

Министерство сельского хозяйства  
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Дальневосточный государственный  
аграрный университет»

**Ю. И. Колотова**

***ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
«ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ»***

***Учебное пособие***

Благовещенск  
Дальневосточный ГАУ  
2023

УДК 528.4  
ББК 26.1  
К61

**Рецензент**

*Дмитрий Алексеевич Москвичев, генеральный директор  
ООО «Амургеосервис»*

*Рекомендовано к использованию в учебном процессе методическим советом  
факультета строительства и природообустройства  
Дальневосточного государственного аграрного университета*

**Колотова, Ю. И. Лабораторный практикум по дисциплине  
К61 «Инженерная геодезия» : учебное пособие / Ю. И. Коло-  
това ; Дальневост. гос. аграр. ун-т. – Благовещенск : Дальнево-  
сточный ГАУ, 2023. – 65 [1] с.**

**ISBN 978-5-9642-0568-5**

Учебное пособие содержит задания и алгоритм их выполнения на лабораторных занятиях по дисциплине «Инженерная геодезия». Рассмотрены инженерные задачи, решаемые по топографическим картам, построение профиля местности и подсчет площади земельного участка. Показаны устройство и порядок работы с геодезическими приборами (теодолитом, нивелиром, тахеометром, приемником ГНСС). Приведены тесты для проверки знаний.

Предназначено для использования в учебном процессе на лабораторных занятиях и в самостоятельной работе при закреплении теоретического материала для студентов направлений подготовки 08.03.01 «Строительство», 21.03.02 «Землеустройство и кадастры», 20.03.01 «Техносферная безопасность».

УДК 528.4  
ББК 26.1

ISBN 978-5-9642-0568-5 © Колотова Ю. И., 2023  
© ФГБОУ ВО Дальневосточный  
государственный аграрный университет, 2023

---

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
Раздел 1. Топографические карты и планы .....	5
Лабораторная работа № 1 .....	5
Лабораторная работа № 2.....	9
Лабораторная работа № 3.....	15
Лабораторная работа № 4.....	17
Раздел 2. Геодезические измерения .....	20
Лабораторная работа № 5.....	20
Лабораторная работа № 6.....	24
Лабораторная работа № 7.....	28
Лабораторная работа № 8.....	30
Лабораторная работа № 9.....	32
Лабораторная работа № 10.....	35
Раздел 3. Топографические съемки .....	39
Лабораторная работа № 11 .....	39
Лабораторная работа № 12.....	42
Тестовые задания.....	46
Список рекомендуемой литературы.....	55
Приложение А. Варианты заданий для лабораторной работы № 2.....	56
Приложение Б. Варианты заданий для лабораторной работы № 3 .....	61

---

## **ВВЕДЕНИЕ**

Учебное пособие составлено в соответствии с учебным планом по дисциплине «Инженерная геодезия», охватывает все разделы программы и предназначено для выполнения обучающимися лабораторных работ. При изложении материала используются задания, которые выполняются в полном объеме с преподавателем или самостоятельно. Выполнение каждого следующего задания предусматривает последовательное использование материалов предыдущих заданий. Такое построение заданий в большей мере способствует восприятию общей технологии геодезических работ.

Основная цель лабораторных работ заключается в выработке у обучающихся умения активно применять полученные знания и самостоятельно выполнять изучаемые виды геодезических работ. Достаточное внимание уделено организационной стороне проведения занятий. С этой целью в начале заданий приводится перечень необходимых приборов и принадлежностей, что позволяет обучающимся более тщательно подготовиться к занятиям.

Подготовку к занятию начинают с изучения соответствующего раздела по учебнику или конспекту лекций. При этом особое внимание следует обратить на существо вопроса. Далее следует внимательно ознакомиться с краткими теоретическими сведениями, где излагается практическая сущность задания. К занятию необходимо заранее приготовить принадлежности, которые перечислены в техническом оснащении. Начиная выполнять лабораторные задания, необходимо четко представлять конечный результат и методы его достижения, что требует внимательного и вдумчивого отношения к объяснениям преподавателя.

Полностью выполненное и оформленное задание представляется на проверку преподавателю. При приемке задания выявляются практические знания студентов.

## РАЗДЕЛ 1.

### ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ КАРТЫ И ПЛАНЫ

#### Лабораторная работа № 1

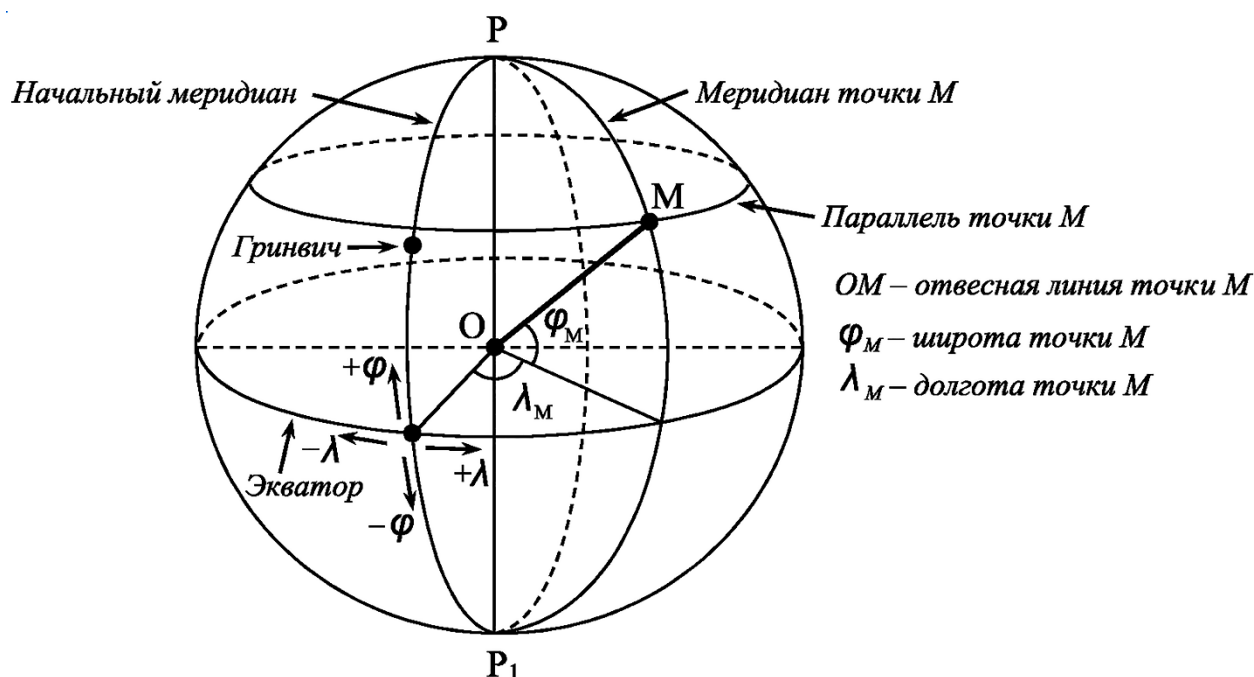
**Цель работы:** закрепить принципы определения географических и прямоугольных координат по топографической карте; приобрести навыки самостоятельной работы с картографическими материалами.

**Краткие теоретические сведения.** Важным элементом математической основы карты являются координатные сетки. Они необходимы для ориентирования по карте, определения направлений (азимутов, румбов, дирекционных углов), прокладки маршрутов, нанесения элементов содержания новых объектов по их координатам и снятия с карты координат объектов. Кроме того, наличие сетки позволяет судить о масштабе карты, виде проекции и распределении искажений в ней. На картах используют разные координатные сетки.

**Картографическая сетка на карте состоит из линий меридианов и параллелей (географической сетки), отражающих значение долгот, счет которых ведется от начального Гринвичского меридиана, и широт, которые отсчитываются от экватора.** Картографическая сетка показывает направления «север – юг» и «запад – восток», позволяет судить о широтных поясах, о расположении объектов относительно сторон света.

В системе географических координат местоположение проекции точки на сфероиде определяется двумя углами: широтой и долготой (рис. 1).

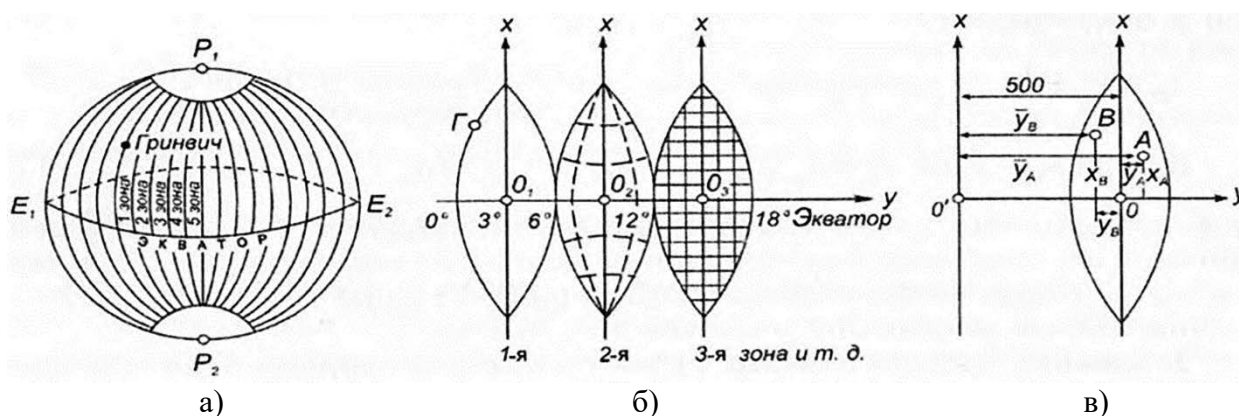
**Широтой точки  $\varphi$  называют угол, образованный отвесной линией в данной точке и плоскостью экватора.** Этот угол отсчитывается от плоскости экватора на север и на юг, изменяясь от 0 до 90°. Соответственно широта бывает северная (+) и южная (–).



**Рисунок 1 – Схема определения географических координат точки**

Долготой точки  $\lambda$  называют двугранный угол, заключенный между плоскостью начального (Гринвичского) меридиана, и плоскостью меридиана, проходящего через данную точку. От начального меридиана долготу отсчитывают на восток и запад, от 0 до 180°. Соответственно долгота бывает восточная (+) и западная (-).

Зональная система плоских прямоугольных координат предложена Гауссом в 1828 г. Сущность проекции заключается в следующем. Поверхность земного сфероида делят меридианами на зоны в 6° по долготе, начиная от начального меридиана, и нумеруют по направлению к востоку (рис. 2, а), всего зон 60. Далее получают плоские изображения каждой зоны, для чего мысленно помещают сфероид внутрь цилиндра так, чтобы осевой меридиан зоны касался поверхности цилиндра. Из центра сфероида зону проектируют на поверхность цилиндра – при этом углы сферы будут изображены без искажения, поэтому данную проекцию называют равноугольной, поперечно-цилиндрической. Изображение на поверхности цилиндра затем можно развернуть на плоскость.



- а) схема деления поверхности земного шара на зоны;
- б) схема изображения зон после развертки на плоскости;
- в) схема определения преобразованных координат

**Рисунок 2 – Зональная система прямоугольных координат**

В поперечно-цилиндрической проекции искажения будут в длинах линий: зоны на цилиндре получаются более широкими, чем на шаре. Не будет никаких искажений осевого меридиана – он касается поверхности цилиндра, но чем дальше расположены отрезки от осевого меридиана, тем больше будут искажения в длинах линий. Наличие искажений в общем случае определяет возможное непостоянство масштаба в отдельных частях карты.

В проекции Гаусса за начало координат в каждой зоне принимают точку пересечения осевого меридиана с линией экватора, которые образуют прямой угол. Они и есть в данном случае оси координат (рис. 2, б). Осевой меридиан служит осью абсцисс  $x$ , а линия экватора – осью ординат  $y$ . Положительным направлением абсцисс считается направление от экватора к северу, положительным направлением ординат – на восток. В математике применяется левая система координат (нумерация четвертей против движения часовой стрелки), в геодезии – правая система. Но так как наименования осей координат тоже противоположны, знаки координат точек, расположенных в одноименных четвертях, совпадают, что позволяет применять формулы тригонометрии без всяких изменений и в данной системе.

---

Для территории Российской Федерации, расположенной в северном полушарии, абсциссы  $x$  везде положительны, а ординаты  $y$  могут быть и положительными, и отрицательными, например, для точки  $B$  (рис. 2, в). Отрицательные ординаты затрудняют обработку геодезических материалов. Чтобы избежать этого, ординату осевого меридиана принимают не за 0, а за 500 км. Следовательно, к ординатам всех точек зоны прибавляется эта условная величина (500 км).

Дополнительно в записи ординаты точки указывают номер зоны, который приписывается впереди ординаты. Для определения местоположения точки в зоне следует, зная ее координаты, убрать из записи ординаты номер зоны и вычесть 500 км.

**Задания:**

1. Определите географические координаты точки с известной отметкой на карте масштаба.
2. Определите прямоугольные координаты точки с заданной отметкой на топографической карте масштаба.

**Техническое оснащение:** линейка, карандаш, циркуль-измеритель.

**Порядок выполнения работы:**

1. Проводим через заданную точку параллель (то есть линию, параллельную южной стороне рамки карты). Широта искомой точки равна широте южной рамки ( $\varphi=54^{\circ}40'$ ) плюс число минут и секунд от южной рамки до параллельной точки ( $1'25''$ )  $\varphi=54^{\circ}40'+1'+25''=54^{\circ}41'25''$ .
2. Долготу искомой точки находим аналогично, проводя через точку истинный меридиан и пользуясь делениями на южной и северной сторонах рамки.

3. Приняв за оси координат километровые линии, опускаем на них из искомой точки перпендикуляры  $\Delta x$  и  $\Delta y$ , длины которых определяем по поперечному масштабу.

4. Результаты вычислений заносим в тетрадь.

## Лабораторная работа № 2

**Цель работы:** научиться работать с топографической картой, ориентировать линии по сторонам света; приобретение навыков самостоятельной работы с картографическими материалами.

**Краткие теоретические сведения.** Для ориентирования карты достаточно ориентировать линию, принадлежащую данной карте. Для того чтобы ориентировать линию, надо знать угол ориентирования, то есть тот угол, который данная линия составляет с направлением, принятым за начальное.

**В географической системе** за начальное направление принято северное направление географического меридиана, и углами ориентирования являются истинный (географический) азимут  $A$  и географический румб  $r_2$ .

**Истинный (географический) азимут** – угол, отсчитываемый от северного направления географического меридиана по ходу часовой стрелки до ориентированной линии. Изменяется от 0 до 360°. Но географические меридианы в разных точках сфероида не параллельны между собой, поэтому азимут одной и той же линии (линия  $MK$ ) в различных ее точках будет различен (азимут  $AM$  в точке  $M$  не равен азимуту  $AN$  в точке  $N$ ). Это различие определяет угол  $\gamma$ , который называется сближением меридианов:  $\gamma = AM - AN$  (рис. 3).

В геодезии пользуются терминами: прямое направление линии и обратное. Так, если исходное направление линии – направление  $MN$  (рис. 3), то об-

ратное направление – направление  $NM$ . Соответственно азимут линии  $MN$  будет прямым, линии  $NM$  – обратным ( $A_M, A_N$  – азимуты прямые,  $A_{(N)обр}$  – азимут обратный), в общем случае  $A_{обр} = A_{пр} \pm 180^\circ$ .

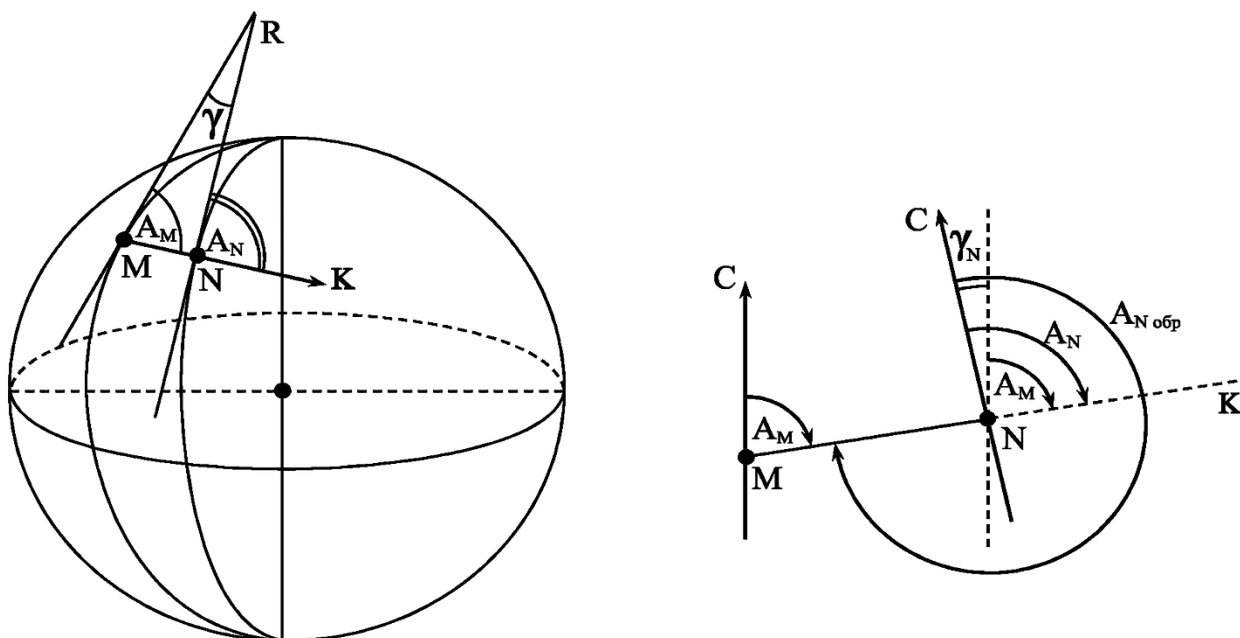


Рисунок 3 – Схема определения азимутов линий

**Географический румб** – острый угол между ориентируемой линией и ближайшим направлением географического меридиана (северным или южным). Румб может иметь значения от 0 до  $90^\circ$ . Числовые значения румба необходимо сопровождать названием четверти, в которой находится линия. Обратные румбы отличаются от прямых названием, их угловая величина не меняется. Если румб  $r = ЮВ: 75^\circ 15'$  – прямой, то  $r = СЗ: 75^\circ 15'$  – обратный.

**В системе плоских прямоугольных координат** за начальное направление принято северное направление осевого меридиана (рис. 4), и углами ориентирования являются дирекционный угол  $\alpha$  и дирекционный румб  $r$ . Соответственно в пределах зоны сближения меридианов  $\gamma$  есть угол, образованный направлением осевого меридиана и направлением географического меридиана данной точки.

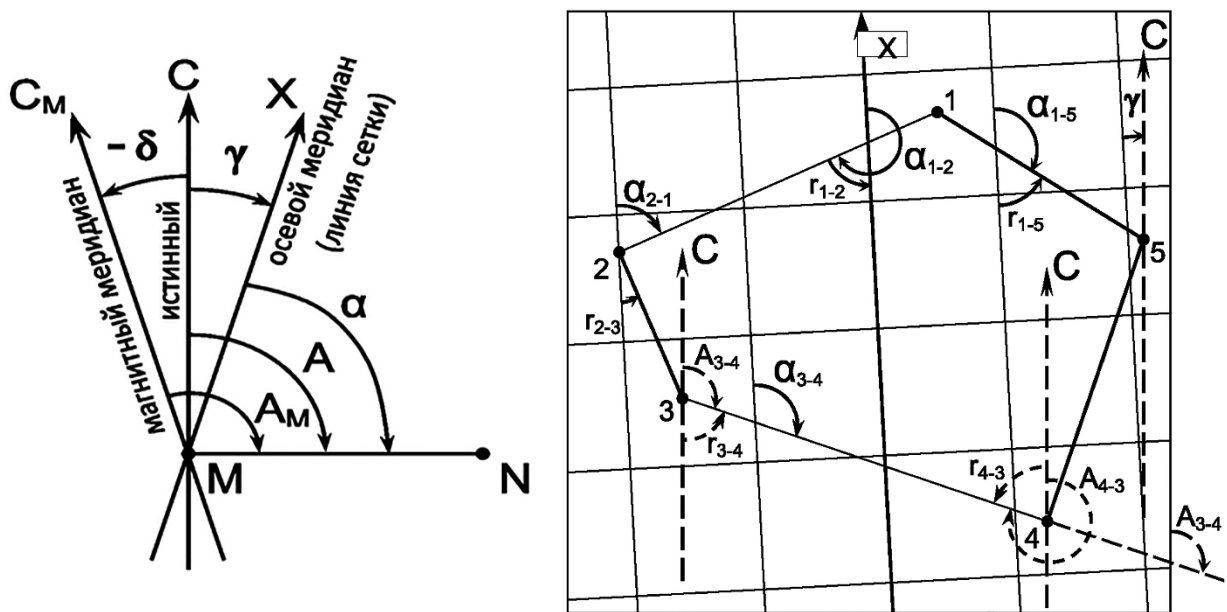


Рисунок 4 – Схема ориентирования углов

**Дирекционный угол** – угол, отсчитываемый от северного направления осевого меридиана или линии, ему параллельной, по ходу часовой стрелки до ориентируемой линии. Изменяется от 0 до 360°.

Дирекционный угол в разных точках прямой – величина постоянная, и соответственно обратный дирекционный угол равен:  $\alpha_{обр} = \alpha_{пр} + 180^\circ$ .

Зная географический азимут, можно вычислить дирекционный угол, и наоборот. Если линия километровой сетки находится к западу от истинного меридиана, то сближение меридианов  $\gamma$  имеет знак «-», если к востоку, то знак «+», но во всех случаях определяется по формуле (1):

$$A = \alpha + \gamma \quad (1)$$

где  $a$  – дирекционный угол;  
 $\gamma$  – угол сближения меридианов.

**Дирекционный румб** – острый угол между ориентируемой линией и ближайшим направлением осевого меридиана или линии, ему параллельной, изменяется от 0 до 90°. Связь между румбами и дирекционными углами (рис. 4) такая же, как и в географической системе.

---

При ориентировании относительно магнитного меридиана углами ориентирования являются магнитный азимут  $A_m$  и магнитный румб  $r_m$ .

Магнитный меридиан, как правило, не совпадает с географическим. Угол, образованный этими меридианами, называется магнитным склонением  $\delta$ . Если линия магнитного меридиана находится к западу от истинного меридиана, то склонение магнитной стрелки  $\delta$  имеет знак «-», если к востоку, то знак «+», во всех случаях используем формулу (2):

$$A = A_m + \delta \quad (2)$$

где  $A_m$  – азимут магнитный;

$\delta$  – склонение магнитной стрелки.

**Магнитное склонение** – величина непостоянная, известны его суточные, годовые и вековые изменения. В частности, суточное изменение в средней полосе территории РФ достигает 15' и больше. Есть районы, где вообще нельзя пользоваться показаниями магнитной стрелки. Уточненную величину магнитного склонения можно узнать на метеостанциях и по специальным картам, его среднее значение приводится на топографических картах.

**Магнитный румб** – острый угол между ориентируемой линией и ближайшим направлением магнитного меридиана. Связь между магнитными румбами и азимутами такая же, как и в географической системе.

**Задания:**

1. Определите географические и прямоугольные координаты заданных точек на топографической карте.
2. Измерьте длины линий между точками.
3. Измерьте дирекционные углы.
4. Вычислите истинные и магнитные азимуты, румбы.

**Техническое оснащение:** транспортир, линейка, карандаш, калькулятор.

**Порядок выполнения работы:**

1. Используя приложение А учебного пособия, необходимо выбрать свой вариант. Номер варианта совпадает с последней цифрой зачетной книжки (в том случае, если последняя цифра ноль, используется вариант 10). На топографической карте номенклатуры У-33-109-Б (БАД-МЮНДЕР) масштаба 1:50 000 отмечены четыре точки (1, 2, 3, 4) и соединены линиями в прямоугольник.

2. Используя рамку топографической карты определите географические координаты вершин прямоугольника. Каждая сторона рамки разбита на целые минуты по широте и долготе, отрезки залиты через один черным цветом. Минутная рамка разделена на 6 частей точками через 10 секунд. Широту и долготу каждой точки определяем, опуская перпендикуляры на горизонтальную и вертикальную рамки карты.

3. Используя километровую сетку карты определите прямоугольные координаты вершин прямоугольника. Для этого через искомую точку проводят прямые, параллельные линиям координатной сетки и получают приращения координат.

4. Измерьте расстояния между точками в сантиметрах и с помощью масштаба карты вычислите длину линий прямоугольника на местности.

5. При помощи транспортира измерьте дирекционные углы линий.

6. Используя легенду карты (определите склонение магнитной стрелки и сближение меридианов), вычислите истинные и магнитные азимуты.

7. Пользуясь таблицей зависимости между азимутами, дирекционными углами и румбами, вычислите значения румбов.

8. Результаты вычислений занесите в таблицу 1.

Таблица 1 – Ведомость определения координат, азимутов, румбов

Номер вершины	Координаты		Длина Длина географические прямоугольные линии, м	Дирекционный угол, $\alpha$	Азимуты		Румбы	
	географические	прямоугольные			истинный, $A_{\text{И}}$	магнитный, $A_{\text{М}}$	истинный, $\Gamma_{\text{И}}$	магнитный, $\Gamma_{\text{М}}$
1								
2								
3								
4								

### Лабораторная работа № 3

**Цель работы:** научиться строить профиль местности по заданному направлению; закрепить полученные теоретические знания о свойствах горизонталей и определении высот точек на топографической карте.

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

Как правило, разрез местности (рис. 5, а) представляет собой кривую линию ABC...G. На профиле (рис. 5, б) она строится в виде ломаной линии abc...g. Уровенную поверхность изображают прямой линией. Для большей наглядности вертикальные отрезки (высоты, превышения) делают крупнее, чем горизонтальные (расстояния между точками).

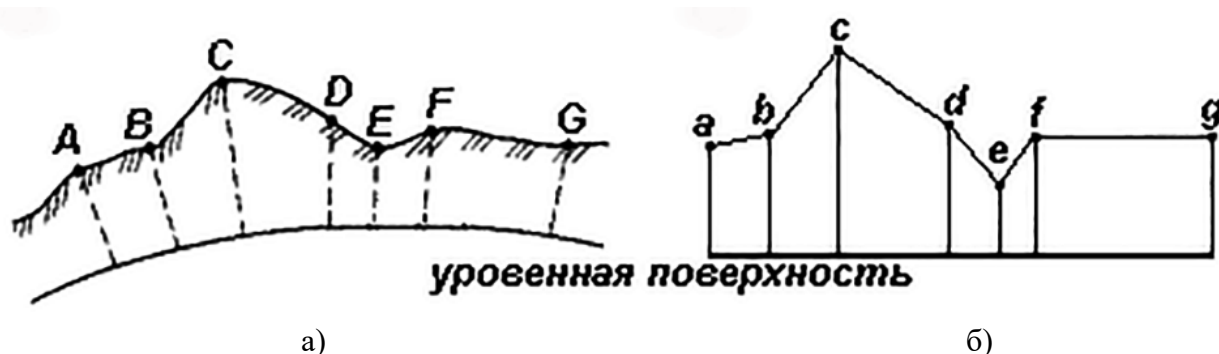


Рисунок 5 – Вертикальный разрез а) и профиль б) местности

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

**Горизонталь** – кривая линия, соединяющая все точки местности с равными отметками, с пересечением уровенной поверхности с физической поверхностью Земли. Разность высот смежных горизонталей называется **высотой сечения рельефа** и обозначается буквой *h*.

---

Высота сечения рельефа в пределах плана или карты строго постоянна. Ее выбор зависит от характера рельефа, масштаба и назначения карты или плана. Для определения высоты сечения рельефа иногда пользуются формулой (3):

$$h = 0,2 \text{ мм} \cdot M \quad (3)$$

где  $M$  – знаменатель масштаба.

*Такая высота сечения рельефа называется нормальной.*

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

### **Задание:**

Постройте профиль на карте заданного масштаба по известному направлению. Исходные данные по вариантам приведены в приложении Б.

**Техническое оснащение:** лист миллиметровой бумаги формата А4, линейка, карандаш, циркуль-измеритель.

### **Порядок выполнения работы:**

1. Для построения профиля местности на карте отмечаем на линии АВ точки 1, 2, 3...n пересечения ее с горизонталями, а также характерные линии рельефа. Высоты точек пересечения равны высотным отметкам горизонталей или их определяют путем интерполирования.

2. На листе бумаги строим графы расстояний и отметок. Подписываем величину масштабов: вертикального и горизонтального.

3. На листе бумаги проводим горизонтальную линию, на которой в масштабе 1:25 000 откладываем все точки пересечения. Над всеми перенесенными точками от линии условного горизонта восстанавливаем перпендикуляры и на них в масштабе 1:1 000 откладываем отметки точек.

4. Концы перпендикуляров соединяем плавной кривой линией, которая и изобразит профиль местности.

5. Положение точки на тальвеге или ложе реки определяем на пересечении встречных скатов.

#### Лабораторная работа № 4

**Цель работы:** *определить площадь участка геометрическим и аналитическим способами; закрепить полученные знания при решении задач по топографическому плану.*

**Краткие теоретические сведения.** В зависимости от хозяйственного значения участков и контуров, их размеров, форм применяются следующие способы определения площадей: графический, механический и аналитический.

**Графический способ** целесообразно применять, когда измеряемый участок имеет более или менее правильную форму и ограничен прямыми линиями. Такими участками обычно являются те, форма которых определилась деятельностью человека (например, сельскохозяйственные угодья, территории населенных пунктов или их частей, полосы отвода транспортных магистралей и т. д.). Палетками выгодно измерять площади небольших участков, имеющих на карте размеры не более 4–5 см<sup>2</sup>, а также узкие, сильно вытянутые участки (например, долины рек, полосы отвода транспортных магистралей и т. д.).

**Механический способ** находит широкое применение при определении площадей, имеющих произвольную, часто весьма неправильную конфигурацию, таких, например, как водосборные бассейны, леса, болотные комплексы, рудные поля и т. д.

---

**Аналитический способ** определения площадей контуров и участков требует измерений линий и углов на местности. Его целесообразно применять, если площадь нужно получить с повышенной точностью и не дожидаясь составления плана (карты).

Наиболее точный – аналитический способ, так как на точность определения площади при этом способе влияют только погрешности измерений на местности, в то время как при графическом и механическом способах, помимо погрешностей измерений на местности, влияют и погрешности составления плана (карты), определения площадей по плану и деформация бумаги.

**Задание:**

Определите площадь фигуры, заданной преподавателем на карте, аналитическим способом и при помощи палетки.

**Техническое оснащение:** палетка, топографическая карта масштаба, карандаш, тетрадь, шариковая ручка.

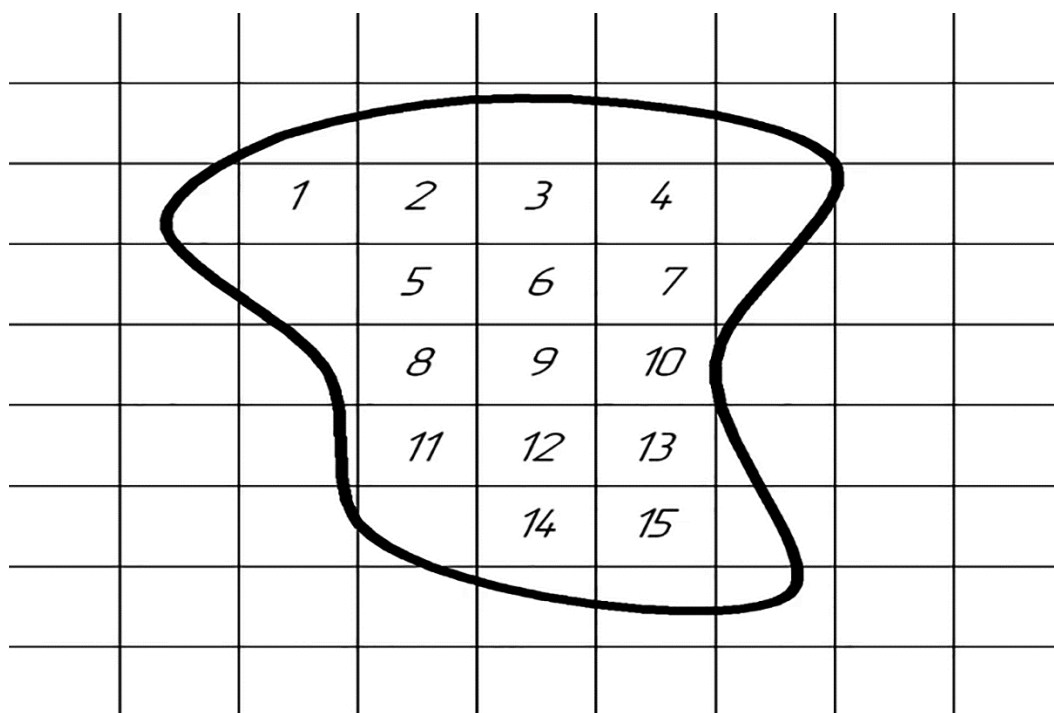
**Порядок выполнения работы:**

1. *Графическое определение площади фигуры.* Площадь многоугольника определяется путем деления его на простейшие фигуры (треугольники, четырехугольники и т. д.) и измерением их элементов по карте.

2. В каждой фигуре измеряют высоту и основание, по которым вычисляют площади треугольников.

3. Общая площадь участка определяется суммированием площадей отдельных фигур.

4. *Определение площади при помощи палетки.* Вместо разбивки участка на отдельные фигуры и если участок имеет криволинейные очертания, более быстро площадь определяется при помощи палетки, один из образцов которой представлен на рисунке 6.



**Рисунок 6 – Определение площади фигур при помощи палетки**

5. Такая палетка состоит из сетки мелких квадратов  $2 \times 2$  мм, нанесенной на прозрачную основу (калька, плексиглас, целлулоид). Мелкие квадраты образуют большие квадраты размером  $1 \times 1$  см, обозначенные утолщенными линиями.

6. Палетку накладывают на фигуру, площадь которой должна быть определена и подсчитывают число больших квадратов ( $m_1$ ) и полных малых квадратов ( $m_2$ ), закрывающих фигуру.

7. Затем суммируют неполные малые квадраты ( $m_3$ ).

8. Площадь фигуры равна произведению цены деления палетки ( $t$ ) на полную сумму делений.

---

## РАЗДЕЛ 2.

### ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

#### Лабораторная работа № 5

**Цель работы:** закрепить ранее изученный теоретический материал по устройству, юстировке и поверкам теодолита.

**Краткие теоретические сведения.** Измерение горизонтальных и вертикальных углов на местности выполняют специальными приборами – **теодолитами**.

Электронные теодолиты *ТЕО5В* и *ТЕО20В* предназначены для измерения вертикальных и горизонтальных углов с точностью 20", используются в строительстве, при выполнении топографических съемок, в землеустройстве. При использовании электронных теодолитов исключаются ошибки снятия отсчета – значения углов выводятся автоматически на двухсторонний дисплей.

Надежный электронный компенсатор вертикального круга компенсирует отклонение вертикальной оси теодолита, а при недопустимых отклонениях отключает значение отсчета вертикального круга на дисплее. Такая система позволяет не отвлекаться на постоянный контроль положения цилиндрического уровня и его ручную подстройку при проведении работ. Предусмотрена установка нулевого значения на исходное направление и фиксирование отсчета по горизонтальному кругу. Значение вертикального угла может отображаться в градусах или как уклон в процентах.

Электронные теодолиты *VEGA* (рис. 7) имеют превосходную защиту от внешних неблагоприятных факторов. Они имеют прочный водо- и пыленепроницаемый корпус, стойкий к ударам и падениям, благодаря чему прибор способен работать при любых погодных и климатических условиях в широком

температурном диапазоне. Продолжительность работы от аккумулятора составляет 80 часов.



**Рисунок 7 – Теодолит VEGA TEO-20B**

В комплект инструмента входит:

- 1) регулируемый лазерный отвес в стандартном комплекте;
- 2) большой энергосберегающий LCD дисплей с подсветкой;
- 3) подсветка сетки нитей.

Управление с помощью 6-ти клавиш двух блоков питания (блок для 4 батареек типа AA и аккумуляторный блок). Конструкция прибора отличается высокой надежностью и экономным режимом питания. Устройство электронного теодолита (вид спереди и сзади) представлено на рисунке 8.

В электронных теодолитах VEGA отчетное устройство представляет собой жидкокристаллический монохромный дисплей с рядом функций, показанных в таблицах 2, 3.

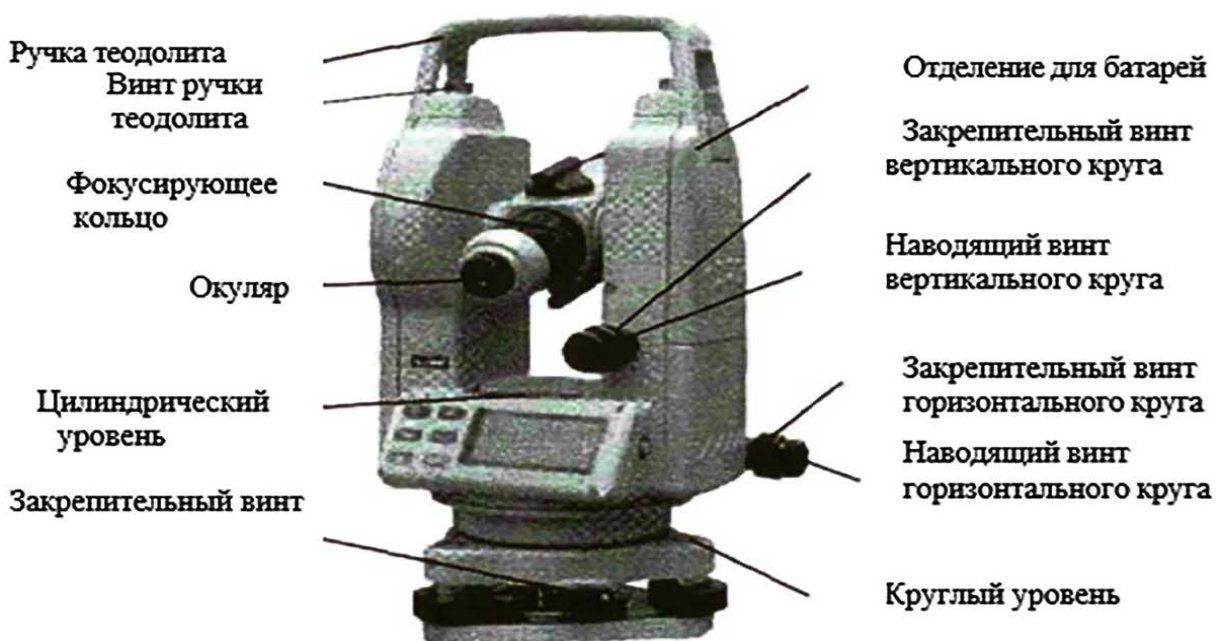



Рисунок 8 – Устройство электронного теодолита

Таблица 2 – Функции дисплея электронного теодолита VEGA TEO-20B

Обозначение на дисплее	Функция
V	<p>символ вертикального угла SEF указывается на месте вертикального отсчета, пока зрительная труба не пройдет через место нуля горизонтальной оси; эта процедура устанавливает место нуля</p> 
H <sub>R</sub>	символ горизонтального угла, измеренного по часовой стрелке
H <sub>L</sub>	символ горизонтального угла, измеренного против часовой стрелки
I	символ, указывающий уровень заряда батареи
G	угловые измерения в гонах
%	уклон

Таблица 3 – Функциональные клавиши теодолита VEGA TEO-20B

Клавиша	Функция	Выполняемая операция
R/L	установка направления отсчета горизонтального угла	изменение направления измерения горизонтального угла по часовой стрелке на направление измерения против часовой стрелки; направление меняется при каждом нажатии клавиши
HOLD	удержание отсчета горизонтального угла	удержание текущего значения горизонтального угла на дисплее; когда нажата эта клавиша, отсчет горизонтального угла мигает; теодолит можно повернуть без изменения отсчета горизонтального угла; повторное нажатие клавиши разблокирует отсчет горизонтального угла
	подсветка дисплея и сетки нитей	для включения подсветки дисплея и сетки нитей нажмите эту клавишу; повторное нажатие данной клавиши отключает подсветку
V%	уклон	переход от градусов (гонов) к уклону в процентах для вертикального угла; символ «%» появляется на дисплее, когда активизирован режим уклона

Продолжение таблицы 3

Клавиша	Функция	Выполняемая операция
OSET	обнуление отсчета горизонтального круга	обнуление отсчета горизонтального круга на дисплее; нажатие этой клавиши устанавливает отсчет 0°00'00" на любое направление
Ф	включение (выключение)	включает или выключает теодолит

**Задания:**

1. Изучите устройство электронного теодолита VEGA TEO-20B.
2. Запишите поверки теодолита.

**Техническое оснащение:** тетрадь, карандаш, шариковая ручка.

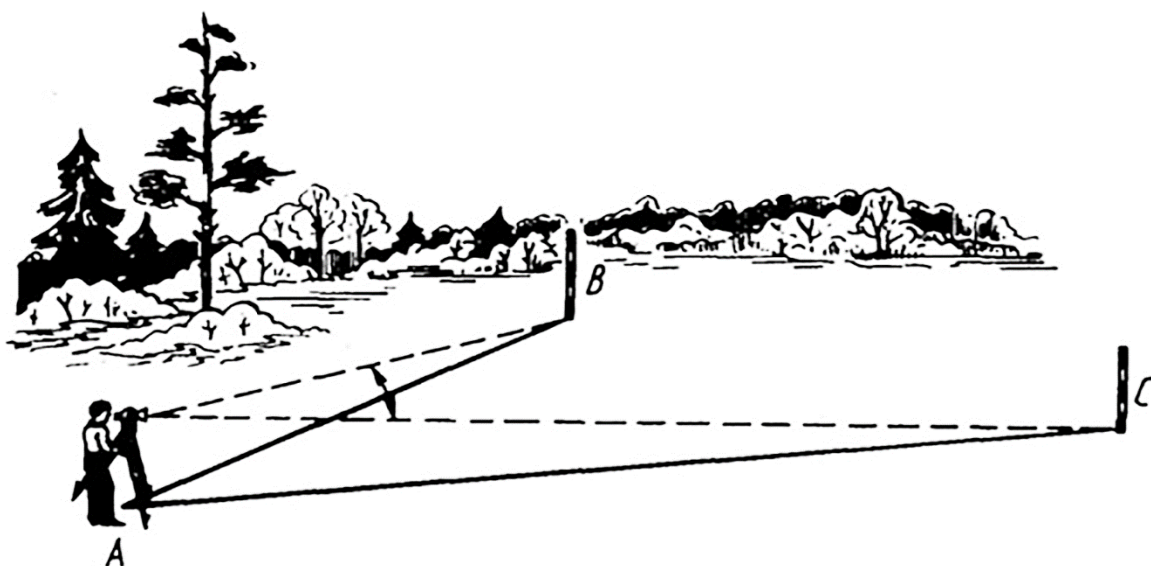
**Порядок выполнения работы:**

1. Начертите схему геометрических осей теодолита, показав обязательное взаимоположение осей.
2. Перечислите названия геометрических осей вращения теодолита.
3. Напишите геометрические условия, которым должен удовлетворять теодолит.
4. Запишите основные части и винты теодолита VEGA TEO-20B.

**Лабораторная работа № 6**

**Цель работы:** *выполнить измерение горизонтального угла теодолитом; приобретение навыков самостоятельной работы с геодезическими приборами.*

**Краткие теоретические сведения.** Горизонтальный угол  $BAC$  (рис. 9) на местности измеряют следующим образом. В вершине измеряемого угла устанавливают теодолит. Головку штатива располагают примерно над знаком, а ее верхнюю площадку приводят в горизонтальное положение. Наконечники ножек штатива вдавливают в грунт.



**Рисунок 9 – Измерение горизонтального угла**

Теодолит центрируют над точкой *A* и по уровню на алидаде горизонтального круга приводят с помощью подъемных винтов ось вращения теодолита в вертикальное положение. На точках *B* и *C*, фиксирующих направления, между которыми измеряется угол, устанавливают визирные цели: марки, вехи, шпильки и т. д.

Сетку нитей трубы устанавливают в соответствии со зрением наблюдателя. Для этого трубу наводят на светлый фон (небо, белую стену) и, вращая окулярное кольцо в поле зрения трубы, добиваются четкого изображения сетки нитей.

Глядя поверх трубы, совмещают крест визира с визирной целью (визирная цель должна появиться в поле зрения трубы). После попадания в поле зрения трубы визирной цели фиксируют направление, зажимая закрепительные винты алидады и трубы. Вращением фокусирующей кремальеры добиваются резкого изображения визирной цели. Наводящими винтами алидады и трубы совмещают центр сетки с изображением визирной цели.

---

**Задание:** выполните измерение горизонтального угла способами полуприемов и приемов.

**Техническое оснащение:** теодолит, ручка, тетрадь.

**Порядок выполнения работы:**

1. Для измерения горизонтального угла способом полуприемов теодолит устанавливают на станции, центрируют и горизонтируют. Для этого установите теодолит на штатив и закрутите становой винт. Приблизительно приведите инструмент к горизонту по круглому уровню. Используя два подъемных винта, переместите пузырек круглого уровня, чтобы он оказался посередине от левого и правого края. Вращая третий подъемный винт, переместите пузырек круглого уровня в центр.

2. Для точного горизонтирования инструмента используйте цилиндрический уровень: поверните инструмент таким образом, чтобы пузырек цилиндрического уровня находился между двух подъемных винтов. Затем, вращая подъемные винты, переместите пузырек уровня в центр. Поверните зрительную трубу на  $90^\circ$  и переместите пузырек в центр уровня с помощью третьего винта. При повороте инструмента пузырек цилиндрического уровня должен оставаться в центре; если это не так, то повторите операцию.

3. Выполните центрирование инструмента с помощью оптического центрира в следующей последовательности: поворачивая кольцо окуляра оптического центрира, добейтесь четкого изображения сетки нитей. Поворачивая фокусирующее кольцо, добейтесь четкого изображения точки, по которой выполняете центрирование. Закрепите становой винт и проверьте, чтобы пузырьки круглого и цилиндрического уровней оставались в середине.

4. Включите теодолит. Все символы дисплея будут гореть в течение двух секунд. Отчет по вертикальному кругу будет выглядеть как «OSET». Поверните зрительную трубу на  $360^\circ$  для индексации горизонтального круга.

5. Ослабьте фиксирующие винты и наведите зрительную трубу на точку 1 при положении вертикального круга «Лево»; возьмите отсчет по горизонтальному кругу. Разворачивая алидадную часть по часовой стрелке, визируют на точку 2 и снимают отсчет по горизонтальному кругу.

6. Переведите зрительную трубу через зенит. При положении вертикального круга «Право» визируют на точку 1, снимают отсчет по горизонтальному кругу. Разворачивая алидадную часть по часовой стрелке, визируют на точку 2 и снимают отсчет по горизонтальному кругу.

7. Полученные отсчеты запишите в таблицу 4 и определите средние значения углов.

**Таблица 4 – Значения горизонтального угла, измеренные теодолитом**

Номер точки стояния	Номер точки визирования	Круг КЛ/КП	Отсчеты по горизонтальному кругу			Значение угла в полуприеме	Значение угла в приеме
			°	'	''		
А	1	КЛ					
	2						
	1	КП					
	2						
Б	1	КЛ					
	2						
	1	КП					
	2						

8. Для измерения горизонтального угла способом приемов наведите зрительную трубу на точку 1. Нажмите «OSET», чтобы обнулить отсчет горизонтального круга.

9. Наведите зрительную трубу на вторую точку, на экране появится значение горизонтального угла между точками 1 и 2. Символ «HR» на дисплее означает, что измерение угла выполнено по часовой стрелке, символ «HL» – против часовой стрелки.

---

Лабораторная работа № 7

**Цель работы:** *выполнить измерение вертикального угла теодолитом; приобретение навыков самостоятельной работы с геодезическими приборами.*

**Краткие теоретические сведения.** Для измерения вертикальных углов служит вертикальный круг теодолита, жестко укрепленный на оси зрительной трубы и вращающийся вместе с ней. В точных теодолитах соосно с вертикальным кругом крепится алидада вертикального круга с отсчетным устройством и собственным уровнем или компенсатором углов наклона, его заменяющим.

В теодолитах VEGA TEO-20B отсчетное устройство вертикального круга укреплено неподвижно в стойке теодолита, а его уровнем служит уровень при алидаде горизонтального круга. При измерении вертикального угла пузырек уровня приводят в нуль-пункт подъемными винтами подставки.

Отсчет при трубе, расположенной горизонтально, и пузырьке уровня в «нуль-пункте» называется *местом нуля вертикального круга (M0)*.

Для измерения вертикального угла наводят трубу на визирную цель при двух положениях вертикального круга (слева и справа) и, приводя каждый раз пузырек уровня в нуль-пункт, берут отсчеты по вертикальному кругу: *КЛ* и *КП*. Очевидно, что угол наклона равен разности отсчетов при трубе, наведенной на цель и при трубе, расположенной горизонтально. Поэтому для круга слева запишем формулу (4):

$$v = \text{КЛ} - M0 \quad (4)$$

Аналогично, учитывая оцифровку вертикального круга, где при круге справа отсчеты сопровождаются противоположным знаком (положительные углы знаком минус, и наоборот), запишем формулу (5):

---

$$v = M0 - КП \quad (5)$$

Из формул (4) и (5) находим формулу места нуля:

$$M0 = (КЛ + КП)/2 \quad (6)$$

Вычисления по формулам упрощаются, когда  $M0$  равно нулю. Поэтому, если место нуля велико, его исправляют. При круге слева и пузырьке уровня в нуль-пункте наводят трубу на точку, по которой определяли место нуля. Вращением наводящего винта трубы устанавливают на вертикальном круге отсчет, равный углу наклона  $v$ . При этом изображение точки сместится из центра сетки нитей. Действуя вертикальными исправительными винтами сетки нитей, смещают сетку так, чтобы изображение точки оказалось в центре сетки. Учитывая, что теперь труба наведена на точку с углом наклона  $v$ , и отсчет по вертикальному кругу равен ( $КЛ = v$ ), видим, что место нуля стало равно нулю ( $M0 = 0$ ).

**Задание:** выполните измерение угла наклона и определите место нуля вертикального круга теодолита VEGA ТЕО-20В.

**Техническое оснащение:** теодолит, ручка, тетрадь.

**Порядок выполнения работы:**

1. Теодолит устанавливают на станции, центрируют и горизонтируют.
2. Визируют при круге  $I$  на точку 1 и берут отсчет по вертикальному кругу.
3. Переводят зрительную трубу через зенит и при круге  $II$  визируют на точку 1, снимают отсчет по вертикальному кругу. Нажатием клавиши «V%» можно переключать значения уклонов в диапазоне от 0 до 100 %. Режим изменения уклона отмечен на дисплее символом «%».
4. Полученные отсчеты запишите в таблицу 5 и определите средние значения углов.

5. Определите «месть нуля» и угол наклона ( $\nu$ ).

Таблица 5 – Значения вертикального угла, измеренные теодолитом

Номер точки стояния	Название точки визирования	КЛ, КП	Отсчет по шкале вертикального круга	Значение $M_0$	Значение вертикального круга
1					
2					
3					

### Лабораторная работа № 8

**Цель работы:** закрепить ранее изученный теоретический материал по устройству, юстировке и поверкам нивелира.

**Краткие теоретические сведения. Нивелирование** – это измерения по определению превышений между точками на земной поверхности и вычисление их высот относительно начальной высотной точки отсчета с применением различных геометрических, физических методов и приборов.

Одними из самых известных и популярных в своей области, простых в обращении и точных геодезических приборов считаются **оптические нивелиры**. Основной принцип, задействованный в конструкциях всех видов нивелиров, заключается в передаче на расстояние горизонтального луча, необходимого для его практического применения. Этот принцип применяется через осуществление взаимосвязи геометрических условий и оптической системы в конструкции прибора. По всей видимости, и способ измерений с применением этого инструмента получил его наименование, а именно геометрическое нивелирование.

Оптические нивелиры позволяют:

- 1) измерять превышение между точками относительно горизонтального луча, проходящего через визирную ось трубы;
- 2) определять отклонение от горизонтального луча измеряемых плоскостей и всевозможных поверхностей;
- 3) устанавливать высотные отметки точек относительно отсчетной системы координат (абсолютной, условной).

### Задания:

1. Изучите устройство нивелира.
2. Запишите поверки нивелира.

**Техническое оснащение:** нивелир, ручка, тетрадь.



**Рисунок 10 – Устройство нивелира VEGA L30**

### Порядок выполнения работы:

1. Начертите схему геометрических осей нивелира, показав обязательные взаимоположение осей.
2. Перечислите названия геометрических осей вращения нивелира.

---

3. Запишите геометрические условия, которым должен удовлетворять нивелир.

4. На рисунке 10 обозначьте цифрами основные части и винты нивелира, запишите в тетради их названия.

### Лабораторная работа № 9

**Цель работы:** освоить правила отсчитывания по нивелирной рейке и измерения превышения нивелиром.

**Краткие теоретические сведения.** Геометрическое нивелирование – это наиболее распространенный способ определения превышений. Его выполняют с помощью нивелира, задающего горизонтальную линию визирования. Геометрическое нивелирование выполняется двумя способами: **из середины и вперед** (рис. 11).

При нивелировании *из середины* нивелир располагают между двумя точками примерно на одинаковых расстояниях (рис. 11, а). В точках устанавливают отвесно рейки с сантиметровыми делениями. Их ставят на колышек, вбитый вровень с землей, или на специальный костыль, так как рейка под собственной тяжестью будет давить на землю, и отсчет по ней будет меняться. Визирный луч зрительной трубы нивелира последовательно наводят на рейки и берут отсчеты З и П, которые записывают в миллиметрах в журнал нивелирования. Отсчет по рейке производят по средней нити нивелира, то есть по месту, где проекция средней нити пересекает рейку. Превышение между точками определяют по формуле (7):

$$h = З - П \quad (7)$$

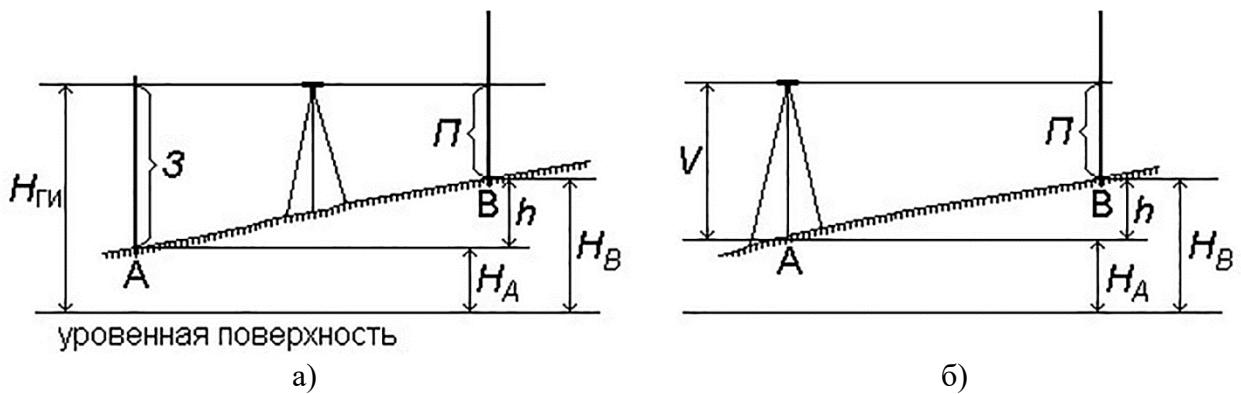
где З – отсчет назад на заднюю точку А;

П – отсчет вперед на переднюю точку В.

При нивелировании вперед прибор устанавливают над точкой А (рис. 11, б), измеряют его высоту  $V$  и берут отсчет  $\Pi$  по рейке в точке В. Превышение определяют вычитанием из высоты прибора  $V$  отсчета  $\Pi$ :

$$h = V - \Pi \quad (8)$$

где  $V$  – высота прибора;  
 $\Pi$  – отсчет на рейку.



а) из середины; б) вперед

**Рисунок 11 – Способы нивелирования**

Высоту передней точки В рассчитывают по формуле (9):

$$H_B = H_A + h \quad (9)$$

где  $H_A$  – высота точки А;  
 $h$  – превышение.

Высоту визирного луча на уровне поверхности называют горизонтом инструмента и вычисляют по формуле (10):

$$H_{\text{ГИ}} = H_A + 3 = H_A + V \quad (10)$$

Место установки нивелира называется *станцией*. Если для определения превышения между точками А и В достаточно установить прибор один раз, то такой случай называется *простым нивелированием*.

Если же превышение между точками определяют только после нескольких установок нивелира, такое нивелирование называют *сложным* или *последовательным* (рис. 12).

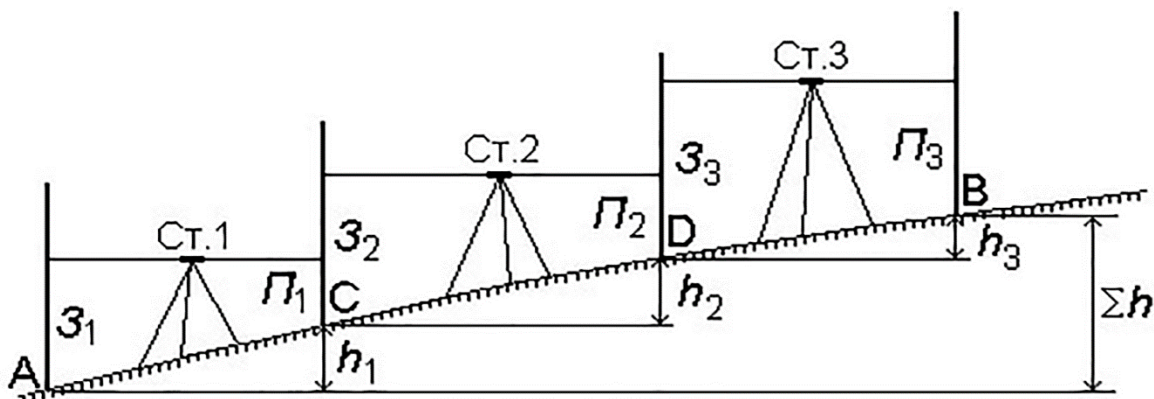


Рисунок 12 – Последовательное нивелирование

В этом случае точки С и D называют *связующими*. Превышение между ними определяют, как при простом нивелировании по формулам (11) и (12):

$$h_1 = Z_1 - П_1; h_2 = Z_2 - П_2; h_3 = Z_3 - П_3, \quad (11)$$

$$h_{AB} = h_1 + h_2 + h_3 = \sum h; h = \sum Z - \sum П \quad (12)$$

Такую схему нивелирования называют *нивелирным ходом*.

**Задание:** выполните измерения превышений между заданными точками нивелиром.

**Порядок выполнения работы:**

1. Установите прибор приблизительно посередине между точками А и В. Для этого вытяните ножки штатива на необходимую длину, затем закрутите зажимные винты. Убедитесь, что головка штатива расположена горизонтально.

2. Установите нивелир на головке штатива и закрутите становой винт. При помощи подъемных винтов добейтесь расположения пузырька в «нуль-пункте».

3. Установите рейку вертикально в точке А. С помощью визира наведите зрительную трубу на нивелирную рейку и запишите отчет по рейке в точке А в тетрадь.

4. Установите рейку вертикально в точке В. Разверните зрительную трубу нивелира, возьмите отчет по рейке в точке В.
5. Вычислите превышение между точками А и В; запишите в тетрадь.
6. Измерив высоту прибора от поверхности до визирной оси нивелира, запишите данные в тетрадь.
7. Установите рейку вертикально в точке С. Наведите зрительную трубу на рейку и запишите отчет по рейке в точке С.
8. Вычислите превышение между точкой стояния прибора и точкой С.

### Лабораторная работа № 10

**Цель работы:** *освоить правила отсчитывания по нивелирной рейке и измерения расстояний нитяным дальномером.*

**Краткие теоретические сведения.** Процесс измерения расстояний нитяным дальномером заключается в следующем. Прибор (теодолит, нивелир) устанавливают в точке А, а в точке В – вертикально нивелирную рейку. Визируют на рейку и определяют количество сантиметровых делений между верхней и нижней дальномерными нитями, которое при  $K=100$  будет соответствовать количеству метров между точками А и В. Поэтому перед производством измерений необходимо убедиться в том, что коэффициент дальномера  $K=100$ .

Для этого закрепляют на ровном участке прямую линию длиной равной 120–150 м, забивая колышки через 20–30 м. Рулеткой измеряют расстояния от каждого колышка до начального, то есть  $L_1, L_2, \dots, L_m$ . Установив теодолит в точке О, определяют  $n_1, n_2, \dots, n_m$  – количество сантиметровых делений между дальномерными нитями по рейке, последовательно устанавливаемой в точках 1, 2, ..., m (рис. 13).

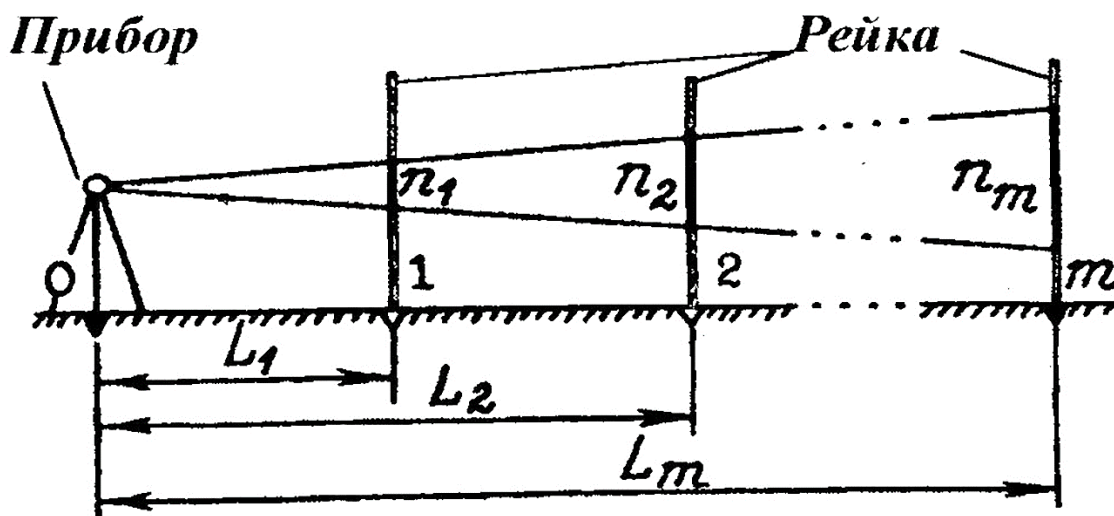


Рисунок 13 – Измерение расстояния

Зная, что  $L_1 = Kn_1, L_2 = Kn_2, \dots, L_m = Kn_m$ , составляют разности:

$$L_2 - L_1 = K(n_2 - n_1), L_3 - L_1 = K(n_3 - n_1), \dots, L_m - L_1 = K(n_m - n_1)$$

Откуда вычисляют по формуле коэффициенты (13):

$$K_1 = \frac{L_2 + L_1}{n_2 - n_1}, K_2 = \frac{L_3 + L_1}{n_3 - n_1}, \dots, K_m = \frac{L_m + L_1}{n_m - n_1} \quad (13)$$

За окончательное значение коэффициента дальномера принимают среднее арифметическое по формуле (14):

$$K = \frac{K_1 + K_2 + \dots + K_m}{m} \quad (14)$$

Рассмотренная выше теория нитяного дальномера основана на взаимной перпендикулярности визирной оси  $VV$  зрительной трубы и базиса – нивелирной рейки, которая всегда устанавливается вертикально.

При измерении наклонных расстояний  $L$  эта перпендикулярность не будет соблюдаться, поэтому отсчет  $n$  по рейке будет преувеличен (рис. 14).

Правильный отсчет определяем по формуле (15):

$$n' = n \cdot \cos v \quad (15)$$

где  $n$  – отсчет по рейке;

$v$  – угол наклона.



---

2. Монтируется нивелирная рейка на том месте, до которого требуется промерить дистанцию.

3. Наводят трубу на отсчет, близкий к высоте самого аппарата.

4. Берут отсчеты по двум дальномерным нитям (сверху и снизу).

5. Определяют величину отсчета по дальномеру по специальной формуле, учитывающей коэффициент, различие отсчетов по рейке.

6. Вносят полученный результат в таблицу 6.

Таблица 6 – Определение расстояние по дальномеру

Номер станции	Номер точки	Отсчеты по рейке, мм			Расстояние, м
		верхний	нижний	разность	

### РАЗДЕЛ 3.

## ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ СЪЕМКИ

### Лабораторная работа № 11

**Цель работы:** *выполнить измерения вертикальных, горизонтальных углов и расстояний до наблюдаемой точки электронным тахеометром; закрепить полученные теоретические знания об устройстве и поверках тахеометров.*

**Краткие теоретические сведения.** **Тахеометр** – это оптико-электронный геодезический прибор, позволяющий специалистам выполнять практически все виды работ с достаточно высокой точностью измерений. Его можно использовать и как теодолит, и как нивелир, и как светодальномер. Универсальность этого прибора состоит в его многофункциональности. С его помощью можно выполнять прямые и косвенные измерения, которые сразу выводятся на дисплей. К таким измерениям относятся:

- 1) измерения расстояний (длин и горизонтальных проложений);
- 2) определение углов (горизонтальных и вертикальных);
- 3) нахождение плановых и высотных координат.

Устройство тахеометра представлено на рисунке 15.

Кроме этих стандартных функций электронный тахеометр способен решать определенные прикладные задачи, используя свои технические возможности и математические алгоритмы, заложенные в электронно-вычислительной части аппарата. После выбора необходимых опций, ввода исходных данных и проведенных измерений через несколько мгновений на экране тахеометров высвечиваются искомые данные:



- 1 – закрепительный винт горизонтального круга; 2 – микрометрический винт горизонтального наведения; 3 – закрепительный винт вертикального круга; 4 – микрометрический винт вертикального наведения; 5 – панель клавиатуры для набора данных в цифровом и буквенном виде; 6 – экран дисплея, для визуального вывода всех данных; 7 – ампула цилиндрического уровня для горизонтирования прибора; 8 – исправительные винты для юстировки цилиндрического уровня; 9 – окуляр; 10 – фокусировка окуляра; 11 – фокусировка зрительной трубы; 12 – визирное устройство; 13 – светодиодный индикатор импульса; 14 – винты для крепления верхней рукоятки; 15 – рукоятка, служащая для переноски инструмента; 16 – место закрепления буссоли; 17 – защелка аккумуляторного отделения; 18 – аккумуляторное отделение; 19 – подставка тахеометра; 20 – подъемные винты для приведения прибора в рабочее положение; 21 – разъем для присоединения внешних устройств питания; 22 – разъем подсоединения кабеля для передачи файлов; 23 – круглый уровень для приведения оси инструмента в отвесное состояние; 24 – исправительные винты для юстировки круглого уровня и приведения его в работоспособное состояние; 25 – пластина основания подставки инструмента; 26 – закрепительная защелка подставки; 27 – фокусировка нитяного центрира оптического отвеса; 28 – окуляр оптического отвеса; 29 – точка, соответствующая высоте инструмента; 30 – место инфракрасного излучения; 31 – объектив; 32 – точка центрира

**Рисунок 15 – Устройство электронного тахеометра**

- 1) координат точки стояния тахеометра, при решении обратной геодезической засечки на местности;
- 2) наклонной длины, горизонтального проложения, превышения между точками, при выполнении функции по определению недоступного расстояния и высоты;
- 3) площади ограниченной линиями, проходящими через точки с полученными координатами после полевых измерений в этой опции;
- 4) координат теодолитного хода с линейной, угловой, относительной, координатными невязками, при уравнивании этого хода и получения истинных координат точек.

**Задание:** выполните измерения горизонтальных, вертикальных углов и расстояний электронным тахеометром.

**Техническое оснащение:** тахеометр, отражающая призма, ручка, тетрадь.

**Порядок выполнения работы:**

1. Установите тахеометр над точкой стояния (репером). Проведите предварительное центрирование следующим образом: установив штатив над точкой так, чтобы концы ножек штатива были примерно на равном расстоянии от его точки, а головка – горизонтальна. Закрепите прибор на штативе становой винт. Далее фокусируют сетку нитей оптического отвеса, вращая окуляр оптического отвеса. Ослабив становой винт, передвигают тахеометр по головке штатива до совмещения перекрестия сетки нитей оптического отвеса с точкой стояния.

2. Приведите прибор в рабочее положение: для этого пузырек круглого уровня доводят приблизительно в нуль-пункт путем регулировки ножек штатива.

3. Выполните точное горизонтирование по цилиндрическому уровню подъемными винтами трегера, вращая последовательно два подъемных винта. Затем поверните тахеометр на  $90^\circ$  и доведите третьим подъемным винтом пузырек цилиндрического уровня, чтобы он оказался в центре.

4. Выполните поверку цилиндрического уровня в нуль-пункт, поворачивая верхнюю часть прибора примерно на  $180^\circ$ , пузырек должен оставаться в нуль-пункте. В противном случае требуется юстировка оси цилиндрического уровня.

5. Выполните фокусирование зрительной трубы. Поворачивая окуляр до тех пор, пока сетка нитей не станет четкой, наведите на объект путем поворота фокусирующего кольца зрительной трубы до тех пор, пока объект не станет четким.

6. Точно центрируют тахеометр над точкой. Для этого ослабляют становой винт и, глядя в окуляр оптического отвеса, перемещают прибор по головке штатива так, чтобы центр сетки нитей точно совместился с изображением точки стояния. Затяните становой винт.

7. Включите прибор клавишей и поворотом зрительной трубы вверх – вниз. Компенсатор включается автоматически с включением прибора.

## Лабораторная работа № 12

**Цель работы:** *выполнить измерения координат ГНСС приемником; закрепить полученные теоретические знания об устройстве и принципе работы ГНСС приемников.*

**Краткие теоретические сведения.** **Глобальная навигационная спутниковая система (ГНСС)** – это специальный комплекс космических и наземных средств, программного обеспечения и технологий, предназначенных для

решения инженерных задач, связанных с оперативным и точным определением местоположения и скорости объектов практически в любой точке на земной поверхности, а также в космическом пространстве вблизи планеты. ГНСС позволяет решать навигационные, оборонные, инженерно-геодезические, землеустроительные, геологоразведочные, экологические и другие задачи.

Все существующие глобальные навигационные спутниковые системы состоят из трех секторов: космическая подсистема, подсистема наземного контроля и управления, подсистема пользователя.

**Космическая подсистема** включает в себя набор из 24 спутников. Такое количество обеспечивает видимость над горизонтом, по меньшей мере, четырех спутников в любой точке Земли и в любое время. Высота орбит, лежащих в 3–6 пересекающихся плоскостях, составляет около 20 000 км, а наклонение орбит – от 55° до 65°. На каждой из орбит равномерно размещается от четырех до восьми спутников.

На каждом спутнике есть бортовая аппаратура, необходимая для его бесперебойной работы, включающая:

1) навигационный комплекс: синхронизатор, формирователь навигационных радиосигналов, бортовой компьютер, приемник навигационной информации и передатчик навигационных сигналов;

2) комплекс управления, обеспечивающий правильное функционирование всех систем спутника и выполняющий контроль бортовой шкалы времени;

3) система ориентации и стабилизации обеспечивает успокоение космического аппарата после отделения от ракеты-носителя и ориентирование его продольной оси на центр Земли, а солнечных батарей на Солнце;

4) система коррекции включает реактивный двигатель с запасом топлива, предназначенный для корректировки орбитального положения спутника в течение всего срока эксплуатации;

5) система терморегулирования обеспечивает необходимый тепловой режим;

6) система электроснабжения включает солнечные и аккумуляторные батареи, блок автоматики и стабилизации напряжения.

**Наземные станции контроля** расположены в пунктах с известными геодезическими координатами в различных точках Земного шара; их точные орбиты и эфемериды прогнозируются одной ведущей станцией управления по собранным данным с помощью аналитической модели. Необходимую информацию на спутник передает загружающая станция. Эти станции формируют подсистему управления и контроля. Станции слежения ведут траекторные, скоростные и временные измерения.

В подсистему пользователя входит комплект геодезической аппаратуры, включающий интегрированную антенну, многоканальный приемник, мощный микроконтроллер, блок питания для зарядки аккумуляторов и питания от сети, Li-ion аккумуляторы или батареи, кабели, штатив или вешку, устройство крепления или установки антенны, компьютер и программное обеспечение, приемопередатчик Bluetooth.

Принцип работы ГНСС основан на измерении расстояния от антенны, установленной на объекте, до скорости изменения этого расстояния при прохождении спутника, положение которого известно с большой точностью. Устройство ГНСС приемника показано на рисунке 16.

**Задание:** выполните измерения координат заданных точек с помощью ГНСС приемника.

**Техническое оснащение:** ГНСС приемник.



Рисунок 16 – Устройство ГНСС приемника

#### Порядок выполнения работы:

1. Провести установку базовой станции. Для этого необходимо установить штатив с подставкой над пунктом ПВО (планово-высотного обоснования) с известными координатами. Закрепить приемник базовой станции на штативе с помощью трегера, отцентрировать и привести к горизонту его над точкой. Измерить высоту приемника (расстояние от центра пункта до низа его крепления). Запустить базовую станцию для передачи поправок.

2. Подготовить ровер к измерениям. Для этого прикрутить приемник ровера на вешку, прикрепить контроллер к вешке. Измерить высоту антенны (расстояние от центра пункта до низа его крепления).

3. Запустить ровер в режиме измерения точек (Stop & Go).

---

## ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

### Тест по разделу 1

1. На карте 1:25 000 расстояние между точками равно 5,3 см. Чему равно расстояние между этими точками на местности?

- а) 1 325;
- б) 13 250;
- в) 10 325;
- г) 132.

2. Дайте определение – седловина:

- а) чашеобразное замкнутое со всех сторон углубление;
- б) понижение между двумя соседними горными вершинами или возвышениями;
- в) куполообразная или коническая возвышенность земной поверхности;
- г) пониженная часть рельефа.

3. Ориентировать линию – значит:

- а) определить ее наклон;
- б) определить ее длину;
- в) определить ее направление относительно исходного направления;
- г) определить ее положение на карте.

4. Каким образом изображается рельеф на топографических картах и планах:

- а) способом рисунка;
- б) условными знаками;
- в) способом горизонталей;
- г) подписями координат.

5. Определите, как происходит метод нивелирования поверхности со спокойным рельефом?

- а) по квадратам;
- б) по прямоугольникам;
- в) по конусам;
- г) по трапециям.

6. Рельеф земной поверхности – это:

- а) совокупность неровностей физической поверхности Земли;
- б) возвышенность в виде купола или конуса;
- в) чашеобразная вогнутая часть земной поверхности;
- г) возвышенность, вытянутая в одном направлении.

7. Номенклатура листа карты М-42-144 обозначает следующее:

- а) в ряду М, 42-ой колонны масштаба 1:100 000 и 144-ая лист карты масштаба 1:10 000;
- б) в ряду М, 42-ой колонны масштаба 1:1 000 000 и 144-ая лист карты масштаба 1:100 000;
- в) в ряду 42, колонны М масштаба 1:1 000 000 и 144-ая лист карты масштаба 1:100 000;
- г) в ряду М, 42-ой колонны масштаба 1:10 000 и 144-ая лист карты масштаба 1:1 000.

8. Как называется миниатюрное изображение части земной поверхности, которое создано без учета кривизны Земли?

- а) план местности;
- б) абрис местности;
- в) профиль местности;
- г) рельеф местности.

9. При увеличении крутизны ската расстояние между горизонталями:

- а) увеличивается;

- б) уменьшается;
- в) у вершины больше, у подошвы меньше;
- г) у вершины меньше, у подошвы больше.

10. Расстояние между секущими уровнями поверхностями на карте или плане называют:

- а) горизонталями;
- б) заложением;
- в) высотой сечения;
- г) масштабом.

11. Для изображения чего служат немасштабные условные знаки на картах и планах?

- а) объектов, размеры которых не выражаются в данном масштабе;
- б) объектов площадей с указанием их границ;
- в) линейных объектов, длина которых выражается в данном масштабе;
- г) цифровых и буквенных надписей характеризующие объекты.

## Тест по разделу 2

1. Установите последовательность выполнения установки теодолита над точкой в правильном порядке:

- а) горизонтирование;
- б) настройка визирной трубы «по предмету»;
- в) центрирование;
- г) настройка визирной трубы «по глазу».

2. Что называется лимбом?

- а) отчетное устройство теодолита;
- б) угломерный круг, по краю которого нанесены градусные деления через один градус;

- в) круг для взятия отчетов;
  - г) оптический микроскоп.
3. Что называется осью цилиндрического уровня?
- а) прямая, перпендикулярная лимбу и проходящая через нуль-пункт;
  - б) касательная к пузырьку цилиндрического уровня в нуль-пункте;
  - в) прямая, касательная к внутренней поверхности ампулы уровня в нуль-пункте.
4. Уровни в геодезических приборах служат для:
- а) получения угломерного отсчета;
  - б) визирования на удаленные предметы;
  - в) приведения частей или осей прибора в горизонтальное или отвесное положение;
  - г) отсчитывания делений лимба теодолита.
5. Алидада теодолита служит для:
- а) фиксации положения подвижной визирной коллимационной плоскости трубы и для производства отсчета по лимбу с высокой точностью;
  - б) измерения расстояний по нитяному дальномеру и для визирования на удаленные предметы;
  - в) перемещения двояковогнутой фокусирующей линзы зрительной трубы;
  - г) приведения с помощью подъемных винтов вертикальной оси теодолита в отвесное положение.
6. Измерения на местности с помощью нивелира производятся:
- а) для определения отметки точки;
  - б) для определения превышения одной точки над другой;
  - в) для определения горизонта визирования;
  - г) для определения длины линии по пикетам.

7. Название прибора для измерения длины линии на местности:

- а) шагомер;
- б) стальная землемерная лента;
- в) рулетки из тесьмы;
- г) рейка.

8. Принципиальная схема устройства теодолитов:

- а) три подъемных винта, алидада, штатив, рейка, экер;
- б) три подъемных винта, лимб, алидада, оси;
- в) подставка, зрительная труба, уровень;
- г) подставка, зрительная труба, экер, колышки.

9. Каким винтом выполняется установка зрительной трубы по «глазу»?

- а) винтом кремальеры;
- б) наводящим винтом зрительной трубы;
- в) диоптрийным кольцом;
- г) круглым уровнем.

10. Как проконтролировать правильность горизонтального угла?

- а) расхождение между углами в полуприемах должно быть не более двойной точности угла;
- б) углы в полуприемах должны сходиться на  $1,5'$ ;
- в) при измерении горизонтального угла лимб сбивается на  $1-2^\circ$ ;
- г) углы должны быть одинаковыми.

11. Что называется местом нуля (M0) вертикального круга?

- а) местоположение визирной оси, когда пузырек уровня в нуль-пункте;
- б) полусумма отсчетов по правому и левому кругу;
- в) отсчет по вертикальному кругу, когда визирная ось горизонтальна, а пузырек уровня в нуль-пункте;
- г) вертикальный угол.

12. Угол наклона – это...

- а) вертикальный угол;
- б) горизонтальный угол;
- в) угол между верхом и низом визирной цели;
- г) угол между рейками.

13. Как называют геодезические измерения для определения превышений между точками земной поверхности?

- а) нивелирование;
- б) поверка;
- в) съемка;
- г) горизонтирование.

### **Тест по разделу 3**

1. Назовите способ, который не используют при детальной разбивке зданий и сооружений:

- а) створная засечка;
- б) линейная засечка;
- в) обратная засечка;
- г) способ полярных координат.

2. Как фиксируется положение точки при линейной засечке?

- а) отложением проектного расстояния;
- б) пересечением двух проектных расстояний;
- в) отложением проектного расстояния и проектного угла;
- г) отложением двух проектных углов.

3. Положение точек на земной поверхности может быть определено:

- а) в различных системах координат;
- б) в географической системе координат;

в) только в зональной системе координат;

г) в местной системе координат.

4. Назовите способ выноса точки при геодезических разбивочных работах, изображенный на рисунке 17:

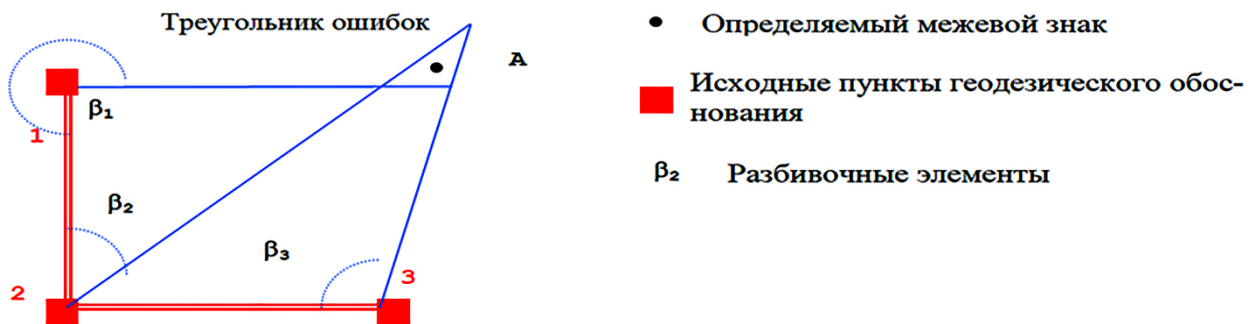


Рисунок 17

а) линейная засечка;

б) обратная засечка;

в) угловая засечка;

г) способ полярных координат.

5. В зависимости от основного прибора, используемого при топографической съемке и способа производства работ, различают виды съемок:

а) теодолитная, высотная, поверхностная, фотосъемка;

б) мензуральная, фототеодолитная, комбинированная;

в) тахеометрическая, аэрофототопографическая, нивелирование;

г) теодолитная, высотная, плановая.

6. Как называются точки, которые берутся из соседних станций?

а) связующие;

б) связные;

в) соединяющие;

г) плюсовые.

7. Пузырек цилиндрического уровня приводится на середину:

а) наводящим винтом;

- б) подъемным винтом;
- в) элевационным винтом;
- г) авиационным винтом.

8. Отношение абсолютной погрешности к значению самой измеренной величины называется:

- а) относительной погрешностью;
- б) предельной погрешностью;
- в) отклонением;
- г) неувязкой.

9. Уровенная поверхность, совпадающая с поверхностью морей и океанов в спокойном состоянии, мысленно продолженная через материки и острова и перпендикулярная в любой точке отвесной линии, называется:

- а) эллипсоидом;
- б) геоидом;
- в) сфероидом;
- г) шаром.

10. Геодезические сети подразделяются:

- а) на плановые и съёмочные;
- б) на государственные, сети сгущения, съёмочные сети;
- в) на плановые и высотные;
- г) на съёмочные сети и высотные сети.

11. Методы построения плановых государственных геодезических сетей:

- а) триангуляция, тахеометрические и теодолитные хода, прямые и обратные засечки;
- б) триангуляция, полигонометрия, трилатерация, линейно-угловые построения;
- в) полигонометрия, трилатерация, линейно-угловые построения;
- г) триангуляция и полигонометрия.

12. Для каких целей создаются микротриангуляция и микротрилатерация?

- а) для геодезического обеспечения городов;
- б) для геодезического обеспечения мостового перехода;
- в) для геодезического обеспечения гидроузла;
- г) для геодезического обеспечения уникальных сооружений.

13. Правило разбивки при способе прямоугольных координат:

а) сначала откладываем большую по величине ординату, а после под прямым углом – меньшую ординату;

б) сначала откладываем меньшую по величине ординату, а после под прямым углом – большую ординату;

в) сначала откладываем большую по величине ординату, а после построения прямого угла вдоль нового направления – меньшую ординату;

г) сначала откладываем меньшую по величине ординату, а после построения прямого угла вдоль нового направления – большую ординату.

14. Что называется «центрированием»?

- а) установка лимба в горизонтальное положение;
- б) установка центра лимба над вершиной измеряемого угла;
- в) установка центра над визирной целью;
- г) установка алидады на точке.

**СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Анисимов, В. А. Инженерная геодезия : сб. лекций / В. А. Анисимов, С. В. Макарова. – Хабаровск : Дальневосточный государственный университет путей сообщения, 2009. – 150 с.
2. Ванеева, М. В. Электронные геодезические приборы для землеустроительных работ : учебное пособие / М. В. Ванеева, С. А. Макаренко. – Воронеж : Воронежский государственный аграрный университет, 2017. – 295 с.
3. Дементьев, В. Е. Современная геодезическая техника и ее применение : учебное пособие / В. Е. Дементьев. – Москва : Академический проект, 2008. – 591 с.
4. Инженерная геодезия : учебник / Е. Б. Ключин, М. И. Киселев, Д. Ш. Михелев, В. Д. Фельдман. – Москва : Академия, 2008. – 478 с.
5. Макаров, К. Н. Инженерная геодезия : учебник / К. Н. Макаров. – Москва : Юрайт, 2021. – 243 с.
6. Поклад, Г. Г. Геодезия : учебное пособие / Г. Г. Поклад, С. П. Гриднев. – Москва : Академический проект, 2007. – 592 с.
7. Стародубцев, В. И. Практическое руководство по инженерной геодезии : учебное пособие / В. И. Стародубцев. – Санкт–Петербург : Лань, 2020. – 136 с.
8. Стародубцев, В. И. Инженерная геодезия : учебник / В. И. Стародубцев, Е. Б. Михаленко, Н. Д. Беляев. – Санкт–Петербург : Лань, 2020. – 240 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ № 2

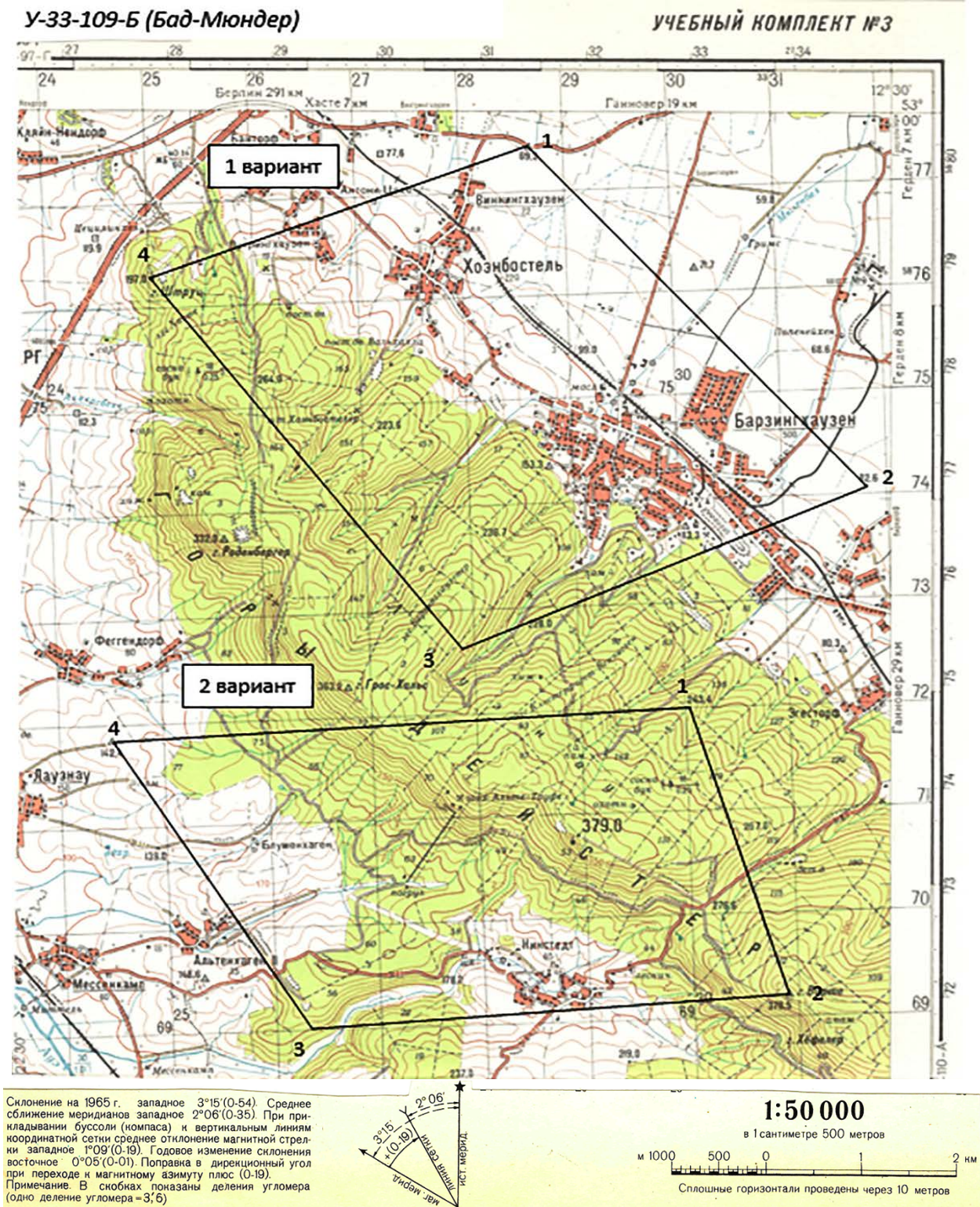
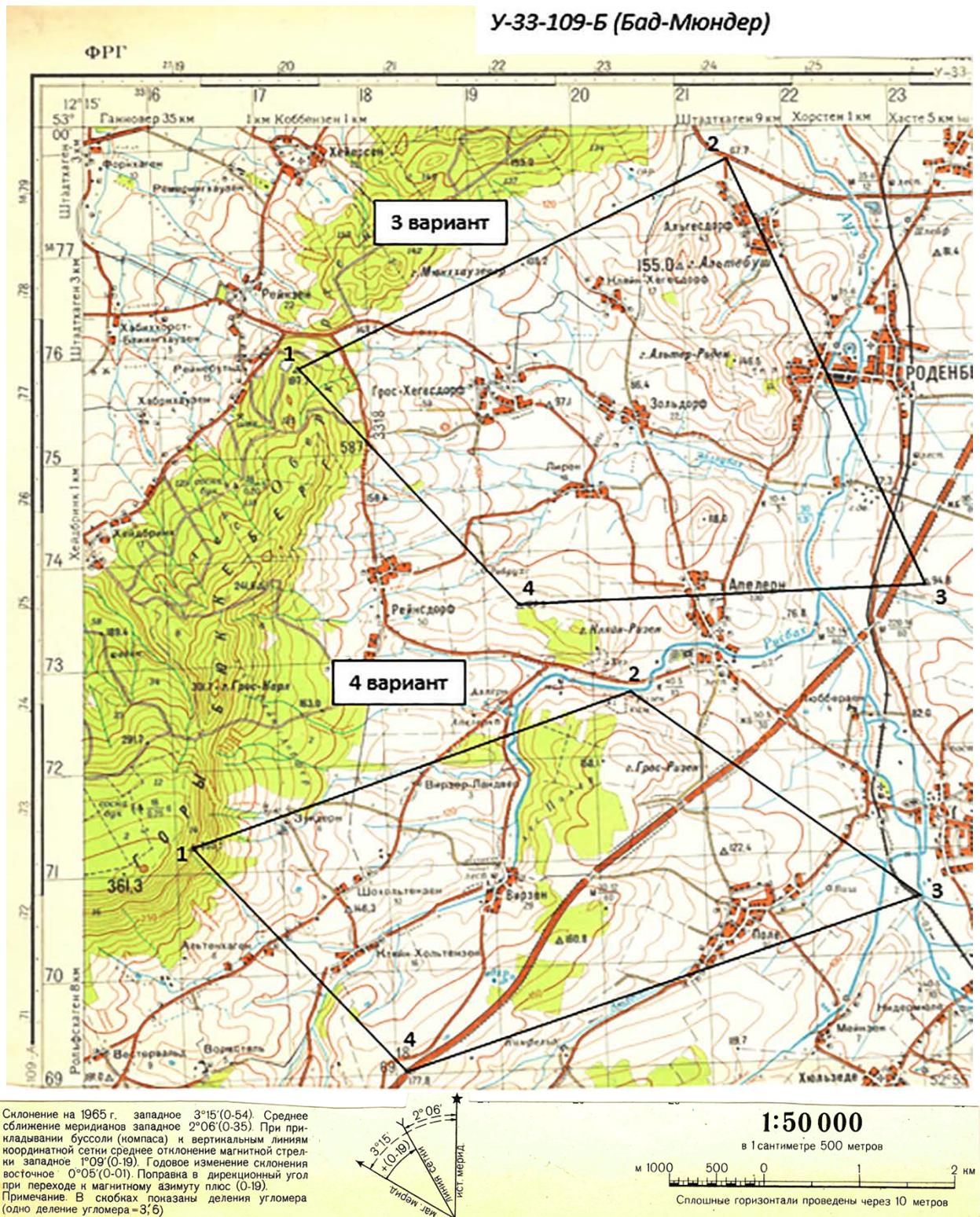


Рисунок А.1 – Варианты 1 и 2



**Рисунок А.2 – Варианты 3 и 4**

У-33-109-Б (Бад-Мюндер)

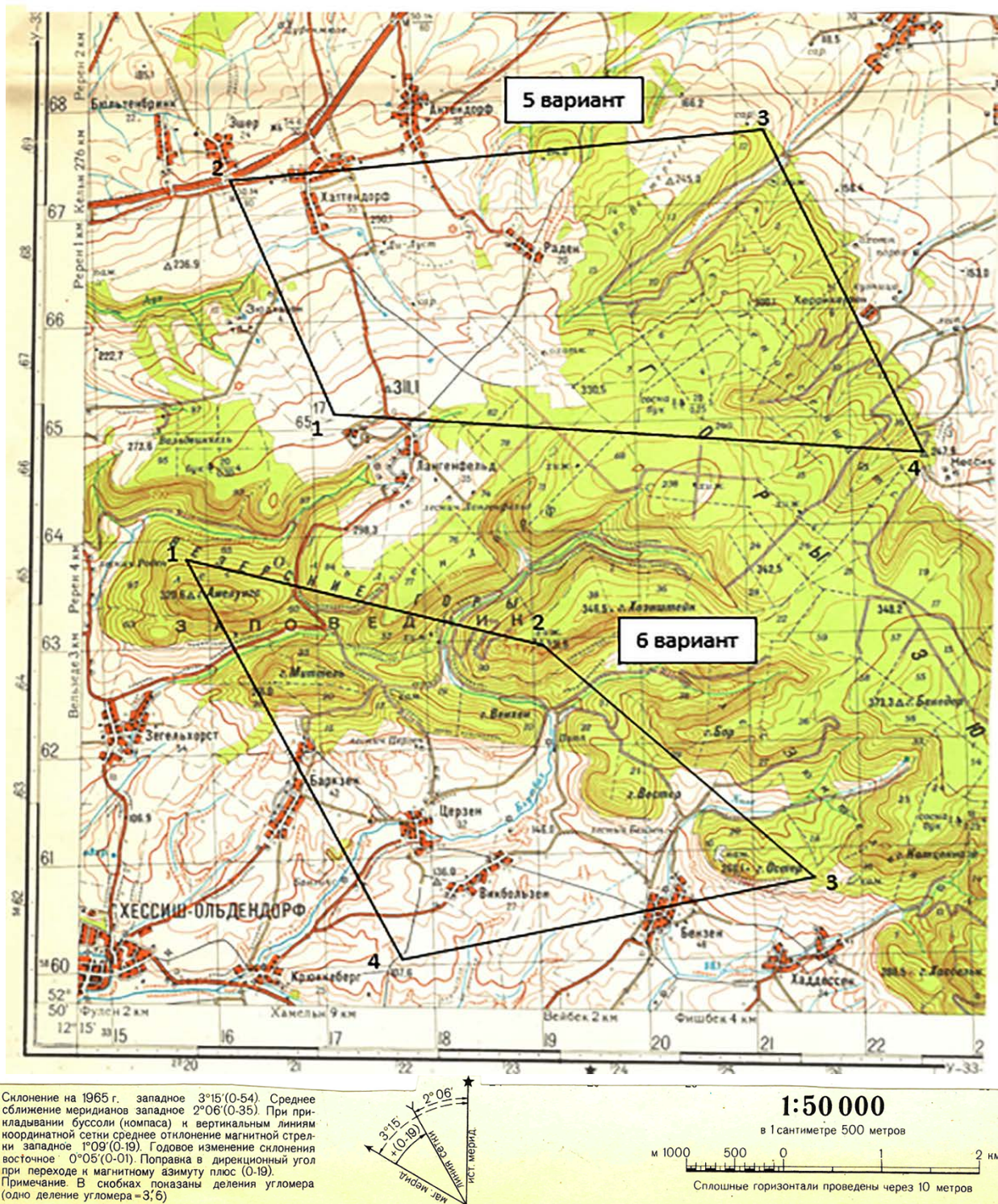


Рисунок А.3 – Варианты 5 и 6

У-33-109-Б (Бад-Мюндер)

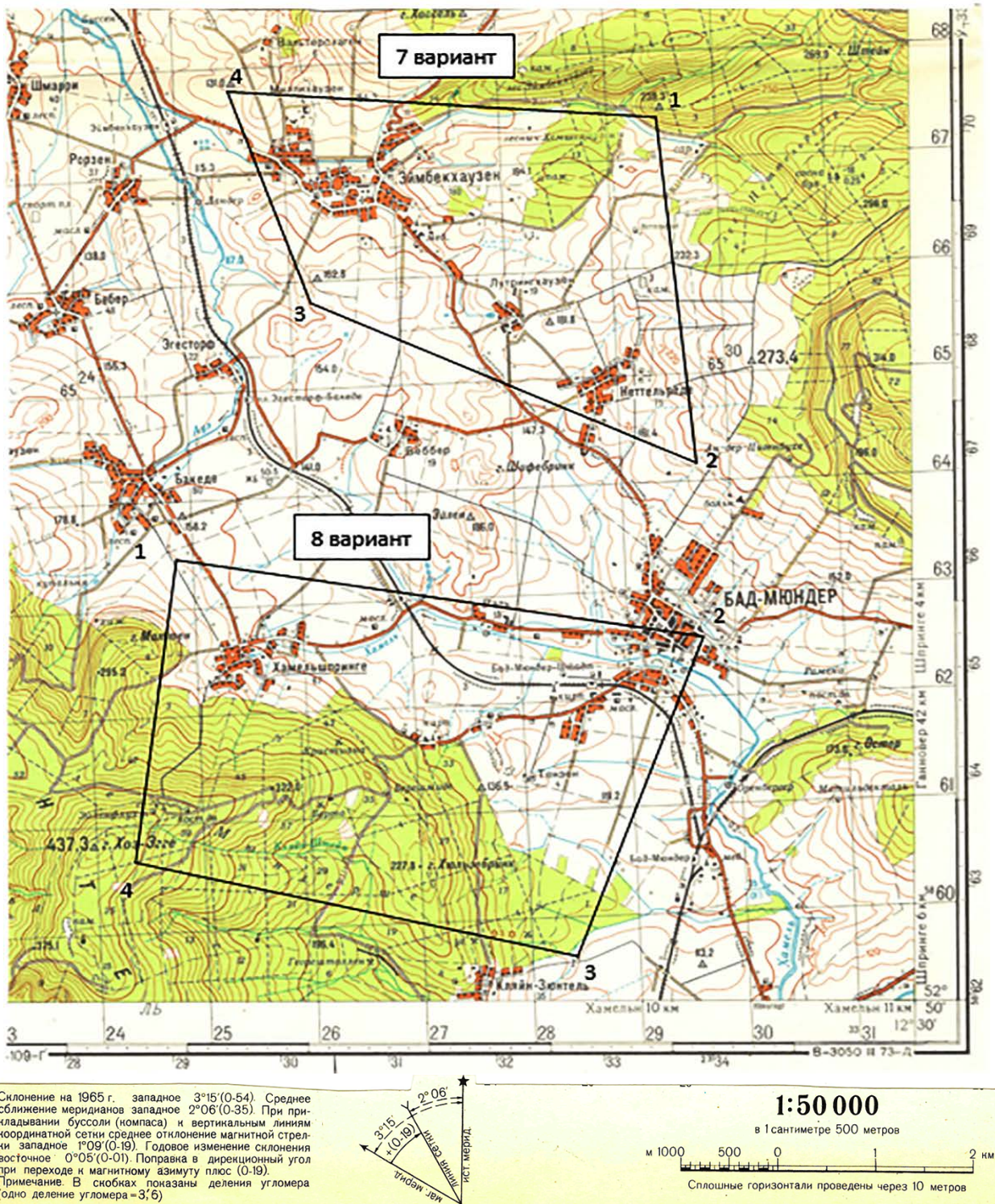
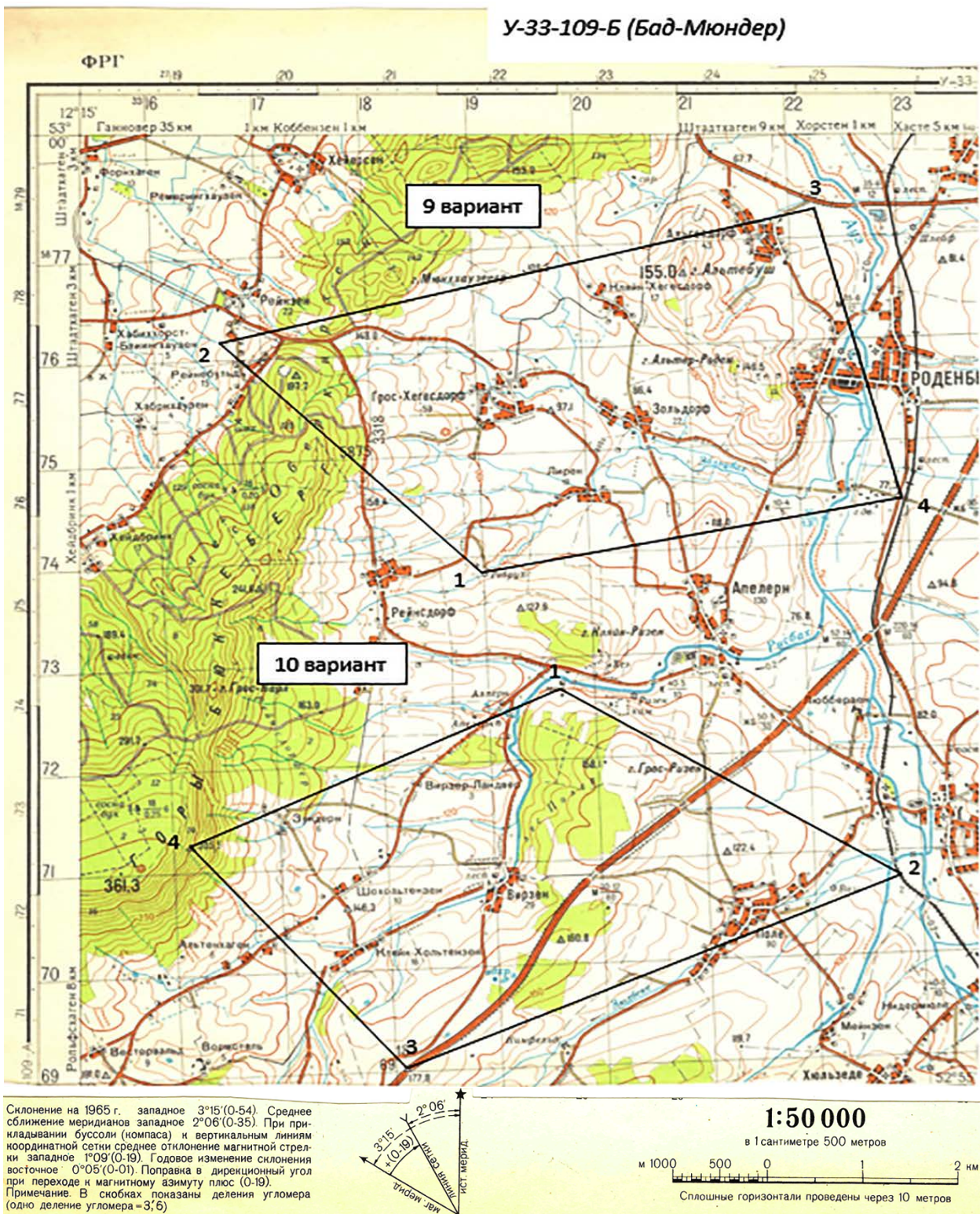


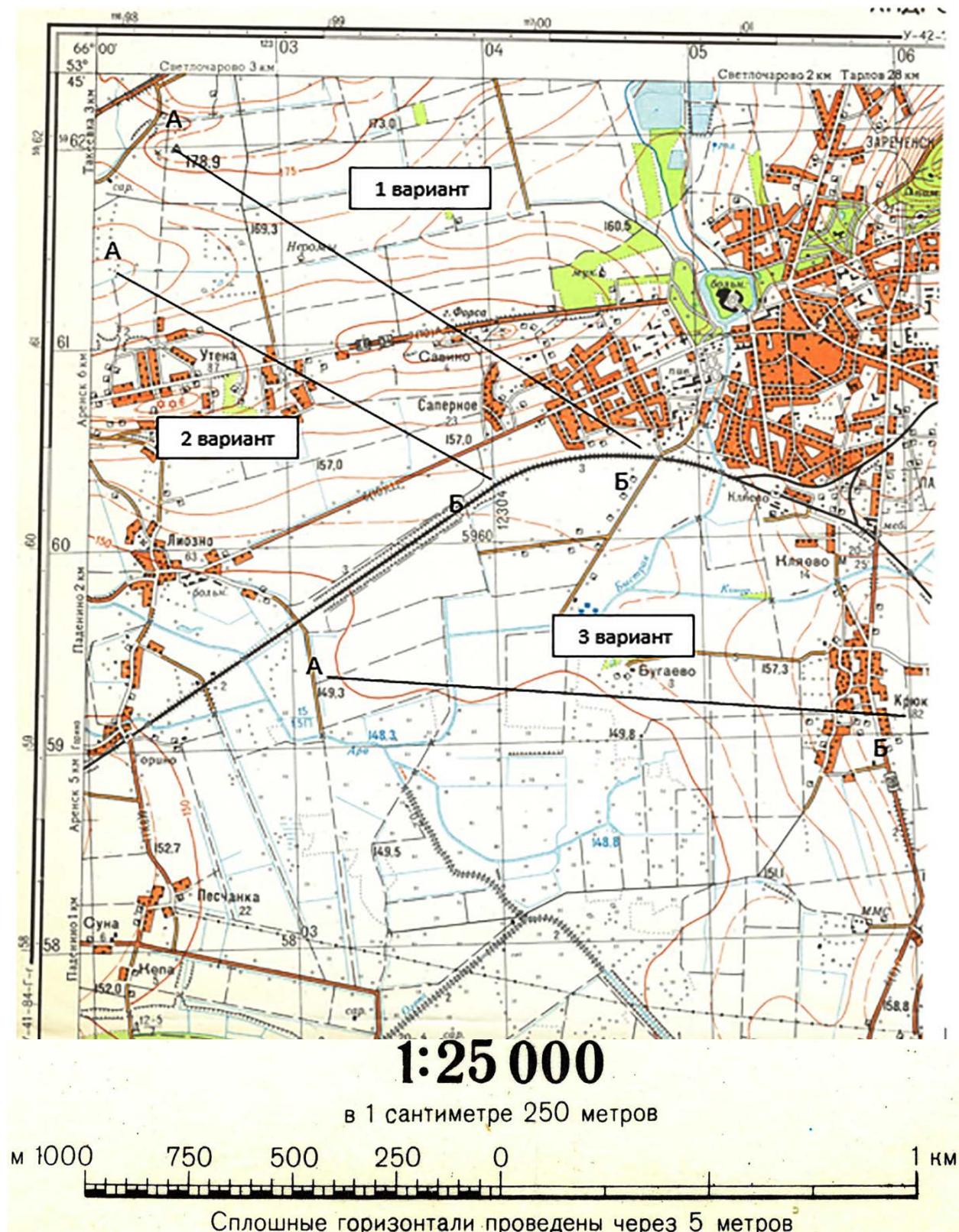
Рисунок А.4 – Варианты 7 и 8



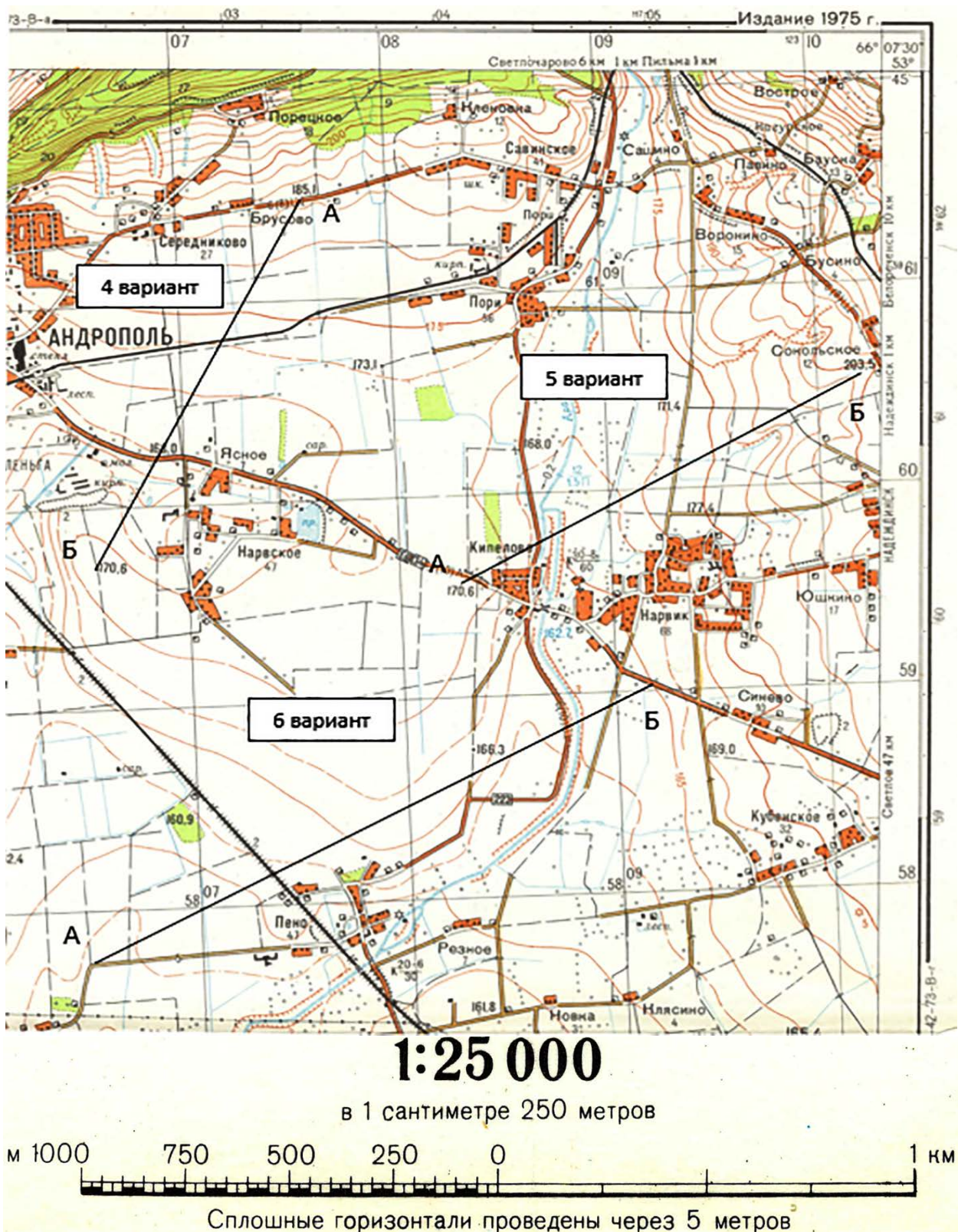
**Рисунок А.5 – Варианты 9 и 10**

**ПРИЛОЖЕНИЕ Б**

**ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ № 3**



**Рисунок Б.1 – Варианты 1, 2, 3**



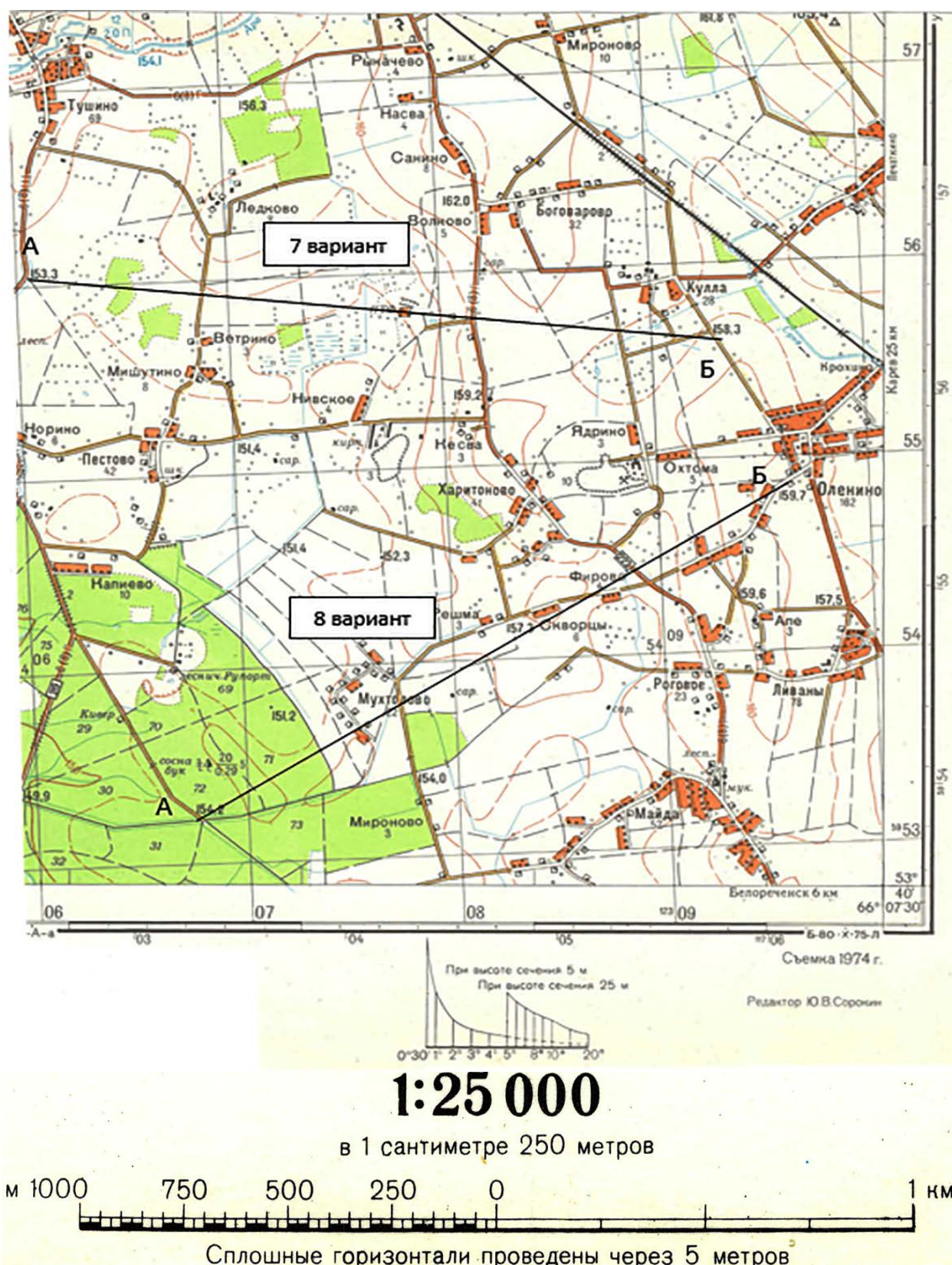


Рисунок Б.3 – Варианты 7, 8

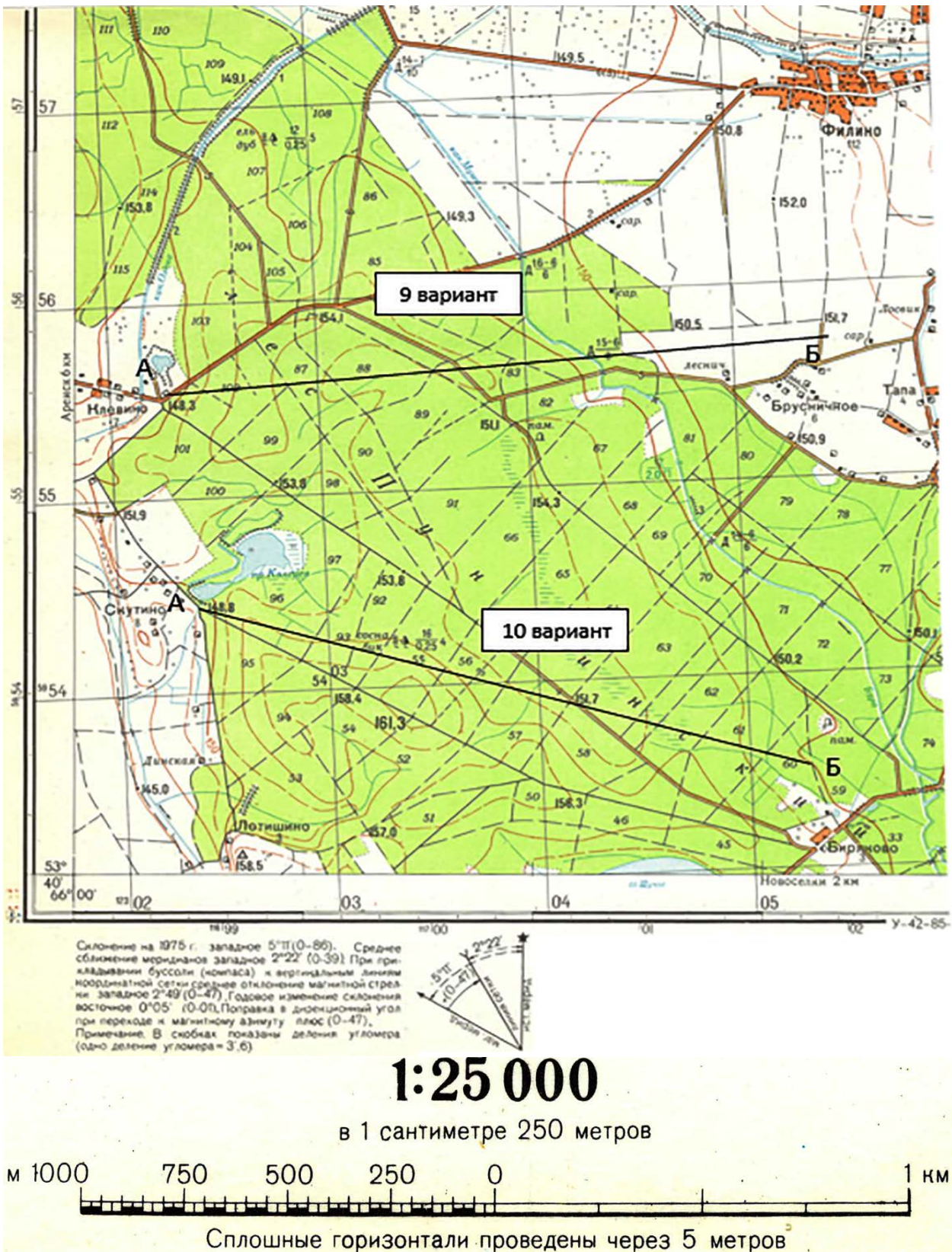


Рисунок Б.4 – Варианты 9, 10

*Учебное издание*

*Колотова Юлия Иннокентьевна,  
кандидат сельскохозяйственных наук*

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
«ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ»**

Учебное пособие

Подписано в печать 27.10.2023 г.  
Формат 60х90/16. Уч.-изд. л – 1,55. Усл. печ. л. – 3,74.  
Тираж по требованию. Заказ 58.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Дальневосточный государственный аграрный университет»

---

Отпечатано в отделе оперативной полиграфии  
Дальневосточного государственного  
аграрного университета  
675005, г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86

