 20-30 м от стены здания, вертикальную ось особо тщательно приводят в отвесное положение. Выбирают на стене точку, расположенную над горизонтом под углом 40-50°. Визируют на эту точку, закрепляют алидаду. Наклонив трубу до горизонтального положения, отмечают при помощи напарника проекцию этой точки на стене. Переведя трубу через зенит и повернув алидаду на 180°, вторично визируют на верхнюю точку и при закрепленной алидаде опускают трубу. Если изображение нижней точки на стене сошло с перекрестия не более чем на две ширины биссектора, то наклон оси вращения трубы допустим.

**Задание 2.** Проложить замкнутый теодолитный ход.

Теодолитный ход прокладывается от пунктов Государственной геодезической сети или временных знаков съемочного обоснования. Он должен включать не менее 4 точек теодолитного хода, не менее 15 пикетов (характерных точек местности, ситуации). Измеряются горизонтальные, правые по ходу лежащие углы способом «приёмов» и длину сторон полигона. Способ приёмов заключается в измерении горизонтального угла двумя полуприёмами, при двух положениях вертикального круга теодолита. При первом полуприёме, вертикальный круг теодолита расположен «справа» от зрительной трубы, при втором полуприёме – слева от зрительной трубы. Перед началом работы требуется ознакомиться с конструктивными особенностями теодолита. Теодолит центрируется и горизонтируется над первой точкой полигона. Устанавливается зрительная труба для наблюдения в два приёма: вращением окулярного кольца достигается чёткое изображение сетки нитей и по предмету – вращением фокусирующей кремальеры получают хорошее визирование цели. Подготавливается полевой журнал теодолитной съёмки. Угол измеряется при двух положениях вертикального круга. При закреплённом лимбе и откреплённой алидаде наводят зрительную трубу на веху, установленную в задней (правой)

точке полигона, закрепляют алидаду, и действуя наводящим винтом, точнее совмещают вертикальную нить сетки нитей с вехой. Производят отсчёт по микроскопу. Открепляют алидаду, при закреплённом лимбе, наводят зрительную трубу на веху, установленную в передней (левой) точке полигона и закрепляют алидаду. Действуя наводящим винтом, совмещают вертикальную нить сетки нитей с вехой и выполняют отсчёт по микроскопу.

Переворачивают зрительную трубу через зенит, открепляют лимб горизонтального круга и смещают его на угол близкий к  $90^0$ . При положении вертикального круга теодолита «круг лево» вновь измеряют горизонтальный угол по вышеизложенной технологии. Если значения горизонтального угла, определённого первым и вторым полуприёмами различаются не больше чем на полуторную точность отсчёта, то истинное значение угла находится как средняя величина из двух определений (при «круге право» и «круге лево»). Если погрешность больше, то измерения выполняют вновь. В последовательности, изложенной выше, измеряют все внутренние углы полигона. После окончания измерения углов теодолитом определяют угловую невязку полигона и в случае её допустимой величины распределяют по измеренным углам равномерно.

Выполнение данного задания возможно и методом «от нуля».

**Задание 3.** Обработка результатов теодолитной съёмки.

Результаты теодолитной съёмки могут быть обработаны 2 способами:

А) Аналогично решению Задания 1 в Теме 6.

Б) Обработка теодолитной съёмки может быть осуществлена в специализированной программе «Кредо-Диалог».

**Задание 4.** Составление плана по результатам теодолитной съёмки.

Планы вычерчивают на хорошей чертежной бумаге, размер листа зависит от размера участка и выбранного масштаба плана. При построении плана по координатам опорных точек в первую очередь строят координатную сетку. Для этого применяют специальную линейку Дробышева. Это металлическая линейка с шестью вырезами посередине. Один из краев каждого выреза скошен: у первого выреза, помеченного нулем, – по прямой линии, у всех остальных по дугам окружностей с радиусами 10, 20, 30, 40, 50 см от начального штриха. Конец линейки скошен по дуге радиуса 70,71 см. Этой линейкой можно построить координатную сетку на площади квадрата со стороной 50 см, а также на площади прямоугольника со сторонами (катетами) 30, 40 см и диагональю 50 см

Для построения сетки квадратов линейку кладут параллельно нижнему краю листа бумаги и, отступив от него на 5–7 см, проводят по скошенному краю линейки тонкую линию. Затем линейку сдвигают и по скошенному краю каждого выреза пересекают прочерченную линию штрихами.

Укладывают линейку вдоль левого края листа совмещают нулевой штрих с точкой А – пересечением прямой с крайним левым штрихом; следят, чтобы ось линейки была примерно перпендикулярна к прямой АВ. Проводят штрихи по каждому скошенному вырезу.

Кладут линейку по диагонали, совместив нулевой штрих с крайним правым штрихом в точке В. По концу линейки прочерчивают дугу, пересекающую последний верхний штрих в точке С. Таким образом построен прямоугольный треугольник АВС со сторонами 50; 50; 70,71 см.

Точно так же строят второй треугольник, для чего укладывают линейку сначала по линии BD, а затем по диагонали AD и получают второй треугольник ABD. Проверяют верхнюю сторону CD, отклонение может быть допущено не более 0,2 мм. На стороне CD по прорезям линейки отмечают 10-сантиметровые отрезки. Полученные противоположные штрихи соединяют тонкими линиями. Координатная сетка должна быть построена очень точно, так как ошибки в сетке сказываются на точности построения плана. Для контроля построения сетки циркулем-измерителем проверяют равенство диагоналей всех квадратов.

Построение плана. Если координаты вычисляют от условного начала  $X=0$ ;  $Y=0$  и значения этих координат невелики, то одну из вертикальных линий сетки принимают за ось X, а одну из горизонтальных – за ось Y. Намечая начало координат, учитывают размер плана и назначают начальными такие линии сетки, при которых точки с самыми малыми и самыми большими значениями координат разместятся в пределах сетки координат, а план – в центре листа.

Если координаты вычислены в общегосударственной зональной системе, левой крайней линии придают значение ординаты, близкое к наименьшему значению ординаты точки хода, а нижней горизонтальной линии придают абсциссу, близкую к наименьшей абсциссе хода.

Затем относительно известных линий и точек, руководствуясь абрисом, наносят на план подробности, снятые на местности. Способы нанесения контурных точек те же, какие были применены для их съемки на местности. Однако действия совершают при этом в обратном порядке.

### Тема 13. Обратная геодезическая задача

**Задание 1.** Вынести 4 точки – угла участка по известным углам хода и расстояниям. Выноска осуществляется на открытой местности с предварительно подготовленными пунктами съёмочного обоснования. Для выноски разрешается использовать следующие приборы: оптический теодолит 2Т30П и мерную ленту; электронный теодолит SOUTH ET-02 и лазерный дальномер; тахеометр.

Выноска осуществляется двумя бригадами.

Вариант 1 (первая бригада):

1) устанавливаем прибор на пункт геодезической сети и обнуляемся на соседний пункт;

2) выносим 1 точку участка: угол  $59^{\circ}33'29''$ , расстояние 20,82 м;

3) выносим 2 точку участка: угол  $87^{\circ}05'28''$ , расстояние 17,62 м;

4) устанавливаем прибор на 1 точку участка. Обнуляемся на 2 точку участка. Выносим 3 точку: угол  $270^{\circ}00'00''$ , расстояние 10 м;

5) переносим прибор на 2 точку участка. Обнуляемся на 1 точку участка. Выносим 4 точку: угол  $90^{\circ}00'00''$ , расстояние 10 м.

Вариант 2 (вторая бригада):

1) устанавливаем прибор на пункт геодезической сети и обнуляемся на соседний пункт;

2) выносим точку 1 теодолитного хода: угол  $5^{\circ}40'54''$ , расстояние 69,04 м;

3) устанавливаем прибор на точку 1 теодолитного хода, обнуляемся на предыдущий пункт геодезической сети;

4) выносим 1 точку участка: угол  $200^{\circ}21'17''$ , расстояние 10,68 м;

6) выносим 2 точку участка: угол  $269^{\circ}20'50''$ , расстояние 4,56 м;

7) устанавливаем прибор на 1 точку участка. Обнуляемся на 2 точку участка. Выносим 3 точку: угол  $270^{\circ}00'00''$ , расстояние 10 м;

8) переносим прибор на 2 точку участка. Обнуляемся на 1 точку участка. Выносим 4 точку: угол  $90^{\circ}00'00''$ , расстояние 10 м.

Проверка полученных данных. Измеряется расстояние между 3 и 4 точками вынесенного участка. Оно должно быть равно 10 м. Если ошибка больше 10 см, работу нужно переделать.

**Задание 2.** Решение обратной геодезической задачи.

1. Пользуясь исходными координатами X и Y начальной и конечной точек решить обратную геодезическую задачу нахождением дирекционных углов линий ( $\alpha$ ) и их горизонтальных проложений (S). В качестве исходных данных использовать координаты замкнутого теодолитного хода из табл. 17.

Таблица 17

Координаты точек для решения обратной геодезической задачи

№ точки	Абсциссы X, м	Ординаты Y, м
1	6065687	4313972
2	6065008	4312720
3	6066048	4312182
4	6066478	4312979
5	6067128	4313518

Обратная геодезическая задача предполагает решение треугольников по следующим формулам:

$$1) \quad \Delta X = X_B - X_A, \quad (33)$$

$$\Delta Y = Y_B - Y_A; \quad (34)$$

$$2) \quad \tan(r_{AB}) = \Delta Y \div \Delta X; \quad (35)$$

$$3) \quad r_{AB} = \arctg(\Delta Y \div \Delta X); \quad (36)$$

$$4) \quad S = \Delta X \div \cos \alpha; \quad (37)$$

$$5) \quad S = \Delta Y \div \sin \alpha \quad (38)$$

где  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$  – приращения координат,  $r_{AB}$  – румб для последующего определения дирекционных углов,  $S$  – горизонтальное проложение, определяемое двойным вычислением,  $\alpha$  – дирекционный угол.

Дирекционный угол линии ( $\alpha$ ) вычисляется с учётом четверти, в которой находится данная линия, а четверть определяется по знакам приращений координат.

Получившиеся данные записываются в табл. 18.

Таблица 18

Решение обратной геодезической задачи

Обозначения	Значения величин				
	1–2	2–3	3–4	4–5	5–1
$X_{K+1}$					
$X_K$					
$\Delta X$					
$Y_{K+1}$					
$Y_K$					
$\Delta Y$					
$r_{K-(K+1)}$					
$S_{K-(K+1)}$					
$\alpha_{K-(K+1)}$					

## Тема 14. Составление ситуационного плана

**Задание 1.** Нарисовать ситуационный план по исходным поворотным точкам участка и абрисам.

В географической информационной системе «Аксиома» (или аналогах) создать «Новую таблицу» в проекции «План-схема» – «План-схема (метры)». Минимальное значение  $X = -1000$ ; минимальное значение  $Y = -1000$ . Максимальное значение  $X = 1000000$ ; максимальное значение  $Y = 1000000$ . Нанести на слой поворотные точки участка с помощью инструмента «Символ» с последующей поправкой координат точек согласно табл. 19.

Таблица 19

Координаты границ полигона

№ точки	Y	X	№ точки	Y	X
1	3831,14	51342,80	6	1742,67	51910,53
2	37...,20*	52309,16	7	1848,02	51571,94
3	3847,04	53404,88	8	1527,11	51365,29
4	932,41	52979,10	9	1659,37	50782,47
5	14...,26*	51703,34	10	33..., 18*	50895,72

Пользуясь инструментами, «Линейка», «Измерить горизонтальный угол» и «Нарисовать перпендикуляр», нанести элементы ситуации, отображенные на рис. 7–9.

Абрис теодолитной съемки участка леса

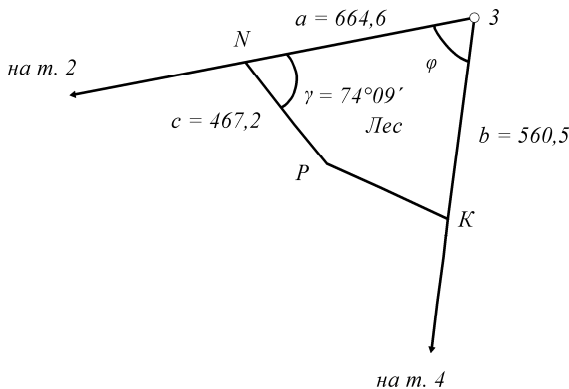


Рис. 7. Фрагмент абриса № 1



Абрис теодолитной съемки вкрапленного контура леса

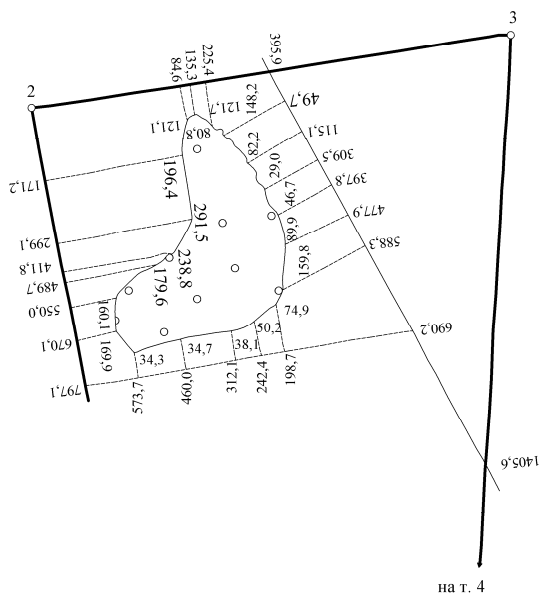


Рис. 8. Фрагмент абриса № 2

Абрис теодолитной съемки участка пастбища

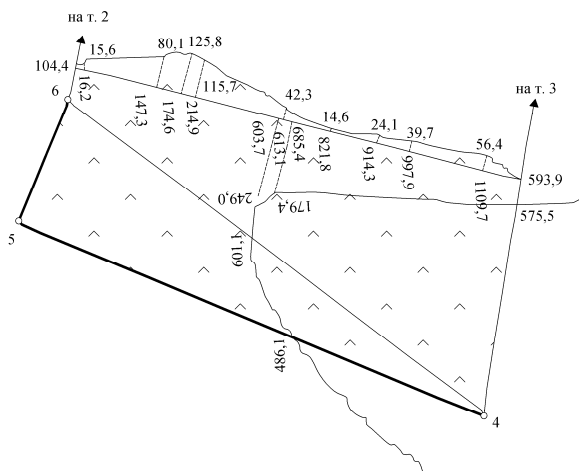


Рис. 9. Фрагмент абриса № 3

## Тема 15. Элементы продольного профиля автомобильной дороги

**Задание 1.** Вычисление продольных уклонов проектной линии, проектных и рабочих отметок, пикетажного положения нулевых точек.

Исходные данные: для намеченной трассы автомобильной дороги определены отметки поверхности земли и запроектировано положение ж/б трубы диаметром 1 м (см. табл. 20).

Таблица 20

Отметки поверхности земли

ПК...+...	Варианты					
	Отметки земли					
	1	2	3	4	5	6
0+00	158,98	120,08	193,70	108,00	175,00	147,50
1+00	158,37	120,39	190,40	107,3	176,00	147,38
2+00	157,54	124,67	188,6	106,90	177,60	146,54
3+00	159,00	122,26	186,20	107,54	176,30	147,23
4+00	157,15	122,02	185,00	107,98	175,80	147,50
+80					176,12	
5+00	154,29	121,57	186,00	108,42	176,10	147,07
6+00	154,29	121,09	186,90	108,74	176,20	146,64
+50				112,90		145,60
7+00	153,34	119,97	187,10	109,85	178,90	147,50
8+00	152,67	119,18	188,10	108,20	180,15	149,26
+50			190,90			
9+00	151,96	117,48	193,40	107,65	181,00	151,07
+75	149,70					
10+00	151,30	116,71	195,60	108,70	179,70	153,03
11+00	152,24	116,96	194,30	109,08	178,60	153,56
12+00	152,70	116,91	193,10	110,00	175,20	154,11
+30				113,40		
13+00	150,89	114,75	192,05	112,70	174,00	154,63
+70		114,00				
14+00	149,20	116,66	191,00	111,30	172,50	153,30
+65	147,10					
15+00	147,50	116,78	190,10	110,65	175,80	155,43
16+00	148,70	117,91	189,14	109,76	177,25	156,30
17+00	149,20	119,21	187,20	109,40	179,90	157,39
18+00	150,10	118,33	185,40	108,80	180,50	156,07
+50		115,56				156,70
19+00	151,20	118,00	185,80	107,40	179,80	156,46
20+00	152,30	118,30	186,70	106,54	178,00	157,60
Положение ж/б трубы						
ПК...+	9+75	13+70	4+00	9+00	14+00	6+50

Минимальное возвышение бровки насыпи над трубой 1,75 м. Построить продольный профиль поверхности земли по оси дороги, нанести проектную линию (два-три прямых участка), определить продольные уклоны прямых участков проектной линии, проектные и рабочие отметки пикетов, плюсовых точек, нулевых точек.

На миллиметровой бумаге начертить сетку продольного профиля; установить значения условного горизонта (УГ) для верхней линии рамки штампа сетки; с учетом УГ и вертикального масштаба профиля построить продольный профиль разреза поверхности земли; нанести проектную линию; определить уклоны линий и проектных отметок; данные записать в таблицу; определить месторасположения и значение нулевых точек; определить значения рабочих отметок; оформить продольный профиль.

**Задание 2.** На фрагменте учебной карты У-34-37-В-в (масштаб – 1:25000) выделить проектную линию планируемой автодороги третьей категории между населенными пунктами Демидово-Никитино. Проектная линия не должна пересекать лесные участки. На проектной линии обозначить пикеты через каждые 100 метров от начала трассы. Методом интерполяции с использованием горизонталей вычислить абсолютные отметки всех пикетов. На миллиметровой бумаге начертить продольный профиль местности по отметкам пикетов (черная линия). На составленном профиле соединить прямой линией точки начала и конца трассы (красная линия трассы). Нанести перпендикуляры от черной линии на красную линию. Определить отметки пикетов на красной линии трассы.

### Тема 16. Аэрофотосъемка

Пользуясь исходными данными вычислить параметры аэрофотосъемки. Исходные данные представлены в табл. 21.

Таблица 21

Данные для создания проекта аэрофотосъемки

Данные	1 вариант	2 вариант	3 вариант
Масштаб аэрофотосъемки, m	1:20000	1:10000	1:25000
Масштаб создаваемой карты	1:10000	1:50000	1:25000
Фокусное расстояние, f (мм)	100	150	200
Формат кадра, l*I (см)	18x18	20x20	15x15
Абсолютная отметка рельефа, $A_{\max}$ (м)	220	240	185
Минимальная отметка рельефа, $A_{\min}$ (м)	160	120	110
Отметка места начала съемки, $A_a$ (м)	170	180	135
Площадь съемки, $L_x * L_y$ (км)	30*40	50*40	25*25
Нормативное продольное перекрытие, %	60	60	60

Создание проекта аэрофотосъемки предполагает последовательное решение серии задач.

Определяют отметку средней плоскости всего съемочного участка, для чего в пределах всего участка находят самую высокую отметку точки  $A_{\max}$  и самую низкую  $A_{\min}$ .

$$A_{\text{ср.пл.}} = \frac{(A_{\max} - A_{\min})}{2}, \quad (39)$$

где  $A_{\text{ср.пл.}}$  – средняя плоскость участка,  $A_{\max}$  и  $A_{\min}$  – самая высокая и самая низкая отметки точек в пределах снимаемого участка.

Среднюю высоту фотографирования  $H_{\text{ср}}$  определяют по формуле:

$$H_{\text{ср}} = m * f_k, \quad (40)$$

где  $H_{\text{ср}}$  – средняя высота фотографирования, m – знаменатель масштаба аэрофотосъемки;  $f_k$  – фокусное расстояние камеры аэрофотоаппарата.

Определяют абсолютную высоту фотографирования с учетом ранее вычисленной средней высоты фотографирования:

$$H_{\text{абс}} = H_{\text{ср}} + H_{\text{ср.пл.}}, \quad (41)$$

где  $H_{\text{абс}}$  – абсолютная высота фотографирования,  $H_{\text{ср}}$  – средняя высота фотографирования,  $H_{\text{ср.пл.}}$  – средняя отметка плоскости.

Определяют продольное перекрытие исходя из нормативного. Если нормативное продольное перекрытие 60%, то для расчета используют следующую формулу:

$$P_x = 62 + 38 \frac{h_{max}}{H_{cp}}, \quad (42)$$

где  $P_x$  – продольное перекрытие,  $h_{max}$  – максимальное превышение над средней высотой участка,  $H_{cp}$  – средняя высота фотографирования.

Определяют величину поперечного перекрытия, которое задается в зависимости от масштаба аэрофотосъемки и рельефа местности и не должно отклоняться от заданного (табл. 22).

Таблица 22

Значения поперечного перекрытия

Масштаб аэрофотосъемки	Поперечное перекрытие $P_y$		
	Расчетное $P_y$ , %	Минимальное $P_y$ , %	Максимальное $P_y$ , %
Крупнее 1:10 000	$40 + 60 \frac{h_{max}}{H_{cp}}$	20	+20
1:10 000–1:25 000	$35 + 65 \frac{h_{max}}{H_{cp}}$	20	+15
Мельче 1:25 000	$30 + 70 \frac{h_{max}}{H_{cp}}$	20	+10

Для выдерживания заданного поперечного перекрытия необходимо строго выдерживать расчетную высоту фотографирования, выполнять маневр захода на маршрут так, чтобы сразу в начале маршрута было обеспечено заданное поперечное перекрытие и точно на заданном расстоянии от предыдущего маршрута проложить очередной аэрофотосъемочный маршрут. Это расстояние называется поперечным базисом фотографирования, обозначается  $B_y$  и равно расстоянию между осями маршрутов на местности. В масштабе аэрофотоснимка поперечный базис обозначается  $b_y$ .

Определяют продольный и поперечный базисы фотографирования в масштабе аэрофотоснимка:

$$b_x = \frac{l_x \cdot (100 - P_x)}{100}, \quad (43)$$

$$b_y = \frac{l_y \cdot (100 - P_y)}{100}, \quad (44)$$

где  $b_x$  и  $b_y$  – базисы фотографирования;  $l_x$  и  $l_y$  – размеры сторон кадра фотографии по осям  $x$  и  $y$ ;  $P_x$  и  $P_y$  – базисы перекрытий.

Определяют продольный и поперечный базисы фотографирования на местности:

$$B_x = b_x * m, \quad (45)$$

$$B_y = b_y * m, \quad (46)$$

где  $B_x$  и  $B_y$  – базисы фотографирования на местности,  $b_x$   $b_y$  – базисы фотографирования,  $m$  – масштаб фотосъемки.

Определяют количество маршрутов на съёмочном участке:

$$K = \frac{L_y}{B_y} + 1, \quad (47)$$

где  $K$  – количество маршрутов,  $L_y$  – ширина участка,  $B_y$  – поперечный базис фотографирования.

Определяют количество аэрофотоснимков в маршруте:

$$n = \frac{L_x}{B_x} + 3, \quad (48)$$

где  $n$  – количество снимков в одном маршруте,  $L_x$  – длина участка,  $B_x$  – продольный базис фотографирования.

Определяют количество аэрофотоснимков на весь съёмочный участок:

$$N = n * K, \quad (49)$$

где  $N$  – общее количество снимков для всего участка.

При расчете количества маршрутов и количества аэрофотоснимков в маршруте полученные результаты округляют до целых чисел в большую сторону.

Определяют длину всех маршрутов с учетом обеспечения границ участка фотоизображением:

$$L = K * (L_x + 3B_x), \quad (50)$$

где  $L$  – длина всех маршрутов,  $L_x$  – длина участка,  $B_x$  – продольный базис фотографирования.

К полученной расчетной длине всех маршрутов следует добавить километры пути на долет до участка съемки, возвращение на аэродром, перелеты с участка на участок, на выполнение пробных аэрофотоснимков.

Определяют съёмочное время:

$$Ts = \frac{L}{W}, \quad (51)$$

где  $L$  – длина всех маршрутов,  $W$  – средняя скорость полета летательного аппарата.

К полученному расчетному времени добавляется 15% (в районах с высотами до 2000 м) или 20% (в высокогорных районах) на полеты и возвращение, для полетов на рекогносцировку объекта съемки и разведку погоды, на перезаходы с маршрута на маршрут и аэросъемочные промеры.

Определяют площадь, покрываемую одним аэрофотоснимком:

$$S = l_x * l_y * m^2, \quad (52)$$

где  $l_x$  – длина кадра,  $l_y$  – ширина кадра,  $m$  – масштаб съемки.

Определяют рабочую площадь аэрофотоснимка. Рабочая площадь аэрофотоснимка – это центральная часть аэрофотоснимка, ограниченная средними линиями двойного продольного и поперечного перекрытий. На рабочей площади аэрофотоснимка геометрические и фотометрические искажения минимальны.

Рабочую площадь аэрофотоснимка вычисляют по формуле:

$$S_{\text{раб}} = B_x * B_y, \quad (53)$$

где  $S_{\text{раб}}$  – рабочая площадь фотографирования,  $B_x$  – продольный базис фотографирования,  $B_y$  – поперечный базис фотографирования.

Определяют площадь всего фотографируемого участка:

$$S_{\text{уч}} = L_x * L_y, \quad (54)$$

где  $S_{\text{уч}}$  – площадь участка,  $L_x$  – длина участка,  $L_y$  – ширина участка.

Определяют удаление оси первого маршрута от границы участка:

$$l_y = \frac{B_y * (K-1) - L_y}{2}, \quad (55)$$

где  $l_y$  – расстояние оси первого маршрута от границы участка,  $B_y$  – поперечный базис фотографирования,  $K$  – количество маршрутов,  $L_y$  – ширина участка съемки.

Определяют удаление центра первого аэрофотоснимка от границы участка по оси маршрута:

$$l_x = \frac{B_x * (n-1) - L_x}{2}, \quad (56)$$

где  $l_x$  – расстояние центра первого снимка от границы участка,  $B_x$  – продольный базис фотографирования,  $n$  – количество снимков в маршруте,  $L_x$  – длина участка съемки.

Расчетные параметры аэрофотосъемки сводят в бланк технического проекта (табл. 23) со строгой выдержкой индексации параметров аэрофотосъемки и единиц измерений.

Таблица 23

## Бланк технического проекта

Обозначения параметров	Величина параметров	Единицы измерений
$L_x$		километры
$L_y$		километры
$1/m$		сантиметры
$f_k$		миллиметры
$l_x * l_y$		сантиметры
$P_{\text{норм.}}$		проценты
$W$		километры / час
$A_{\text{ср.пл.}}$		метры
$h_{\text{max}}$		метры
$H_{\text{ср.}}$		метры
$H_{\text{абс.}}$		метры
$H_A$		метры
$P_x$		проценты
$P_y$		проценты
$b_x$		миллиметры
$b_y$		миллиметры
$B_x$		метры
$B_y$		метры
$K$		маршруты
$n$		кадры
$N$		кадры
$L$		километры
$T_s$		часы
$S$		километры квадратные
$S_{\text{РАБ.}}$		километры квадратные
$S_{\text{уч.}}$		километры квадратные



## **Тема 17. Теория погрешностей измерений**

Освоение темы «Теория погрешностей измерений» предполагает решение задач. Исходные данные для выполнения представлены в Приложении 1. Номер варианта определяется по последним 2 цифрам номера зачетной книжки студента.

При решении контрольных задач необходимо обратить внимание на следующее:

1) при вычислении средней квадратичной погрешности (СКП) и весов результатов измерений в промежуточных вычислениях следует удерживать две-три значащие цифры. Причем, в случае суммирования в наибольшем по абсолютной величине слагаемом оставлять две значащие цифры, остальные слагаемые вычислять с тем же числом десятичных знаков, которое будет иметь наибольшее слагаемое. Окончательные значения следует округлять до двух значащих цифр;

2) вычисления по формулам следует приводить к виду:

$$m = \sqrt{\frac{[\Delta^2]}{n}}, \quad (57)$$

$$m = \sqrt{\frac{[300]}{6}} = \frac{7}{1}'' , \quad (58)$$

или

$$m = \sqrt{\frac{[\Delta^2]}{n}} = \sqrt{\frac{[300]}{6}} = \frac{7}{1}'' , \quad (59)$$

где  $m$  – средняя квадратичная погрешность,  $[\Delta^2]$  – символ суммы, введенный К.Ф. Гауссом – сумма квадратов погрешности измерений,  $n$  – число измерений.

Истинная погрешность результата измерения вычисляется по формуле:

$$\Delta = l - a , \quad (60)$$

где  $\Delta$  – истинная погрешность,  $l$  – результат измерения;  $a$  – истинное значение измеряемой величины.

Оценка точности определения самой погрешности  $m$  (СКП самого СКП):

$$m_m = \frac{m}{\sqrt{2n}} , \quad (61)$$

где  $m_m$  – точность определения погрешности,  $m$  – величина погрешности,  $n$  – количество значений.

Предельную погрешность измерения  $\Delta_{\text{пред}}$  вычисляют по формуле:

$$\Delta_{\text{пред.}} = \varphi * m, \quad (62)$$

где  $\Delta_{\text{пред.}}$  – предельная погрешность,  $\varphi$  – коэффициент, принимающий значения в соответствии с выбранной доверительной вероятностью,  $m$  – величина погрешности.

Для вероятности  $P=0,997$  коэффициент  $\varphi=3$ , поэтому следует применять формулу в виде

$$\Delta_{\text{пред.}} = 3m, \quad (63)$$

*Решение задач.*

Пример 1.

Линия теодолитного хода измерена мерной лентой пять раз. При этом получены результаты: 217,24; 217,31; 217,28; 217,23; 217,20 м. Эта же линия измерена светодальномером, что дало результат 217,236 м. Найти СКП измерения линии мерной лентой, если результат измерения линии светодальномером принят за точное (истинное) значение длины линии.

Решение.

Результаты расчетов сведены в табл. 24.

Таблица 24

Средняя квадратическая погрешность измерения линий

№ п/п	Результаты измерений l, м	Погрешности измерений $\Delta=l-a, \text{см}$	$\Delta^2$
1	217,24	+0,4	0,2
2	217,31	+7,4	54,8
3	217,28	+4,4	19,4
4	217,23	-0,6	0,4
5	217,20	-3,6	13,0

$$[\Delta^2] = 87,8$$

СКП равна

$$m = \sqrt{\frac{[\Delta^2]}{n}} = \sqrt{\frac{87,8}{5}} = 4,2 \text{ см},$$

СКП самой СКП

$$m_m = \frac{m}{\sqrt{2n}} = \frac{4,2}{\sqrt{10}} = 1,3 \text{ см}.$$

Следовательно,  $m=4$  см.

Предельная погрешность равна:

$$\Delta_{\text{пред.}} = 3m = 3 * 4 = 12 \text{ см}$$

Погрешности всех пяти измерений меньше предельной погрешности, следовательно, нет оснований предполагать, что измерения имеют грубые погрешности.

Пример 2.

Площадь теодолитного полигона была измерена 8 раз планиметром (см. табл. 20). Та же площадь была вычислена аналитическим методом и получен результат 124,32 га. Приняв этот результат за точное значение площади полигона, вычислить СКП и предельную погрешности измерения площади планиметром.

Решение примера 2 представлено в табл. 25.

Таблица 25

Пример вычисления погрешностей

№ п/п	Результаты измерений Р, га	Погрешности измерений $\Delta = P - a$ , га	$\Delta^2$
1	2	3	4
1	124,48	+0,16	0,025
2	124,18	-0,14	0,020
3	124,12	-0,20	0,040
4	124,22	-0,10	0,010
5	124,54	+0,22	0,048
6	124,56	+0,24	0,058
7	124,06	-0,26	0,068
8	124,40	+0,08	0,006

$$[\Delta^2] = 0,275$$

$$m = \sqrt{\frac{[\Delta^2]}{n}} = \sqrt{\frac{0,275}{8}} = 0,1854 \text{ га};$$

$$m_m = \frac{m}{\sqrt{2n}} = \frac{0,1854}{\sqrt{2 * 8}} = 0,05 \text{ га};$$

$$m = 0,19 \text{ га};$$

$$\Delta_{\text{пред.}} = 3 * 0,19 = 0,58 \text{ га}.$$

**Задание 1.** Для исследования точности измерения горизонтального угла полным приемом теодолитом 3Т5КП был многократно измерен угол. Результаты оказались следующими: 39°17,4'; 39°16,8'; 39°16,6'; 39°16,2'; 39°15,5'; 39°15,8'; 39°16,3'; 39°16,2'. Тот же угол

был измерен высокоточным теодолитом 3Т2КП, что дало результат (см. приложение 1). Приняв это значение за точное, вычислить:

- СКП измерений угла;
- определить СКП самого СКП;
- найти предельную погрешность.

**Задание 2.** Дана совокупность угловых невязок в треугольниках объемом 50 единиц (табл. 26). На данной совокупности проверить свойства случайных погрешностей. Считая невязки истинными погрешностями, вычислить СКП и произвести оценку точности СКП, вычислить предельную погрешность.

Таблица 26

Совокупность угловых невязок

№	$f_{\beta}''$	№	$f_{\beta}''$	№	$f_{\beta}''$	№	$f_{\beta}''$	№	$f_{\beta}''$
1	+1,02	11	-1,72	21	-0,90	31	+2,80	41	-0,44
2	+0,41	12	+1,29	22	+1,22	32	-0,81	42	-0,28
3	+0,02	13	-1,81	23	-1,84	33	+1,04	43	-0,75
4	-1,88	14	-0,08	24	-0,44	34	+0,42	44	-0,80
5	-1,44	15	-0,50	25	+0,18	35	+0,68	45	-0,95
6	-0,25	16	-1,89	26	-0,08	36	+0,55	46	-0,58
7	+0,12	17	+0,72	27	-1,11	37	+0,22	47	+1,60
8	+0,22	18	+0,24	28	+2,51	38	+1,67	48	+1,85
9	-1,05	19	-0,13	29	-1,16	39	+0,11	49	+2,22
10	+0,56	20	+0,59	30	+1,65	40	+2,08	50	-2,59

**Контрольно-измерительные материалы для оценки знаний**

*Вариант 1.*

**Уровень выше среднего.**

1. Горизонталь – это
2. Магнитный азимут – это
3. Угол между нормально опущенной из данной точки и плоскостью экватора называется:
  - а) долготой;
  - б) широтой.
4. Отличительные черты плана и карты (укажите не менее двух).
5. Фотограмметрия – это
6. Верно ли утверждение, что масштаб карты 1:10000 является мелким:
  - а) да;
  - б) нет.
7. Геофизический (гравиметрический) метод определяет форму Земли или размеры:
  - а) форму;
  - б) размеры.
8. Размеры рамок листа по ширине и долготе (10' и 15') укажите буквой масштаб карты
  - а) 1:100000;
  - б) 1:500000;
  - в) 1:50000;
  - г) 1:25000.
9. Отношение длин отрезка по карте к длине горизонтальной проекции того же отрезка на местности называется –
10. К основным отрицательным формам рельефа относятся –
11. Какой прибор используется для производства барометрического нивелирования:
  - а) барометр-анероид;
  - б) ртутный барометр.
12. Влияет ли температура воздуха на точность барометрического нивелирования:
  - а) да;
  - б) нет.
13. Топография – это наука изучающая

14. Какая из съемок относится к углоначертательной планово-высотным съемкам:

- а) тахеометрическая;
- б) мензульная.

15. Глазомерная, мензульная съемки относятся к:

- а) углоначертательным;
- б) угломерным.

**Уровень средний.**

1. Номенклатура А-15-В соответствует масштабу:

- а) 1:50000;
- б) 1:500000;
- в) 1:25000;
- г) 1:10000;
- д) 1:200000.

2. Геодезия – это наука, изучающая

3. Размеры рамок листа по широте 20', долготы 30' соответствует масштабу:

- а) 1:100000;
- б) 1:50000;
- в) 1:25000;
- г) 1:200000;
- д) 1:10000.

4. Численный масштаб равен 1:10000, найдите именованный:

- а) в 1 см – 100 м;
- б) в 1 см – 1 км;
- в) в 1 см – 10м;
- г) в 1 см – 1м;
- д) в 1 см – 10 км.

5. Истинная форма Земли:

- а) шар;
- б) геоид;
- в) эллипсоид.

6. Топографическая карта – это

7. Угол между географическим меридианом и магнитным меридианом называется –

8. Плановые геодезические сети создаются методами –

9. Распознавание объектов местности по их фотоизображению называется –

10. Назовите плановые угломерные съемки низкой точности:

а) глазомерная съемка;

б) буссольная съемка;

в) эккерная съемка;

г) теодолитная;

д) съемка астролябией.

11. Топографические карты создаются в:

а) проекции Птолемея;

б) проекция Гауса-Крюгера;

в) проекция Пенка.

12. Масштаб длин 1:10000, найдите масштаб площадей:

а) в  $1 \text{ см}^2 - 1 \text{ га}$ ;

б) в  $1 \text{ см}^2 - 1000 \text{ м}^2$ ;

в) в  $1 \text{ см}^2 - 100000000 \text{ см}^2$ ;

г) в  $1 \text{ см}^2 - 10 \text{ га}$ .

13. Каким лучом прибора производится геометрическое нивелирование:

а) горизонтальным;

б) наклонным.

14. Укажите главный метод создания современных карт и планов крупного масштаба:

а) мензурная съемка

б) аэрофотосъемка

в) тахеометрическая съемка

15. Линейные измерения, обеспечивающие высокую точность, производятся:

а) мерными лентами

б) оптическими дальномерами

в) свето- и радиодальномерами

*Вариант 2.*

**Уровень выше среднего**

1. По номенклатуре В-15-40А-В-1 укажите ряд и колонну листа карты
2. Абсолютная высота – это высота относительно уровня:
  - а) Кронштадского водомерного поста (Балтийского моря)
  - б) Черного моря
3. Двугранный угол между плоскостью меридиана данной точки и плоскостью начального меридиана называется:
  - а) долготой
  - б) широтой
4. Математическая основа карт состоит из –
5. Верно ли утверждение, что масштаб карты 1:200000 является крупным:
  - а) да
  - б) нет
6. Используется ли космическая (спутниковая) геодезия для определения формы и размеров Земли, создание планетарной единой государственной сети:
  - а) да
  - б) нет
7. Какие масштабы карт относятся к обзорно- топографическим:
  - а) 1:1000000
  - б) 1:500000
  - в) 1:50000
  - г) 1:200000
  - д) 1:100000
8. Номенклатура карты Р-20-100А:
  - а) 1:100000
  - б) 1:200000
  - в) 1:50000
  - г) 1: 25000
9. К основным положительным формам рельефа относятся –
10. Геодезия – это наука, изучающая
11. Запишите по порядку точности виды нивелирования:
  - а) барометрическое
  - б) геометрическое
  - в) тригонометрическое.



12. При каких способах плановое положение точек без измерения расстояний:

- а) полярный
- б) прямой засечек
- в) обратной засечки
- г) обходы
- д) ординат

13. Какая из съемок относится к угломерным планово-высотным съемкам:

- а) тахеометрическая
- б) мензурная

14. Сколько меридианов и параллелей имеется на топографической карте:

- а) по 4
- б) по 2

15. Разность высот двух соседних горизонталей называется –

***Уровень средний***

1. Номенклатура Р-45-102 соответствует масштабу:

- а) 1:100000
- б) 1:1000000
- в) 1:10000
- г) 1:25000
- д) 1:50000

2. Топография – это наука, изучающая

3. Размеры рамки листа карты масштаба 1:100000 по широте и долготе соответствуют:

- а) 4° и 6°
- б) 20' и 30'
- в) 2° и 3°
- г) 10' и 15'
- д) 5' и 7',5

4. Именованный масштаб в 1 см – 5 км, найдите численный:

- а) 1:5000
- б) 1:500000
- в) 1:50000
- г) 1:500
- д) 1:50000000

5. Под чьим руководством были вычислены в 1940 г размеры эллипсоида у нас в стране:
- а) Хейворд
  - б) Грюнберг
  - в) Красовский
  - г) Каврайский
6. Географический (или истинный) азимут – это
7. Угол между географическим меридианом и вертикальной километровой линией сетки называется –
8. Высотные геодезические сети создаются методами –
9. По месту производства работ и методу дешифрирования можно выделить следующие дешифрирования –
10. Назовите плановые углоначертательные съемки низкой точности:
- а) буссольная съемка
  - б) глазомерная съемка
  - в) съемка школьной мензулой
  - д) мензульная съемка.
11. Длина линии на карте масштаба 1:100000 равна 5,5 см. Чему она равна на местности:
- а) 1:5000
  - б) 1:50000
  - в) 1:25000
12. Масштаб площади в 1 см – 25 га. Найдите масштаб длин:
- а) 1:5000
  - б) 1:50000
  - в) 1:500000
  - г) 1:25000
13. Тригонометрическое нивелирование производится лучом прибора:
- а) наклонным
  - б) горизонтальным
14. Какая из этих съемок относится к углоначертательным:
- а) мензульная
  - б) тахеометрическая
  - в) аэрофотосъемка.
15. Какая из этих съемок относится к планово-высотным:
- а) аэрофотосъемка
  - б) тахеометрическая съемка
  - в) мензульная съемка
  - г) глазомерная съемка
  - д) буссольная съемка.

### **Примерный перечень вопросов к экзамену**

1. Определение топографии и геодезии, их взаимосвязь с географическими и другими науками, значение в народном хозяйстве.
2. Топографический план и топографическая карта их отличие, методы создания.
3. Понятие о форме и размерах Земли (геоид, земной эллипсоид, референц-эллипсоид, эллипсоид Красовского).
4. Методы определения фигуры и размеров Земли.
5. Понятие о картографической генерализации. Особенности оформления карт и планов.
6. Системы координат для определения планового положения точек земной поверхности.
7. Географическая система координат, геодезическая и астрономическая система координат (параллели и меридианы, широта и долгота).
8. Плоские прямоугольные координаты (зональная система координат).
9. Полярная система координат (полюс, радиус-вектор).
10. Применение и особенности WGS, СК, МКС, условных систем координат.
11. Прямая и обратная геодезическая задача.
12. Системы высот. Абсолютная и относительная высота.
13. Азимуты географический и магнитный. Склонение магнитной стрелки.
14. Дирекционный угол. Румбы.
15. Единицы мер применения в топографии и геодезии в России и других странах.
16. Понятие о точности измерений. Виды измерений (равноточные и неравноточные).
17. Погрешности измерений (грубые, систематические, случайные). Свойства случайных ошибок.
18. Вероятнейшее значение измеренной величины (принцип арифметической середины).
19. Разграфка и номенклатура карт и планов.
20. Приборы для линейных измерений.
21. Методика линейных измерений разными приборами.
22. Измерение горизонтальных углов и направлений. Принцип измерения.

23. Теодолит. Типы теодолитов, их характеристики. Принципиальная схема теодолита.
24. Устройство и основные части теодолита.
25. Поверки теодолита.
26. Теодолитные ходы, их виды.
27. Прямые и обратные засечки.
28. Государственные геодезическая сеть России, её назначение, схема построения, классы их точность.
29. Понятие о триангуляции, трилатерации и полигонометрии.
30. Разбивка пикетажа, трассирование.
31. Нивелирования, виды нивелирования. Определение высот точек местности. Превышение. Передача высот.
32. Нивелиры, их виды, принципиальная схема. Поверки. Нивелирные рейки.
33. Государственная нивелирная сеть России, её назначение, схема построения, классы их точность.
34. Топографическая съемка, классификация съемок. Виды и способы топографической съемки местности.
35. Аэрофототопографическая съемка
36. Дешифрирование аэрофотоснимков, прямые и косвенные признаки дешифрирования. Эталон его применения.
37. Комбинированная съемка.
38. Постраничный контроль при нивелирных работах.
39. Ортофотопланы.
40. Применение космической съемки.
41. Камеральная обработка результатов горизонтальной и вертикальной съемок трассы
42. Трасса линейного сооружения. Углы поворота трассы, вычисление азимутов и румбов трассы на прямолинейных участках по углам поворота. Вычисление главных элементов кривой: Т, К, Д, Б.
43. Абрис.
44. Выноска границ участков в координатах. Порядок. Сопроводительная документация.
45. Выноска осей зданий.
46. Способы разбивки.
47. Вертикальная планировка участка.
48. Геодезическое сопровождение строительства.

- 49. Спутниковое позиционирование.
- 50. Относительные виды спутникового позиционирования. RTK.
- 51. Опорная межевая сеть. Классификация.
- 52. Состав технических отчетов.
- 53. Порядок получения картографо-геодезических материалов в Росреестре.
- 54. Временные и постоянные геодезические знаки.
- 55. Составление плана по результатам теодолитной съемки: подробно все этапы расчетов.
- 56. ПО, применяемое в геодезии.
- 57. ГИС и ЗИС
- 58. Основные виды геодезических работ в землеустройстве.
- 59. Основные и дополнительные дешифровочные признаки.
- 60. Точность геодезического оборудования.

## Глоссарий

ГГС – государственная геодезическая сеть.

ГИС – географическая информационная система (система сбора, хранения, анализа и графической визуализации пространственных (географических) данных и связанной с ними информации о необходимых объектах).

ГП – горизонт прибора – высота визирного луча нивелира над уровнем поверхностью. Он равен высоте точки плюс отсчёт на эту точку.

Коллимационная погрешность – погрешность от неперпендикулярности визирной оси зрительной трубы к оси вращения трубы.

Лимб оптического теодолита – стеклянный диск, на поверхности которого по окружности определенного радиуса нанесена шкала делений обычно от 0 до 360°.

Параллакс нитей – несовпадение изображения предмета с плоскостью сетки нитей зрительной трубы.

Поверки и юстировки теодолита – выявление отклонений от геометрических параметров и оптико-механических требований, положенных в основу конструкции теодолита, и наиболее полное их устранение.

Пункт геодезический – пункт геодезической сети, отмеченный на местности заложением в землю центром и возведенным над ним знаком.

Сетка нитей – плоскопараллельная пластинка с нанесенным на ней перекрестием и другими штрихами.

Теодолит – геодезический инструмент для измерения горизонтальных, вертикальных углов и расстояний.

Триангуляция – метод определения положения геодезических пунктов путем построения на местности систем, смежно расположенных треугольников, в которых измеряют все углы и длину, хотя бы одной стороны.

Угломерный круг – основная часть теодолита, изготовляющаяся из стекла (в оптических теодолитах) и имеющая равномерную измерительную шкалу в виде радиальных одинарных или двойных штрихов.

Уровни – приспособления, предназначенные для установки вертикальных (горизонтальных) осей теодолитов (приборов) относительно отвесной линии.

УГ – условный горизонт – это линия, абсолютная высота которой на графике профиля подбирается так, чтобы между нижней точкой профиля и линией условного горизонта оставалось место для нанесения другой информации, в отношении которой строится сам профиль.

Электронный тахеометр – прибор, который объединяет в себе электронный теодолит, светодальномер, встроенный компьютер с пакетом прикладных программ и регистратор информации.

## Приложение

Варианты индивидуальных задач  
для выполнения Темы 17 «Теория погрешностей измерений»

№	1	6	11	12	13	14	16	19	22	23
1	39°16'00" "	+ 2°30'	60°41,0'	26,25 га	175,10 м	5"	3	4	6; 4	10; 15
2	16 03	1 45	42,0	26	11	10	4	6	4; 6	16; 14
3	16 06	3 10	43,0	27	12	15	6	2	6; 10	18; 16
4	16 09	3 00	40,0	28	13	20	9	4	10; 6	16; 18
5	16 12	3 30	41,5	29	14	25	6	6	4; 10	10; 15
6	16 15	3 45	42,5	30	15	30	4	2	10; 4	14; 16
7	16 18	4 00	43,5	31	16	25	3	4	6; 4	16; 18
8	16 21	4 12	40,5	32	17	20	4	6	4; 6	15; 10
9	16 24	4 28	41,0	33	18	15	6	2	6; 10	14; 16
10	16 27	4 35	42,0	34	19	10	9	4	10; 6	16; 18
11	16 30	4 42	43,0	35	20	5	4	6	6; 10	15; 10
12	16 33	4 50	40,0	34	21	10	6	2	4; 10	16; 14
13	16 36	4 55	41,5	33	22	15	9	4	10; 4	18; 16
14	16 39	5 00	42,5	32	23	20	3	6	6; 4	10; 14
15	16 42	5 02	43,5	31	24	25	4	2	4; 6	14; 10
16	16 45	5 05	40,5	30	25	30	6	4	6; 10	15; 10
17	16 48	5 24	41,0	29	26	25	9	6	10; 6	10; 15
18	16 51	5 17	42,0	28	27	20	3	2	4; 10	16; 18
19	15 48	5 30	43,0	27	28	15	4	4	10; 4	18; 16
20	15 51	5 32	40,0	26	29	10	6	6	6; 4	10; 15
21	15 54	5 33	41,5	25	30	5	9	2	4; 6	16; 14
22	15 57	5 35	42,5	26	31	10	3	4	6; 10	16; 18
23	16 01	5 40	43,5	27	32	15	4	6	10; 6	10; 15

24	16 04	5 42	40,5	28	33	20	6	2	4; 10	16; 18
25	16 05	5 45	41,0	29	34	25	9	4	10; 4	14; 16
26	16 10	5 47	42,0	30	35	30	3	6	6; 4	16; 14
27	16 15	5 51	43,0	31	36	25	4	2	4; 6	15; 10
28	16 20	5 53	40,0	32	37	20	6	4	6; 10	10; 15
29	16 25	5 58	41,5	33	38	15	9	6	10; 5	16; 18
30	16 28	6 01	42,5	34	39	10	4	4	4; 10	18; 16

Данные для решения задач, номера которых не указаны в таблице, общие для всех студентов.



**Список использованных источников**

1. Анисимов Вл.А. Инженерная геодезия / Вл.А. Анисимов, С.В. Макарова. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2009. – 150 с.
2. Ключин Е.Б. Инженерная геодезия / Е.Б. Ключин [и др.]. – М.: Высш. шк., 2000. – 464 с.
3. Куштин И.Ф. Геодезия: учебно-практическое пособие / И.Ф. Куштин. – М.: ПРИОР, 2001. – 448 с.
4. Лукьянов В.Ф. Лабораторный практикум по инженерной геодезии / В.Ф. Лукьянов [и др.]. – М.: Недра. – 336 с.
5. Маслов А.В. Геодезические работы при землеустройстве / А.В. Маслов. – М.: Недра, 2002. – 264 с.
6. Пичугина Т.В. Топография: учебно-методический комплекс / Т.В. Пичугина. – Горно-Алтайск: РИО ГАГУ, 2010. – 107 с
7. Обиралов А.И. Фотограмметрия и дистанционное зондирование / А.И. Обиралов, А.Н. Лимонов, Л.А. Гаврилова. – М.: Колосс, 2006. – 334 с.
8. Сабирзянов А.М. Прикладная геодезия: учебно-методическое пособие / А.М. Сабирзянов, Н.В. Трофимов, С.В. Сочнева [и др.]. – Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2017. – 61 с.
9. Савушкина В.П. Геодезические расчеты при проектировании вертикальной планировки (на примере горизонтальной и наклонной площадок) / В.П. Савушкина, С.В. Шендяпина. – М.: НИУ МГСУ, 2015.
10. Сокуева Е.Е. Методические указания по выполнению практических работ для специальностей «ПМ.01 Участие в изыскании и проектировании автомобильных дорог и аэродромов», «МДК 01.01 Изыскание и проектирование» / Е.Е. Сокуева. – Улан-Удэ: ИЦ БЛПК, 2016. – 65 с.
11. Хремли Г.П. Лабораторный практикум по геодезии / Г.П. Хремли, Н.А. Казаченко. – Екатеринбург: Изд-во УФУ, 2011. – 51 с.
12. Хремли Г.П. Учебная практика по геодезии / Г.П. Хремли, Т.И. Левитская, Н.А. Казаченко. – Екатеринбург: Изд-во УФУ, 2011. – 65 с.
13. Фельдман В.Д. Основы инженерной геодезии: учебник / В.Д. Фельдман, Д.Ш. Михелев. – 4-е изд. – М.: Высшая школа, 2001. – 314 с.
14. Юнусов А.Г. Геодезия: методические указания по выполнению контрольных работ / А.Г. Юнусов [и др.]. – М.: ГУЗ, 2012. – 75 с.

Для заметок

Для заметок

Для заметок

*Учебное издание*

Ильин Владимир Николаевич  
Никонорова Инна Витальевна

**КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ И ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ  
СОПРОВОЖДЕНИЕ ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИХ  
И ЛАНДШАФТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Практикум

Чебоксары, 2025 г.

Компьютерная верстка *Е. В. Иванова*

Подписано в печать 27.04.2025.

Дата выхода издания в свет 05.05.2025.

Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Гарнитура Times. Усл. печ. л. 4,42. Заказ К-1417. Тираж 500 экз.

Издательский дом «Среда»  
428005, Чебоксары, Гражданская, 75, офис 12  
+7 (8352) 655-731  
[info@phsreda.com](mailto:info@phsreda.com)  
<https://phsreda.com>

Отпечатано в Студии печати «Максимум»  
428005, Чебоксары, Гражданская, 75  
+7 (8352) 655-047  
[info@maksimum21.ru](mailto:info@maksimum21.ru)  
[www.maksimum21.ru](http://www.maksimum21.ru)