

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования «Витебский государственный
университет имени П.М. Машерова»

С.И. Курдин

ТОПОГРАФИЯ С ОСНОВАМИ ГЕОДЕЗИИ

***Лабораторный
практикум***

*Допущено Министерством образования
Республики Беларусь в качестве учебного пособия
для студентов учреждений высшего образования
по специальности «География
(научно-педагогическая деятельность)»*

*Витебск
УО «ВГУ им. П.М. Машерова»
2012*

УДК 528.4(076.5)(075.8)
ББК 26.12я73
К93

Печатается по решению научно-методического совета учреждения образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова». Протокол № 3 от 25.06.2012 г.

Автор: старший преподаватель кафедры географии УО «ВГУ им. П.М. Машерова» **С.И. Курдин**

Рецензенты:
кафедра физической географии УО «БГПУ им. М. Танка»;
доцент УО «ПГУ», кандидат технических наук *В.А. Бондаренко*

Курдин, С.И.
К93 Топография с основами геодезии : лабораторный практикум / С.И. Курдин. – Витебск : УО «ВГУ им. П.М. Машерова», 2012. – 160 с.
ISBN 978-985-517-359-6.

Учебное издание включает краткие теоретические сведения, задания и методические указания по их выполнению по курсу «Топография с основами геодезии».

Предназначено для студентов географических специальностей вузов.

УДК 528.4(076.5)(075.8)
ББК 26.12я73

ISBN 978-985-517-359-6

© Курдин С.И., 2012
© УО «ВГУ им. П.М. Машерова», 2012

ПРЕДИСЛОВИЕ

Топография с основами геодезии относится к одной из фундаментальных дисциплин в системе географического образования, дающей знания о топографической карте и ее свойствах, способах геодезических измерений на местности и обработке их результатов, устройстве геодезических приборов и методах создания топографических карт по материалам полевых съемок.

Полученные знания являются базой для последующего изучения картографии, геоморфологии, гидрологии, аэрокосмических методов изучения земной поверхности и других географических дисциплин.

Настоящий практикум подготовлен в соответствии с программой курса и преследует цель помочь преподавателю рационально поставить и организовать выполнение студентами работ на практических занятиях с наименьшей затратой времени.

При составлении заданий автором учитывались два основных принципа: формирование профессиональных навыков и ориентация на усиление самостоятельности в работе студентов.

На практических занятиях студенты должны научиться выполнять расчетно-графические работы, изучить основные геодезические инструменты, а также приобрести навыки топографического черчения, решения топографических задач, производства основных геодезических работ и обработки их результатов.

Первая часть учебного издания включает задания по топографии, вторая – по основам геодезии. Задания сгруппированы в 17 лабораторных и одну самостоятельную работу по 10 темам.

В зависимости от сложности и объема, лабораторные работы различаются по времени, необходимому для их выполнения. В основном они рассчитаны на 2 или 4 часа аудиторных занятий с обязательной доработкой в порядке домашнего задания (как правило, оформление).

К каждому заданию предлагаются методические указания. Задания каждой темы включают по 20 вариантов, обеспечивающих индивидуальную работу каждого студента академической подгруппы.

Краткие теоретические сведения в начале темы наряду с методическими указаниями способствуют более глубокому пониманию материала.

При подготовке заданий второй части учебного издания частично использованы материалы кафедры геодезии и маркшейдерского дела Российского государственного геологоразведочного университета.

Ч А С Т Ь I. ТОПОГРАФИЯ

Тема: ПОСТРОЕНИЕ ШРИФТОВ

КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ ШРИФТЫ

Качество выполненной карты, плана, чертежа зависит не только от правильного, графически грамотного изображения, но и от оформления, одним из важнейших элементов которого являются надписи. Следовательно, надписи надо выполнять также внимательно и аккуратно, как и остальное содержание графической работы. Все надписи выполняются определенными шрифтами.

Шрифты, которые применяются на планах и картах, называются картографическими и в отличие от других шрифтов имеют свойственные только им особенности. Вместе с тем они подчиняются общим требованиям, предъявляемым ко всем шрифтам, и должны обладать ясностью форм букв, легкостью чтения, выразительностью и простотой начертания.

Картографические шрифты являются неотъемлемой частью содержания карт и предназначены для подписи объектов, пояснительных подписей. Они применяются для условных обозначений качественных и количественных характеристик. Шрифтами подписываются названия карт, масштабы и выполняются текстовые блоки зарамочного оформления.

ГРАФИЧЕСКАЯ ОСНОВА И ЭЛЕМЕНТЫ ПОСТРОЕНИЯ ШРИФТОВ

Графическую основу шрифта составляют плотность, контрастность толщины элементов букв, симметричность их расположения относительно вертикальной и горизонтальной осей, наклон и дополнительные графические элементы шрифтов, характерные для его названия (например, разный вид подсечек).

Во всех шрифтах буквы и цифры состоят из различных сочетаний отдельных элементов: вертикальных, горизонтальных, наклонных, прямолинейных, закругленных, толстых (налитых) и тонких (волосных).

Налитые элементы букв называются основными, а волосные элементы – второстепенными. Наиболее широкая часть налитого элемента называется толщиной основного элемента – T_0 . Отношение соединительного элемента буквы – T_C к толщине основного элемента – T_0 определяет контрастность шрифта.

Например: $(T_C/T_0 = 2/10$ или $1/5)$.

Плотность шрифта зависит от отношения ширины буквы b к ее высоте h . При отношении $b/h < 2/3$ шрифт будет узким, при отношении $b/h = 2/3$ шрифт будет нормальным, при отношении $b/h > 2,3$ – широким. Выделяют также суженные и расширенные разновидности шрифтов.

По толщине начертания линий шрифты подразделяются на тонкие, полужирные, жирные и прозрачные.

В зависимости от наклона букв к основанию строки шрифты подразделяются на прямые и наклонные (под углом к строке вправо или влево).

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ПОСТРОЕНИЯ ШРИФТОВ

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ БУКВ В ШРИФТАХ

Толщина основного элемента – ТО в каждом шрифте является определенной величиной и выводится в зависимости от высоты буквы.

В каждом шрифте различают прописные (заглавные, или большие) и строчные (маленькие) буквы, а также цифры и пунктуационные знаки, причем некоторые строчные буквы по начертанию отличаются от прописных.

Высота отдельной буквы или цифры определяет ее ширину и называется ее размером.

За основу размера буквы берется толщина основного элемента буквы, нормального для данной гарнитуры шрифта (вторая цифра в индексе – 3).

При обозначении размера надписи указывают высоту прописной буквы, но при необходимости может быть дана высота и прописной, и строчной буквы. В таких случаях рядом с заданной высотой должно стоять пояснение: «с» (строчная), «зг» (заглавная).

Высота строчных букв и цифр в надписях делается в среднем в полтора раза меньше высоты прописных букв.

МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ БУКВ

Построение букв и слов шрифта облегчается на предварительно подготовленной прямой или наклонной сетке (разграфке), клетка которой принимается за единицу для сравнения размеров элементов. Выполняется она карандашом (2Т-4Т) с помощью синусных линеек и служит для того, чтобы выдержать одинаковое положение букв.

Для получения линии наклона (например, $1/3$ вправо) от точки, взятой произвольно, откладывают вправо по линии горизонтальной разграфки небольшой отрезок произвольной длины;

вниз по перпендикуляру откладывают второй отрезок втрое больше первого; затем концы отрезков соединяют и получают линию наклона. Аналогично строят разграфку с наклоном влево.

По ширине прописные буквы делятся на узкие, или нормальные (**Б, В, Е, З, И, К, Л, Н, О, П, Р, С, Ц, Ч, Ъ, Ь, Э, Я**), широкие (**Ж, Ф, Ш, Щ, Ы, Ю**) и промежуточные (**Д, М, А, Т, У, Х**).

Буква **Г** по ширине уже, чем нормальные буквы. У букв **Ц** и **Щ** выступ горизонтального элемента не входит в ширину.

! *Буквы и цифры следует вычерчивать тушью без предварительной рисовки их карандашом.*

Перед началом вычерчивания нужной буквы определяют толщину ее основных и второстепенных элементов, затем ширину буквы и по мере вычерчивания отдельных элементов буквы намечают опорные (ориентировочные) точки, которые служат границами элементов буквы.

Прямые буквы начинают вычерчивать с левого элемента, затем вычерчивают ее правый элемент и в последнюю очередь – горизонтальные элементы.

У овальных букв вычерчивают вертикальные части левого и правого элементов, затем части горизонтальных элементов и только потом – закругления.

Вычерчивают буквы волосными линиями, затем их элементы утолщают до установленной для данного шрифта величины. Утолщение элементов производится в порядке, принятом при вычерчивании.

Приступая к построению букв, следует иметь в виду, что буквы, состоящие только из отрезков прямой, вычерчивать легче, чем буквы состоящие из овалов. Поэтому практическое изучение шрифта надо начинать с более легких форм, разбив алфавит букв на группы по характеру их форм, технике конструирования и трудности выполнения.

К первой группе следует отнести все буквы, которые состоят из прямых вертикальных и горизонтальных элементов (**Н, Г, Е, П, Т, Ц, Ш, Щ** и цифру **1**).

Ко второй группе – буквы, состоящие из горизонтальных, вертикальных и наклонных элементов (**А, Ж, И, К, М, Х** и цифры **4, 7**).

К третьей группе относятся буквы, состоящие из прямых и овальных элементов (**Б, В, Д, Л, Р, У, Ч, Ы, Ь, Ъ, Я**).

В четвертую группу следует выделить самые сложные и трудные по своему выполнению буквы, состоящие из овальных элементов (**З, О, Ф, Э, Ю** и цифры **2, 3, 5, 6, 8, 9, 0**).

Такое деление алфавита в значительной степени облегчит изучение методики построения букв.

Рекомендованный порядок построения, вычерчивания и утолщения элементов букв относится ко всем шрифтам, но при этом необходимо:

- верхний горизонтальный элемент у букв **Б, В, Г, Е** вычерчивать короче, чем нижний (на одну четверть толщины основного элемента);
- в шрифтах, где все элементы букв одинаковой толщины (топографический), горизонтальные элементы вычерчивать на $1/4$ толщины основного элемента тоньше вертикальных;
- верхние и нижние закругления в овальных буквах и цифрах выносить за пределы разграфки, это же необходимо сделать и с верхней заостренной формой буквы **А**;
- средний горизонтальный элемент у букв **Б, В, Е, Ж, З, К, Н, Ы, Ь, Э, Ю, Я** и цифр **3, 5, 6, 8**, а также центр пересечения элементов буквы **Х** вычерчивать выше середины строки, а у букв **Ч, Р** и цифре **9**, наоборот, ниже середины;
- средний горизонтальный элемент буквы **А** и цифры **4** вычерчивают на расстоянии одной четверти высоты буквы от нижней линии разграфки.

МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ СЛОВ И ТЕКСТА

На каждой графической работе имеется большое количество различных надписей. Качество выполнения этих надписей зависит не только от правильности начертания букв и цифр, но и от правильного расположения их в словах, а слов – в тексте.

При вычерчивании букв в словах следует соблюдать правила начертания отдельных букв и выдерживать интервалы между ними. Равные интервалы создают впечатление разрывов между буквами (или впечатление сгущения букв). Например, при соседстве прописных букв **ГА** или **ТД** просветы кажутся увеличенными, при соседстве букв **ПН** или **ШИ** – уменьшенными.

Величина интервалов измеряется в толщинах основного элемента, зависит от формы соседних букв и может достигать до тройной толщины основного элемента. Величину интервала между буквами определяет не расстояние между краями букв, а образующаяся между буквами свободная площадь, которая равна произведению высоты буквы на среднее расстояние между крайними очертаниями соседних букв.

Например, если принять промежуток между прямыми буквами равным двойной толщине основного элемента, то между овальными буквами промежуток надо делать только в одну тол-

щину основного элемента, между прямой и овальной буквами – полторы толщины, а между прямым и наклонным элементами соседних букв – две толщины основного элемента и откладывать это расстояние следует по середине строки. Интервал равен одной толщине, если оба элемента наклонные или один из них наклонный, а другой овальный.

Во всех других сочетаниях интервал между буквами колеблется от одной толщины основного элемента до нуля. Например, между буквами Г и А интервал отсутствует (их крайние точки находятся на одной вертикальной или наклонной линии).

Промежутки между словами в тексте равны полуторной ширине нормальной буквы. В названиях, состоящих из двух слов и более (например, Марьяна Горка), промежутки между словами берут в одну ширину нормальной буквы.

Промежутки между цифрами в числах равны толщине основного элемента, кроме:

- промежутка между единицами, который равен толщине двух основных элементов;
- промежутка между единицей и любой другой цифрой, который принимают в полторы толщины основного элемента;
- промежутка между четверкой и семеркой (но не наоборот), равного половине толщины основного элемента.

Если надпись выполняется в несколько строк, расстояние между ними, как правило, берется равным высоте буквы, иногда больше, но так, чтобы оно не превышало двойную высоту. Размещая текст, надо избегать переносов или применять их как можно реже.

ОСТОВНЫЙ ТОПОГРАФИЧЕСКИЙ ШРИФТ

Остовный топографический шрифт относится к печатным шрифтам. Остовный шрифт называют еще скелетным, так как он является скелетом (основой) печатных шрифтов. Толщина линий шрифта 0,1–0,3 мм в зависимости от величины букв. Остовный топографический шрифт простой по построению. Чтобы лучше ознакомиться с начертанием остовного топографического шрифта, рассмотрим формы букв по каждой группе в отдельности на графических примерах.

1-я группа. Как видно из рис. 1, форма букв первой группы очень проста. Нормальная ширина букв равна половине их высоты. Средний горизонтальный элемент у букв Н и Е вычерчивают выше середины на величину, равную $1/30$ высоты буквы. У буквы Е верхний горизонтальный элемент вычерчивают на $1/20$ ширины короче нижнего, а длину среднего горизонтального элемента проводят на $1/4$ часть нормальной ширины буквы.

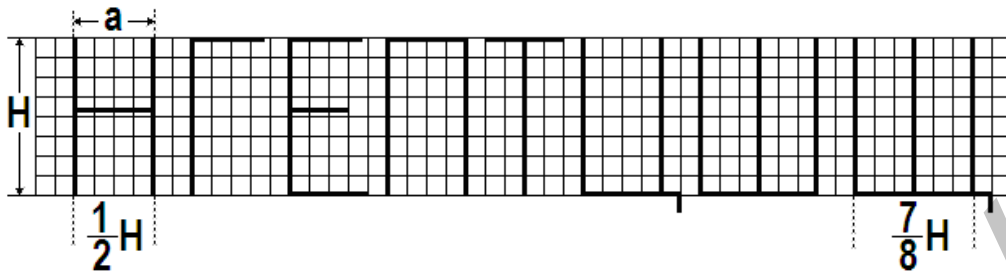


Рис. 1.

2-я группа. На рис. 2 показана форма букв второй группы. Горизонтальный элемент у буквы А расположен ниже верхней линии строчки на расстоянии, составляющем $\frac{2}{3}$ высоты буквы (H). Верхнюю часть буквы Ж вычерчивают уже на $\frac{1}{6}$ величины ее ширины.

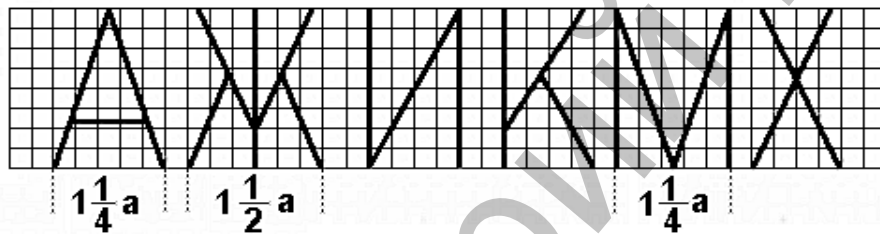


Рис. 2.

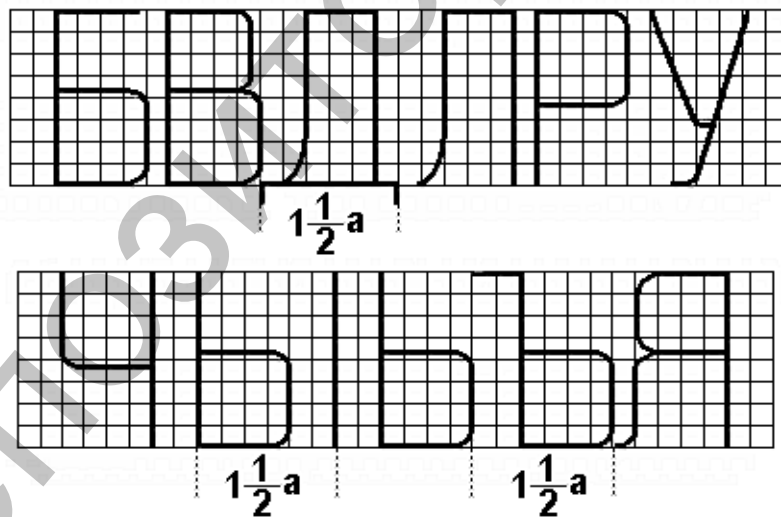


Рис. 3.

3-я группа. При построении букв третьей группы (рис. 3) следует помнить о влиянии оптической иллюзии. В случае несоблюдения этих особенностей будет казаться, что требуемые пропорции в буквах нарушены. У букв Ч и Р средний горизонтальный элемент вычерчивается на $\frac{1}{30}$ высоты ниже середины, у букв Б и В – на $\frac{1}{30}$ высоты выше середины, у буквы У – на расстоянии $\frac{2}{3}$ высоты от верхней линии строчки.

4-я группа. Из рис. 4 видно, что овал букв этой группы представляет собой форму прямоугольника со скругленными углами, что характерно для остовного шрифта.

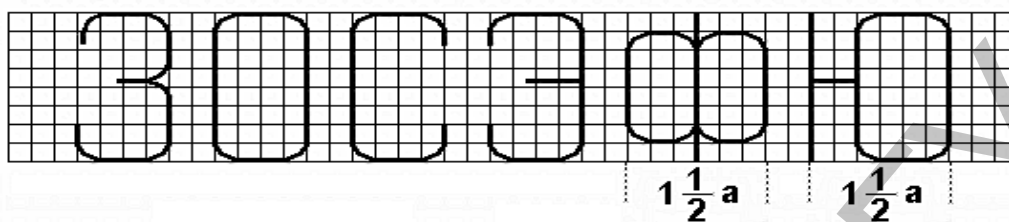


Рис. 4.

Строчные буквы остовного шрифта по рисунку одинаковы с прописными буквами, за исключением шести букв а, б, е, р, у, ф. На рис. 5 изображена форма строчных букв. У буквы б верхний элемент вычерчивают выше строчки на половину высоты буквы (h). На такую же величину элементы у букв р, у, ф опускают ниже строчки.

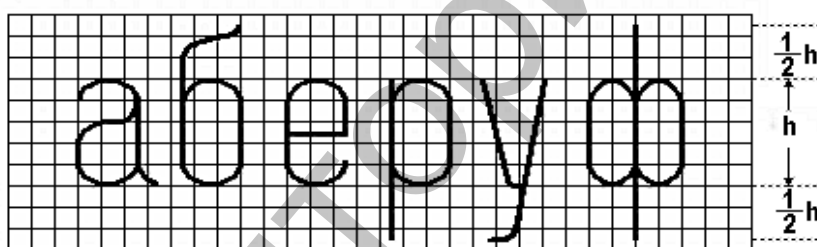


Рис. 5.

На рис. 6 представлена форма цифр. Большинство цифр имеют форму овала. Цифры пишут на высоте прописных букв и на 1/4 уже нормальной ширины буквы.

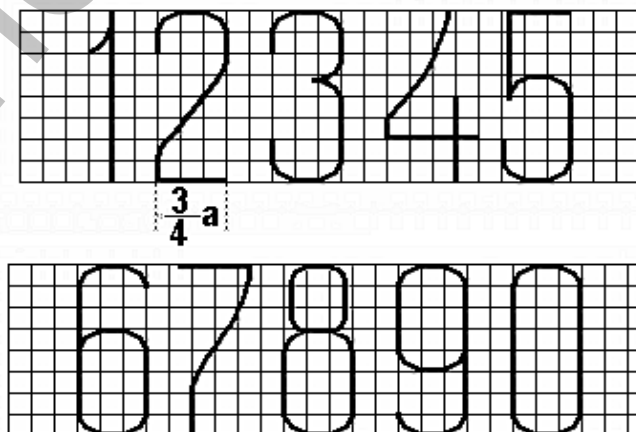


Рис. 6.

ТОПОГРАФИЧЕСКИЙ ПОЛУЖИРНЫЙ ШРИФТ (Т-132)

Он наиболее простой по своему начертанию и применяется на топографических картах масштабов от 1:10000 до 1:100000 (рис. 7). Этот шрифт применяют для подписей, указывающих названия городов с населением от 2000 до 50000 жителей, поселков сельского и дачного типа с населением более 100 жителей, а также подписывают материал постройки мостов и плотин, отметки высот и урезов воды. Применяется он также и на тематических картах. Шрифт имеет отчетливое написание и легко читается.

Надписи населенных пунктов городского типа делают полностью прописными буквами; у надписей населенных пунктов сельского типа прописной пишется только первая буква, остальные – строчными (этим подчеркивается характер населенного пункта).

Особенностью топографического полужирного шрифта является то, что большинство букв состоит из прямых элементов правильной прямоугольной формы, имеющих одинаковую толщину – толщину основного элемента, равную в прописных буквах и цифрах $1/8$ высоты буквы, а в строчных – $1/6$.

Высота строчных букв принимается в полтора раза меньше прописных. Ширина нормальной прописной и строчной буквы равна четырехкратной толщине основного элемента.

При вычерчивании прописных букв топографического полужирного шрифта учитывают следующее:

- узкие буквы имеют ширину 4 основных элементов (половину высоты буквы);
- широкие буквы: Ж имеет ширину 8 основных элементов, Щ – 7 элементов, Д – 6,5 элемента; Ф, Ш, Ы, Ю – 6 элементов; М – 5,5 элемента;
- буквы А, Т, У, Х – 5 элементов; Я, К – 4,5 элемента;
- средний горизонтальный элемент вычерчивается выше средней линии на $3/4$ толщины основного элемента, у букв Р и Ч – на ту же величину ниже средней линии;
- верхний горизонтальный элемент у букв Б, Г, Е вычерчивается на половину толщины основного элемента короче ширины нормальной буквы;
- верхняя часть букв З, В и цифр 3, 8 уже нижней части на одну четверть основного элемента;
- буква К вверху уже, чем внизу на половину толщины основного элемента;
- верхняя часть букв Ж, Х уже нижней части на толщину основного элемента (по половине с каждой стороны);
- радиус закруглений овальных букв и цифр колеблется от $1/8$ до $1/4$ высоты буквы;

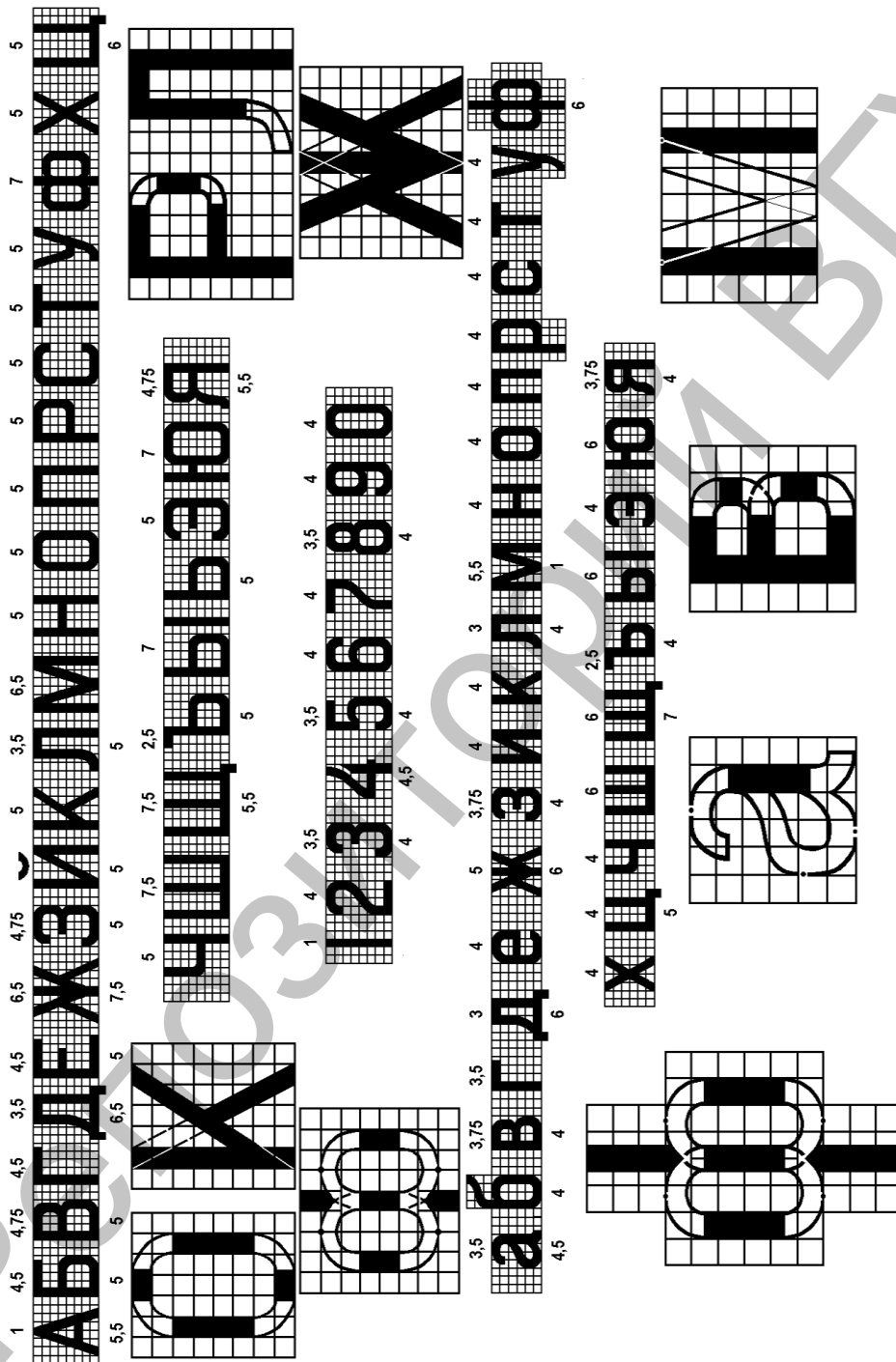


Рис. 7. Размеры топографического полужирного шрифта (Т-132).
 Ширина букв и цифр указана в толщинах основного элемента.

- закругление левого элемента в букве Л начинается с половины высоты буквы.

Строчные буквы, кроме а, б, е, р, у, ф, имеют такую же конфигурацию, как прописные. Соотношение между шириной узкой буквы и ее высотой принимается 4:6. В строчных буквах б, р, у, ф элементы, выступающие за верхнюю и нижнюю линии разграфки, равняются половине высоты основной части буквы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

Задание 1. Вычертить рамку листа, трафаретную сетку по указанным в образце размерам и основный топографический шрифт (рис. 8).

Рекомендации к выполнению задания. В этой работе требуется овладеть методикой построения прописных и строчных букв основного шрифта. Работу выполняют в следующей последовательности: на листе чертежной бумаги строят карандашом рамку и вычерчивают вспомогательную трафаретную сетку со стороной квадрата 2 мм. Утолщенная линия рамки чертежа вычерчивается при этом двумя тонкими линиями.

Построение начинают с простейших букв, а затем переходят к построению более трудных овальных букв. При построении шрифта следует особое внимание обратить на перпендикулярность вертикальных элементов и на сопряжение дуг в овальных и полуовальных формах букв третьей и четвертой групп.

После того, как все буквы и цифры будут тщательно выполнены карандашом, их вычерчивают тушью с помощью рейс-федера и чертежного пера. Зарамочное оформление также производят основным шрифтом.

При выполнении работы необходимо следить за тем, чтобы строчки трафаретной сетки на чертеже распределялись симметрично относительно внутренней рамки чертежа и расстояние между ними было установлено с учетом высоты букв и существующего свободного пространства.

Рамка чертежа с подписями, буквы и цифры шрифта выполняются черной тушью, трафаретная сетка – синей или красной.

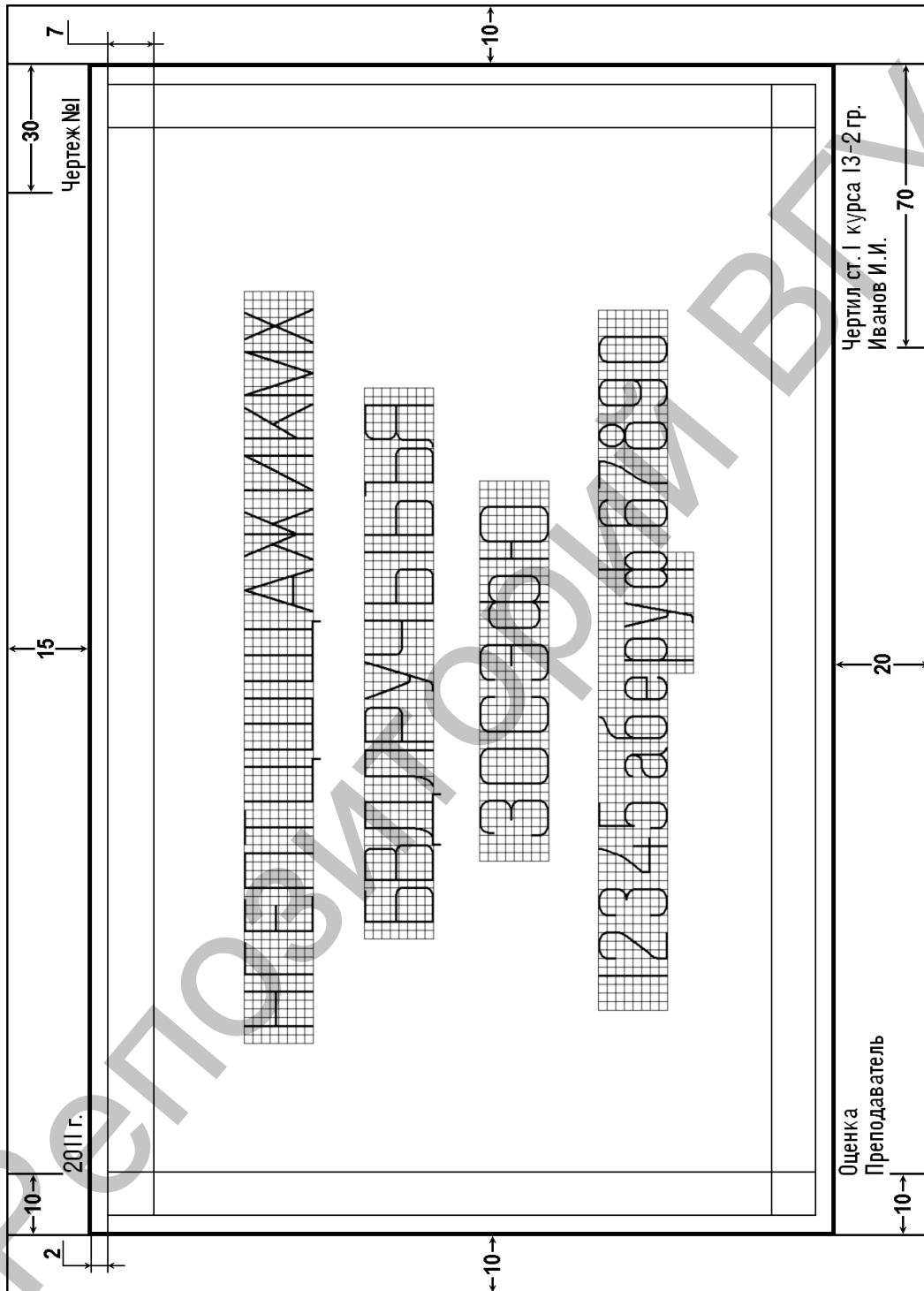


Рис. 8. Размеры рамки (мм) и образец лабораторной работы № 1.

Тема: МАСШТАБ. ВИДЫ МАСШТАБОВ. ИЗМЕРЕНИЕ ПО КАРТАМ ДЛИН ЛИНИЙ И ПЛОЩАДЕЙ

Масштаб есть отношение длины какого-либо отрезка на плане или карте к длине горизонтальной проекции соответствующего отрезка на местности. Масштаб, выраженный дробью, называется *численным*. Масштаб плана или карты может быть выражен и словесно. Чаще всего указывают, чему на местности соответствует 1 см на плане или карте, например, в 1 см 1 км. Это выражение носит название *именованного* масштаба.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

Задание 2. Численные выражения масштабов заменить именованными (табл. 1).

Задание 3. Дать численные выражения именованным масштабам (табл. 2).

Рекомендации к выполнению задания. Переход от численного масштаба к именованному осуществляется следующим образом. Представим, что единица длины на карте или плане соответствует такому же числу единиц на местности, которое равно знаменателю численного масштаба.

Например: численный масштаб 1:30000, следовательно, 1 см на карте соответствует 30000 см на местности, т.е. 300 м. И наоборот, для определения численного масштаба надо в словесном выражении масштаба оба именованных числа выразить в одной единице мер и взять их соотношение. Например, словесное выражение масштаба «в 1 см 150 м», следовательно 1 см на карте соответствует 15000 см на местности. Значит численный масштаб будет выглядеть как 1:15000.

Задание 4. Определить предельную точность масштаба (табл. 1).

Рекомендации к выполнению задания. Линейное расстояние на местности, выражающееся 0,1 мм (величина, приближенно соответствующая разрешающей способности глаза) на карте данного масштаба, называется *предельной точностью масштаба*. Для ее определения необходимо численный масштаб перевести в именованный, а затем определить, сколько метров содержится в 0,1 мм. Например, для численного масштаба 1:50000 именованный – в 1 см 500 м. Значит в 1 мм будет 50 м, а в 0,1 мм – 5 м. Это и есть предельная точность масштаба.

Таблица 1

Вариант	Численные масштабы			
1	1:150	1:25000	1:100000	1:2500000
2	1:200	1:1000	1:50000	1:1000000
3	1:500	1:2500	1:250000	1:2000000
4	1:1500	1:500000	1:2500	1:200
5	1:250000	1:10000	1:250	1:5000
6	1:2000	1:200000	1:150	1:25000
7	1:5000	1:250	1:2000000	1:50000
8	1:20000	1:500	1:1000	1:1000000
9	1:250000	1:1500	1:100000	1:200
10	1:2000	1:2500000	1:500000	1:10000
11	1:2500	1:20000	1:150	1:2000000
12	1:100000	1:25000	1:500	1:2500000
13	1:1000	1:20000	1:200000	1:250
14	1:1500	1:50000	1:250000	1:1000000
15	1:2000	1:500000	1:50000	1:200
16	1:200000	1:10000	1:2500	1:150
17	1:500	1:1500	1:100000	1:1000000
18	1:5000	1:25000	1:2000000	1:250
19	1:2000	1:250000	1:200	1:50000
20	1:1000	1:20000	1:500000	1:2500000

Таблица 2

Вариант	Именованные масштабы			
1	в 1 см 10 м	в 1 см 2 км	в 1 см 250 м	в 1 см 5 м
2	в 1 см 2 м	в 1 см 200 м	в 1 см 25 м	в 1 см 5 км
3	в 1 см 2,5 км	в 1 см 10 км	в 1 см 20 м	в 1 см 500 м
4	в 1 см 100 м	в 1 см 2,5 м	в 1 см 50 км	в 1 см 1 км
5	в 1 см 1,5 м	в 1 см 20 км	в 1 см 50 м	в 1 см 250 м
6	в 1 см 25 км	в 1 см 5 м	в 1 см 200 м	в 1 см 1 км
7	в 1 см 2 м	в 1 см 100 м	в 1 см 2,5 км	в 1 см 50 км
8	в 1 см 500 м	в 1 см 20 м	в 1 см 5 км	в 1 см 25 км
9	в 1 см 2 км	в 1 см 1,5 м	в 1 см 10 км	в 1 см 50 м
10	в 1 см 2,5 м	в 1 см 20 км	в 1 см 25 м	в 1 см 200 м
11	в 1 см 10 м	в 1 см 1 км	в 1 см 500 м	в 1 см 25 км
12	в 1 см 2 км	в 1 см 25 км	в 1 см 10 м	в 1 см 250 м
13	в 1 см 5 км	в 1 см 2,5 м	в 1 см 10 км	в 1 см 100 м
14	в 1 см 10 км	в 1 см 25 м	в 1 см 5 м	в 1 см 1 км
15	в 1 см 50 м	в 1 см 20 км	в 1 см 500 м	в 1 см 2 м
16	в 1 см 2,5 км	в 1 см 100 м	в 1 см 1,5 м	в 1 см 50 км
17	в 1 см 20 м	в 1 см 2,5 км	в 1 см 10 м	в 1 см 5 км
18	в 1 см 10 м	в 1 см 200 м	в 1 см 2 км	в 1 см 25 км
19	в 1 см 2 м	в 1 см 50 м	в 1 см 2,5 км	в 1 см 50 км
20	в 1 см 1,5 м	в 1 см 20 км	в 1 см 250 м	в 1 см 20 м

Задание 5. Построить линейный масштаб по заданному численному (табл. 3).

Таблица 3

Вариант	Масштаб	Вариант	Масштаб	Вариант	Масштаб
1	1:100	2	1:150	3	1:200
4	1:250	5	1:500	6	1:1000
7	1:1500	8	1:2000	9	1:2500
10	1:4000	11	1:10000	12	1:15000
13	1:25000	14	1:50000	15	1:100000
16	1:250000	17	1:300000	18	1:500000
19	1:1000000	20	1:2000000		

Рекомендации к выполнению задания. *Линейный масштаб* – это графическое выражение именованного. Для его построения на прямой линии последовательно откладывают несколько раз отрезок одной и той же длины, называемый основанием масштаба и равный той единице мер, которая в словесном выражении принята для изображения. Цифры же у точек деления характеризуют число единиц мер, которые в словесном выражении приняты для горизонтальной проекции.



Рис. 9. Линейный масштаб.

Чаще всего линейный масштаб оформляется в виде двух параллельных линий, разделенных на основания поперечными штрихами. Левое из оснований в свою очередь разбивается на более мелкие деления, которые носят название наименьшего деления линейного масштаба и составляют его графическую точность (рис. 9).

Задание 6. Отложить на поперечном масштабе отрезки заданной длины (табл. 4).

Рекомендации к выполнению задания. *Поперечный масштаб* – это графический масштаб в виде номограммы, построение которой основано на пропорциональности отрезков параллельных прямых, пересекающих стороны угла. На нижней горизонтальной линии поперечного масштаба отложены одинаковые деления, называемые основанием масштаба. Из концов оснований на нижней линии восстановлены перпендикуляры. Над

нижней линией параллельно ей проведено 10 линий на равных расстояниях друг от друга. Первое слева основание на нижней и верхней линиях разделено на 10 равных частей. Концы малых делений соединены наклонными линиями, называемыми трансверсалями (рис. 10).

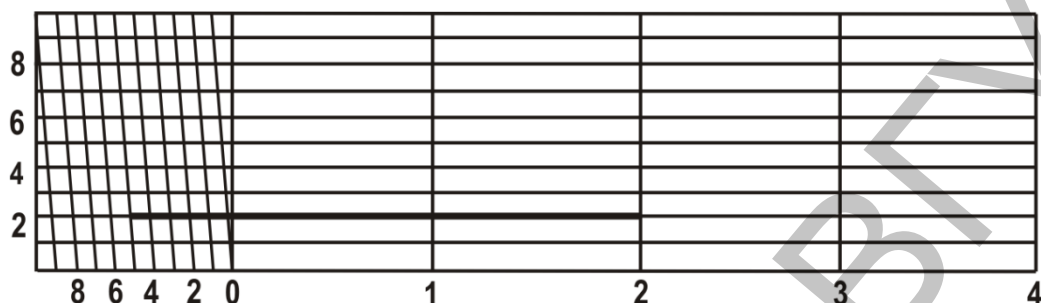


Рис. 10. Откладывание отрезка на поперечном масштабе.

Таблица 4

Вариант	Масштаб	Отрезок А (м)	Масштаб	Отрезок В (м)	Масштаб	Отрезок С (м)	Масштаб	Отрезок D (м)
1	1:10000	456	1:2500	83	1:5000	223	1:100000	3820
2	1:1000	35,8	1:250000	6850	1:2000	134	1:50000	2120
3	1:500	20,8	1:20000	1104	1:500000	6300	1:2000	148,4
4	1:200000	5120	1:25000	1080	1:500	36,4	1:10000	524
5	1:1000	63,6	1:500000	17600	1:2500	186	1:20000	1040
6	1:5000	229	1:25000	1835	1:200000	5760	1:250000	3600
7	1:500	14,8	1:2500	138	1:20000	696	1:100000	2820
8	1:50000	1290	1:1000	71,4	1:250000	4650	1:25000	605
9	1:2000	147,6	1:10000	492	1:25000	670	1:500000	7100
10	1:5000	119	1:100000	5120	1:2500	77	1:50000	1310
11	1:200000	2760	1:500	18,7	1:10000	528	1:5000	242
12	1:2000	151,6	1:25000	785	1:500000	5400	1:1000	50,2
13	1:20000	476	1:100000	5140	1:500	38,5	1:2500	126
14	1:1000	49,6	1:5000	296	1:20000	1256	1:250000	6600
15	1:50000	2190	1:200000	4280	1:10000	490	1:2000	84,4
16	1:2500	134	1:100000	4520	1:25000	870	1:500	28,1
17	1:50000	1580	1:250000	4800	1:1000	68,8	1:5000	241
18	1:200000	3160	1:500000	12400	1:10000	374	1:2000	148,8
19	1:25000	790	1:250000	5800	1:1000	56,8	1:5000	151
20	1:500	36,9	1:2500	128,5	1:20000	736	1:10000	162

Предположим, что нам необходимо отложить в масштабе 1:25000 отрезок, равный 1260 м. Величина основания поперечного масштаба для данного масштаба равна 500 м (в 1 см 250 м,

а в 2 см – 500 м).

Тогда отрезок, соответствующий 1260 м, будет составлять 2,52 основания. Решение задачи сводится к нахождению на нижней горизонтальной прямой поперечного масштаба двух целых оснований, пяти десятых частей и по наклонной вверх двух сотых частей основания (рис. 10).

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

Задание 7. На картах масштабов 1:10000 и 1:25000 измерить прямолинейные отрезки с помощью линейного и поперечного масштабов (табл. 5).

Рекомендации к выполнению задания. Прямолинейные отрезки на карте измеряют двумя способами: с помощью линейного или поперечного масштаба и циркуля-измерителя.

1-й способ. Для определения расстояния между точками необходимо раствор циркуля, равный длине отрезка на карте, перенести на линейный масштаб, установив измеритель таким образом, чтобы правая ножка находилась на одном из целых делений, а левая – в области основания с мелкими делениями (рис. 11). После этого производят отсчет. В нашем случае расстояние между точками равно 1 км и 250 м.

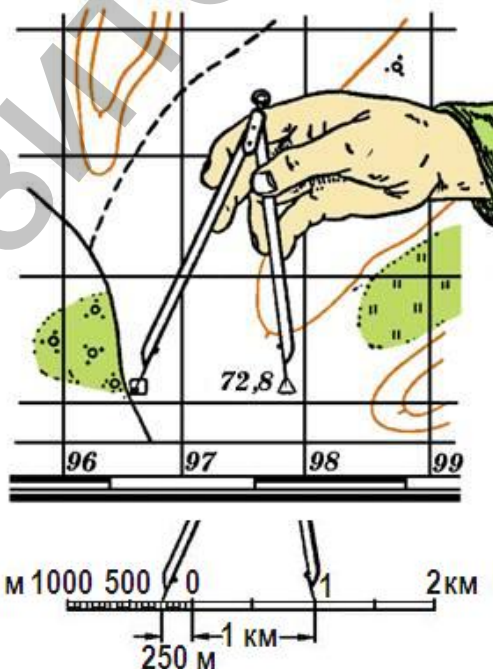


Рис.11. Определение расстояния по карте с помощью линейного масштаба.

Таблица 5

Вариант	По карте У-34-37-В-в-4 (Снов)	По карте У-34-37-В-в (Снов)
1	г. Михалинская (6812) – ветряная мельница (6612)	Пункт триангуляции (7207) – отметка 157,6 (7209)
2	г. Михалинская (6812) – г. Карьерная (6713)	Кирпичный завод (6613) – дом лесника (6611)
3	Отметка уреза воды 108,1 (6814) – родник (6713)	Отметка 176,1 (7106) – пункт триангуляции (7009)
4	Отметка 158,4 (6714) – кирпичный завод (6613)	Родник (7112) – г. Дубровина (6910)
5	Водяная мельница (6613) – ключ Белый (6513)	Отметка уреза воды 108,9 (7311) – водонапорная башня (7110)
6	Колодец (6612) – Колодец (6513)	Колодец (6809) – водяная мельница (6611)
7	г. Кирпичная (6613) – отметка уреза воды 139,4 (6513)	Пасека (6712) – г. Дубровина (6910)
8	Дом лесника (6611) – церковь (6510)	Бумажная фабрика (7112) – школа (7309)
9	Водяная мельница (6611) – г. Голая (6511)	Брод (6809) – отметка 176,8 (6806)
10	Ключ Белый (6513) – г. Малиновская (6411)	Церковь (6809) – родник с отметкой 170,1 (7012)
11	Метеостанция (6413) – отметка 146,4 (6514)	Отметка 135,5 (6808) – пункт триангуляции (6508)
12	Церковь (6413) – отметка уреза воды 142,0 (6512)	Памятник (6413) – г. Кирпичная (6613)
13	Семафор (6414) – водонапорная башня (6413)	Пункт триангуляции (6507) – церковь (6510)
14	Отметка 137,6 (6411) – отметка 131,4 (6511)	Склад горючего (6514) – г. Карьерная (6713)
15	Дом лесника (6610) – ветряная мельница (6612)	Мост (7013) – скопление камней (6812)
16	г. Лесная (6711) – телефонная станция (6711)	Родник (7214) – развилка дорог с отметкой 193,6 (7111)
17	Кирпичный завод (6613) – отметка 158,4 (6714)	Пристань (7213) – знак речной сигнализации (6913)
18	Водонапорная башня (6614) – отдельно лежащий камень (6513)	Ветряная мельница (6612) – отметка уреза воды 121,8 (6709)
19	Колодец (6612) – г. Голая (6511)	Озеро (7211) – родник (7214)
20	Отметка уреза воды 129,4 (6411) – колодец (6412)	Курган (6814) – г. Лесная (6711)

2-й способ. Для определения длины линии с помощью поперечного масштаба измеряемый отрезок вводят в раствор между иглами ножек измерителя. Последний устанавливают на шкале поперечного масштаба так, чтобы обе ножки оказались на одной горизонтальной прямой (рис. 12).

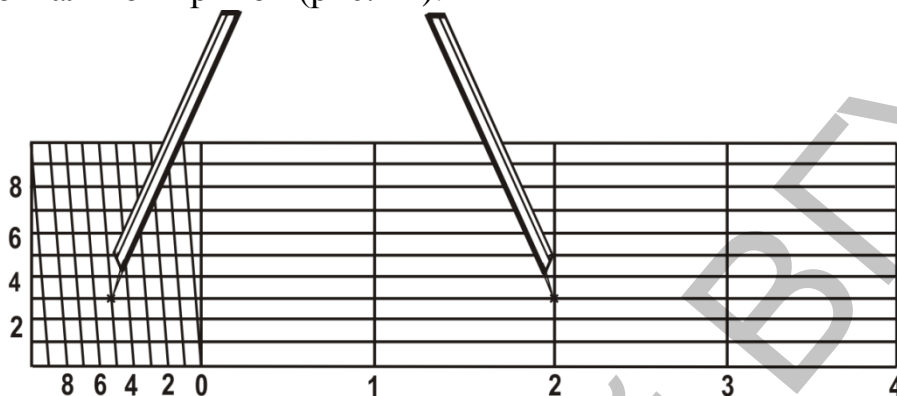


Рис.12. Работа с поперечным масштабом.

При этом левая ножка должна совпасть с пересечением одной из трансверселей с горизонтальной линией, а правая находится на одном из перпендикуляров к основанию.

По цифровым обозначениям линий, на которых установились ножки измерителя, определяется количество целых оснований, десятых и сотых долей основания. Исходя из заданного масштаба находят их величины и определяют длину отрезка.

В растворе циркуля оказалось 2 целых основания, 5 десятых и 3 сотых долей основания. Измерения производились по карте масштаба 1:100000. В этом масштабе основание равно 2 км, десятая доля основания – 200 м, а сотая – 20 м. В нашем случае, искомый отрезок будет равен 5060 м ($2 \times 2 \text{ км} = 4 \text{ км}$, $5 \times 200 \text{ м} = 1000 \text{ м}$, $3 \times 20 \text{ м} = 60 \text{ м}$), или $2,53 \times 2000 \text{ м} = 5060 \text{ м}$.

Задание 8. Измерить на картах масштабов 1:10000, 1:25000 извилистые линии с помощью циркуля-измерителя и курвиметра (табл. 6).

Рекомендации к выполнению задания. Извилистые линии на карте измеряются разбивкой на прямые отрезки постоянным раствором циркуля. Величина раствора определяется исходя из следующих соображений. Для повышения точности результата она должна быть как можно меньше, так как при измерении дуги кривой заменяются прямыми линиями.

Вместе с тем она должна быть по возможности большей для уменьшения величины ошибки, накапливаемой при последовательном откладывании раствора на линии.

Таблица 6

Вариант	По карте У-34-37-В-в-4 (Снов)	По карте У-34-37-В-в (Снов)
1	Р. Голубая от оз. Черное (6613) до горизонтальной линии сетки 67.	Безымянная речка от источника (7214) до устья (7113)
2	Р. Голубая от горизонтальной линии сетки 67 (6712) до пересечения с проселочной дорогой (6711)	Полевая дорога от пос. Демидово (7109) до шоссе в пос. Дубровка (7010)
3	Р. Голубая от вертикальной линии сетки 12 (6712) до устья (6510)	Проселочная дорога от шоссе (7308) до пос. Новоселки (7108)
4	Безымянный ручей (6511)	Безымянная речка от источника (7106) до устья (7008)
5	Р. Каменка от истока (6713) до пересечения с шоссе (6614)	Р. Андога между горизонтальными линиями сетки 71 и 73
6	Р. Каменка от пересечения с шоссе (6614) до моста на улучшенной грунтовой дороге (6613)	Проселочная дорога от пос. Вороново (6612) до перекрестка (6611)
7	Р. Голубая от южной рамки листа (6412) до горизонтальной линии сетки 65	Р. Андога от брода (7108) до северной рамки листа
8	Р. Голубая от горизонтальной линии сетки 65 (6512) до оз. Черное (6513)	Р. Андога между горизонтальными линиями сетки 70 и 72
9	Безымянная речка от источника (6414) до устья (6513)	Р. Андога между горизонтальными линиями сетки 69 и 71
10	Лесная дорога от отметки 150,4 (6613) до северной границы леса (6713)	Р. Андога между горизонтальными линиями сетки 68 и 70
11	Проселочная дорога от поселка Вороново (6612) до поселка Добрынино (6614)	Проселочная дорога от южной рамки листа (6407) до перекрестка (6607)
12	Проселочная дорога от поселка Вороново (6512) до перекрестка с отметкой 143,0 (6611)	Проселочная дорога от пос. Федоровка (6510) до пос. Барахоево (6608)
13	Проселочная дорога от северной рамки листа (6812) до пересечения с улучшенной грунтовой дорогой (6712)	Проселочная дорога от пос. Демидово (7109) до кирпичного завода (7110)
14	Проселочная дорога от поселка Михалино (6711) до перекрестка с отметкой 131,2 (6610)	Р. Андога от вертикальной линии сетки 10 (6710) до горизонтальной 69
15	Проселочная дорога от западной рамки листа (6510) до пересечения с р. Голубая (6711)	Р. Андога от плотины на вертикальной линии сетки 11 (6611) до горизонтальной линии сетки 68
16	Проселочная дорога от свх. Беличи (6511) до перекрестка с отметкой 170,0 (6712)	Полевая дорога от моста (6610) до моста (6708)
17	Проселочная дорога от свх. Беличи (6511) до перекрестка с отметкой 149,2 (6412)	Проселочная дорога от перекрестка с отметкой 170,0 (6712) до свх. Беличи (6511)
18	Полевая, а затем лесная дорога от перекрестка с отметкой 156,9 (6813) до перекрестка с отметкой 150,4 (6613)	Временный поток в лесу «Темный Бор» от истока (7009) до устья (7007)
19	Проселочная дорога от перекрестка с отметкой 153,0 (6510) до перекрестка с отметкой 171,5 (6410)	Проселочная дорога от пос. Дровяная (6706) до пос. Барахоево (6608)
20	Проселочная дорога от дома лесника (6412) до пересечения с улучшенной грунтовой дорогой (6511)	Полевая, а затем лесная дорога от перекрестка с отметкой 119,4 (7007) до перекрестка (6807)

Оптимальная величина раствора для сильно извилистых линий составляет от 0,2 до 0,5 см, для менее извилистых – от 0,5 до 1 см. Раствор циркуля для измерения извилистых линий называют *шагом циркуля*. Для измерений такого рода желательно использовать микроизмеритель с фиксированным шагом.

В ходе измерений одну ножку циркуля ставят в начальную точку, а вторую – по направлению измеряемой линии (рис. 13) и «шагают» по ней. Общая длина линии равна произведению количества «шагов» на величину шага в масштабе карты плюс остаток, измеренный по линейному масштабу.

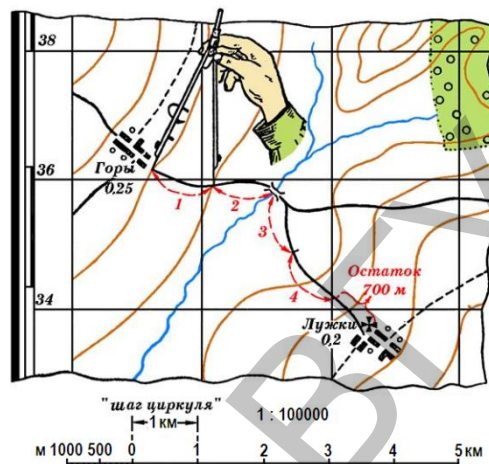


Рис. 13. Измерение расстояний по извилистым линиям.

Для измерения расстояний по извилистым линиям применяют специальный прибор – *курвиметр* (рис. 14).

В основании прибора находится калиброванное колесико, соединенное системой шестеренок со стрелкой на циферблате. При движении колесика по какой-либо линии на карте (например, дороге) стрелка



Рис. 14. Курвиметр.

передвигается по циферблату и указывает пройденный колесиком путь в сантиметрах. Исходя из масштаба карты определяют соответствующее ему расстояние на местности.

В обоих случаях для повышения точности измерения проводятся не менее 2 раз, а в качестве итогового результата берут среднее арифметическое.

Задание 9. Измерить на картах масштабов 1:10000 и 1:25000 площади указанных территорий графическим способом и с помощью палетки и планиметра (табл. 7).

Рекомендации к выполнению задания. На топографических картах и планах площади объектов измеряют разными способами, применение которых диктуется формой измеряемого участка,

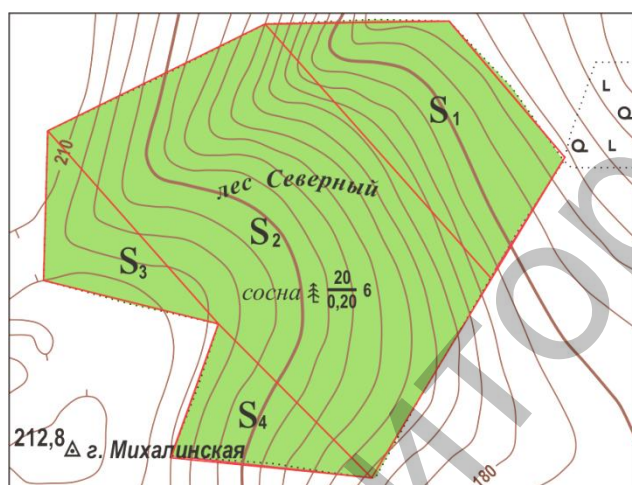
заданной точностью результатов измерений, требуемой быстротой получения данных и наличием необходимых инструментов.

Таблица 7

Вариант	По карте У-34-37-В-в-4 (Снов)	По карте У-34-37-В-в (Снов)
1	Массив березового леса (6511,6512)	Массив леса (6710, 6711, 6611 и др.)
2	Территория (6613, 6614, 6513), ограниченная железной, улучшенной грунтовой и полевой дорогами	Массив леса (6807, 6907, 6808, 6908), ограниченный с запада железной дорогой
3	Массив леса (6710, 6711 и др.), ограниченный с юго-востока р. Голубая	Лес «Темный Бор» (6909, 6908, 7009, 7008, 7108)
4	Массив леса (6712, 6713), ограниченный с северо-востока и юго-востока широкими просеками	Лесной массив вместе с горелым лесом, редколесьем, буреломом и кустарником (6411, 6412, 6511, 6512)
5	Массив леса (6511, 6411, 6512, 6412)	Массив леса (7313, 7314, 7213, 7214, 7113)
6	Массив леса (6711, 6610, 6611) без молодых посадок	Лесной массив (6711, 6712, 6713) вместе с вырубками и редколесьем
7	Массив леса (6711, 6712), ограниченный с севера и северо-востока улучшенной грунтовой дорогой	Территория (6611, 6612, 6511, 6512), ограниченная р. Андога, улучшенной грунтовой и проселочными дорогами
8	Озеро «Черное» (6613, 6513)	Лесной массив (6711, 6610, 6611), ограниченный с севера р. Голубая
9	Буреломы и вырубки с кустарником (6511, 6411, 6412)	Территория (7110, 7010, 6910), ограниченная шоссе, полевой и проселочными дорогами
10	Массив леса с вырубками и редколесьем (6713), ограниченный с юго-запада широкой просекой	Территория (7208, 7107, 7108, 7007, 7008), ограниченная железной дорогой, р. Андога и безымянной речкой
11	Массив леса с молодыми посадками (6611), ограниченный с севера проселочной дорогой	Территория (6511, 6512, 6411, 6412), ограниченная улучшенной грунтовой и проселочными дорогами
12	Массив леса с молодыми посадками (6711, 6611),ограниченный с юга и запада проселочными дорогами	Территория (6608, 6609, 6610, 6509, 6510), ограниченная шоссе и проселочными дорогами
13	Массив леса (6712, 6713), ограниченный с юго-запада улучшенной грунтовой дорогой, с северо-запада и северо-востока – широкими просеками	Территория (7107, 7007, 6907), ограниченная железной дорогой, р. Андога, безымянной речкой и временным водным потоком
14	Территория (6613, 6614, 6513, 6514), ограниченная железной, улучшенной грунтовой дорогами и шоссе	Территория (6909, 6809, 6810, 6709, 6710), ограниченная шоссе, р. Андога и проселочными дорогами
15	Территория (6711, 6712, 6812), ограниченная улучшенной грунтовой, проселочной и полевой дорогами	Территория (7108, 7109, 7110, 7008, 7009, 7010), ограниченная шоссе, проселочной и полевой дорогами
16	Территория (6711, 6712, 6611, 6612), ограниченная р. Голубая и проселочными дорогами	Территория (6613, 6614, 6513, 6514), ограниченная шоссе, улучшенной грунтовой и проселочной дорогами
17	Территория (6512, 6513), ограниченная улучшенной грунтовой дорогой, р. Голубая, оз. Черное и безымянной речкой	Территория (7211, 7212, 7111, 7112, 7010, 7011), ограниченная проселочными и полевыми дорогами

18	Территория (6511, 6512, 6412), ограниченная р. Голубая и проселочными дорогами	Территория (7211, 7212, 7111, 7112), ограниченная с 4 сторон полевыми дорогами
19	Территория (6711, 6712), ограниченная р. Голубая, улучшенной грунтовой, полевой и проселочными дорогами	Территория (6910, 6911, 6810, 6811), ограниченная шоссе и проселочными дорогами
20	Территория (6810, 6811, 6710, 6711), ограниченная лесным массивом, оврагом, проселочной и полевой дорогами	Территория (6708, 6709, 6710, 6608, 6609, 6610), ограниченная проселочной, полевой дорогами и безымянной речкой

Графический способ. Этот способ состоит в том, что измеряемую площадь делят на ряд геометрических фигур: прямоугольников, треугольников, трапеций. Выполнив на карте необходимые измерения, площади этих фигур определяют по формулам, известным из геометрии.



Общая площадь будет равна сумме площадей отдельных участков, вычисленных с учетом масштаба карты.

Например, требуется измерить площадь леса «Северный» по карте масштаба 1:10000. Разбиваем территорию леса на две трапеции и два треугольника и определяем их площадь (рис. 15).

Разбиваем территорию леса на две трапеции и два треугольника и определяем их площадь (рис. 15).

Рис. 15. Определение площади объекта графическим способом.

$$S_1 = \frac{230 \text{ м} + 430 \text{ м}}{2} \times 170 \text{ м} = 56100 \text{ м}^2 = 5,61 \text{ га}$$

$$S_2 = \frac{430 \text{ м} + 600 \text{ м}}{2} \times 300 \text{ м} = 154500 \text{ м}^2 = 15,45 \text{ га}$$

$$S_3 = \frac{320 \text{ м} \times 130 \text{ м}}{2} = 20800 \text{ м}^2 = 2,08 \text{ га}$$

$$S_4 = \frac{280 \text{ м} \times 160 \text{ м}}{2} = 22400 \text{ м}^2 = 2,24 \text{ га}$$

$$S = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 = 56100 \text{ м}^2 + 154500 \text{ м}^2 + 20800 \text{ м}^2 + 22400 \text{ м}^2 = 253800 \text{ м}^2 = 25,38 \text{ га}$$

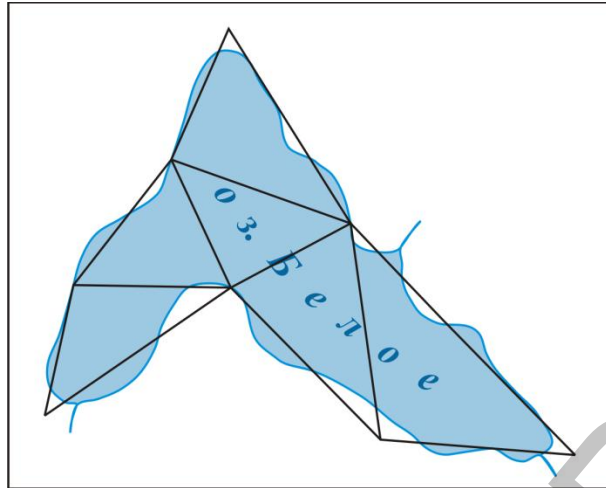


Рис. 16. Деление контура озера на простые геометрические фигуры путем спрямления криволинейных границ.

Данный способ более всего подходит для измерения площадей участков, ограниченных прямыми линиями. Однако объект с криволинейным контуром можно также разбить на геометрические фигуры, предварительно спрямив границы (рис. 16). Спрямирование производится с таким расчетом, чтобы суммы площадей отрезанных участков и участков, избыточных внутри геометрических фигур, взаимно компенсировали друг друга.

Очевидно, что результаты измерений данным способом будут достаточно приближенными.

Механические способы. Измерения площадей на картах производят с помощью различных палеток и планиметров. Самой простой в употреблении является квадратная сеточная палетка, которая представляет собой прозрачную пластину из оргстекла или кальки, с нанесенной сеткой мелких квадратов, обычно со стороной 2–5 мм. Палетку накладывают на измеряемый контур и по ней подсчитывают количество полных и неполных квадратов.

Количество неполных квадратов делят на два и прибавляют к числу полных (рис. 17).

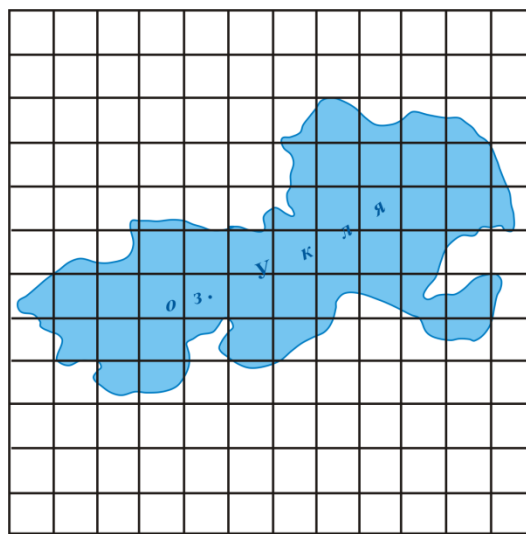


Рис. 17. Квадратная сеточная палетка, наложенная на измеряемую фигуру.

Чтобы определить площадь участка, необходимо предварительно определить площадь одного квадрата в масштабе карты, т.е. цену деления палетки. Так, например, при масштабе карты 1:100000 и стороне квадрата, равной 5 мм цена деления палетки будет равна 250000 м^2 или $0,25 \text{ км}^2$. Площадь объекта на рисунке равняется $9,75 \text{ км}^2$ (полных квадратов – 21, неполных квадратов – 36, общее количество полных квадратов – 39, площадь – $39 \times 250000 \text{ м}^2 = 9750000 \text{ м}^2 = 9,75 \text{ км}^2 = 975 \text{ га}$).

Самыми распространенными планиметрами являются полярные (рис. 18). Они бывают с одной или двумя каретками (каретка – часть планиметра, несущая на себе счетный механизм).

Планиметр состоит из двух рычагов – полюсного 1 и обводного 6 и счетного механизма. Полюсный рычаг на одном конце имеет штифт 15 с шарообразной головкой, а на другом – груз 2 с иглой, служащей полюсом планиметра. При пользовании планиметром штифт полюсного рычага вставляют в углубление на раме счетного механизма, а груз при помощи иглы укрепляют неподвижно.

На одном конце обводного рычага имеется ручка 3, обводной шпиль (игла) 5 и опорный штифт 4. Счетный механизм планиметра состоит из вращающегося горизонтального валика с червячной передачей, счетного колесика 10 и счетчика оборотов 8. Счетчик при помощи шестеренки соединен с червячной передачей валика и поворачивается после полного оборота счетного колеса на одно деление, отмеченное на циферблате. Счетное колесо по окружности разделено на 100 равных делений, а циферблат – на 10. Для отсчитывания делений по колесу служит верньер 11. С его помощью можно отсчитывать десятые доли деления колеса, или тысячные доли его оборота.

Для определения площади фигуры планиметр устанавливают в таком положении, чтобы обводной шпиль при обводе контура доставал до всех его точек, образуя при этом углы между рычагами не менее 30° и не более 150° . Затем устанавливают обводной шпиль в начальной точке контура и делают отсчет, состоящий из четырех цифр. Первую цифру берут на циферблате по указателю счетчика оборотов, вторую – по оцифровке счетного колеса (точка отсчета – нуль верньера), третьей цифрой является количество штрихов на счетном колесе от записанной второй цифры отсчета до нуля верньера и, наконец, считают количество штрихов верньера от нуля до совпадения одного из них со штрихом на счетном колесе (на рис. 18, б отсчет равен 4556).

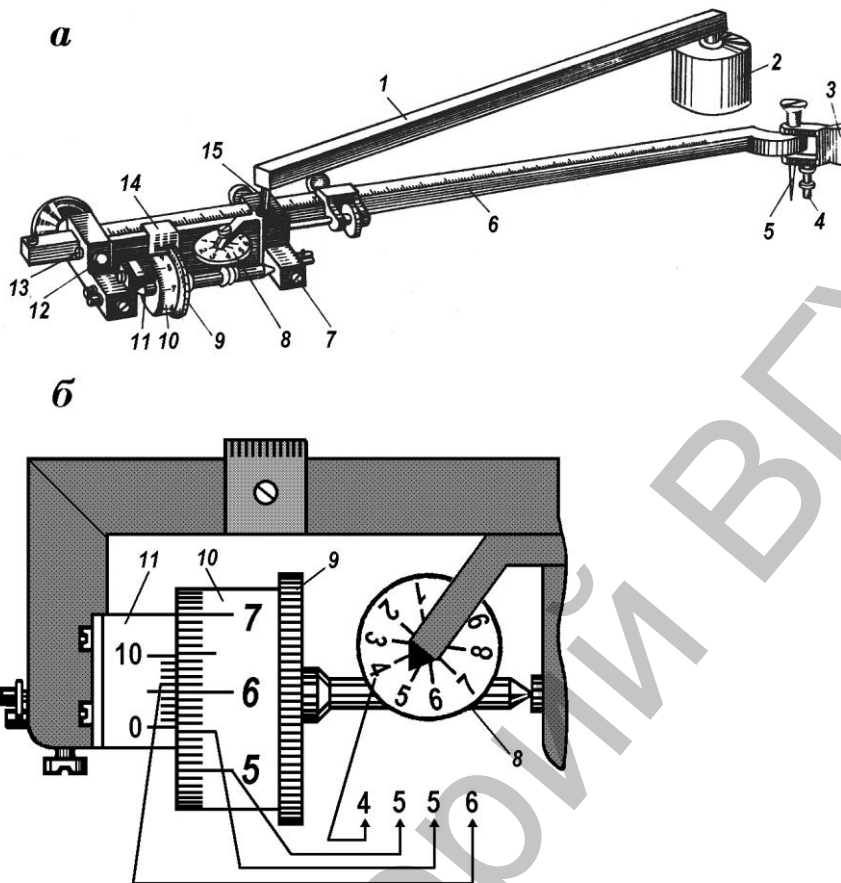


Рис. 18. Полярный планиметр:
а – общий вид; б – счетный механизм.

Далее обводят контур по ходу часовой стрелки. Придя в начальную точку, делают второй отсчет. Разность отсчетов выразит площадь обведенной фигуры в делениях планиметра.

Для того чтобы выразить площадь в квадратных метрах или гектарах, нужно предварительно определить цену деления планиметра и затем умножить ее на полученную разность.

Практически цену деления определяют делением известной площади фигуры на число делений, пройденных счетным колесом при обводе этой фигуры. За фигуру с известной площадью принимают обычно квадрат координатной сетки топографической карты. Площадь квадрата на картах масштабов 1:10000, 1:25000 равна 100 га.

Точность измерения площади планиметром зависит от величины участка и от методики измерения площади. При обычной методике – двукратный обвод участка – относительная ошибка может колебаться от 1/100 до 1/300.

Обвод проводят по часовой и против часовой стрелки. Из результатов двух измерений берут среднее арифметическое. Например, при обводе контура леса на карте масштаба 1:50000 были

получены следующие отсчеты:

$$n_1 = 2976, n_2 = 3034, n_3 = 2970.$$

Находим разности отсчетов:

$$n_2 - n_1 = 58, n_2 - n_3 = 64.$$

Среднее арифметическое равно:

$$n_{CP} = 61.$$

Определенная путем обвода квадрата координатной сетки цена деления планиметра приблизительно равна 0,58 га. Тогда площадь леса будет равна: $0,58 \times 61 \approx 35,38$ га.

Тема: ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ И ПРЯМОУГОЛЬНЫХ КООРДИНАТ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

Задание 10. По топографическим картам У-34-37-В-в-4 (Снов), У-34-37-В-в (Снов) определить географические координаты точек, указанных в одном из вариантов табл. 8.

Таблица 8

Вариант	По карте У-34-37-В-в-4 (Снов)	По карте У-34-37-В-в (Снов)
1	Кирпичный завод (6613)	Пункт триангуляции (6910)
2	Отметка 167,2 (6711)	Родник (7106)
3	Дом лесника (6611)	Водонапорная башня (7110)
4	Водяная мельница (6613)	Пункт триангуляции (6409)
5	Пункт триангуляции (6812)	Отметка 114,1 (7113)
6	Отметка 171,3 (6713)	Пункт триангуляции (6812)
7	Дом лесника (6713)	Брод (6809)
8	Водяная мельница (6611)	Колодец (6909)
9	Отметка 140,9 (6513)	Колодец (6809)
10	Колодец (6513)	Скопление камней (6812)
11	Отметка 131,4 (6511)	Родник (7214)
12	Пункт триангуляции (6411)	Церковь (6809)
13	Отметка уреза воды 129,4 (6411)	Развилка дорог с отметкой 207,5 (6912)
14	Пасека (6512)	Родник с отметкой 170,1 (7012)
15	Телемачта (6413)	Дом лесника (7113)
16	Семафор (6414)	Пункт триангуляции (6507)
17	Отдельно лежащий камень (6613)	Отметка уреза воды 109,9 (7308)
18	Водонапорная башня (6413)	Мост (6710)
19	Ключ Белый (6513)	Знак речной сигнализации (7311)
20	Церковь (6510)	Отметка 137,2 (7314)

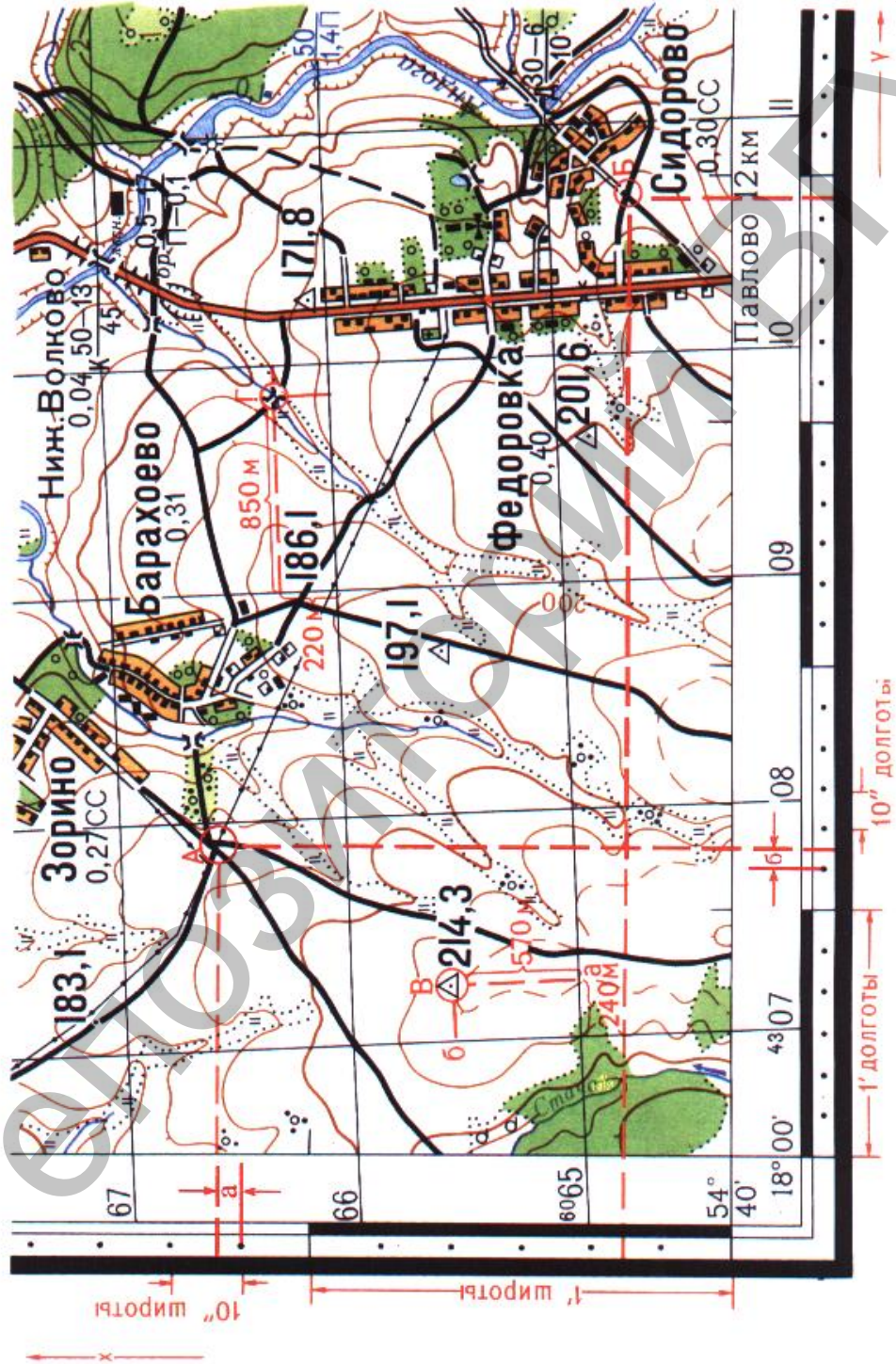


Рис. 19. Определение географических координат

Рекомендации к выполнению задания. Каждый лист топографической карты ограничен рамкой, стороны которой являются меридианами и параллелями. Изображение меридианов и параллелей на карте называется *картографической сеткой*.

Вследствие сближения меридианов к полюсам рамка каждого листа карты представляет собой трапецию. Положение трапеции на земной поверхности строго определено географическими координатами вершин четырех ее углов. Так вершина северо-западного угла карты У-34-37-В-в (Снов) имеет северную широту $54^{\circ}45'$ и восточную долготу $18^{\circ}00'$, а вершина юго-восточного угла – $54^{\circ}40'$ с.ш. и $18^{\circ}07'30''$ в.д.

Для более точного определения географических координат точек топографическая карта имеет минутную рамку, стороны которой параллельны внутренней рамке карты и разбиты на минутные и десятисекундные отрезки по широте и долготе.

Для определения географических координат какой-либо точки поступают следующим образом. Через точку А(6607) проводим географический меридиан и параллель до пересечения их со сторонами минутной рамки (рис. 19). Широту точки определяем, отсчитывая от южной рамки, имеющей широту $54^{\circ}40'$, количество минут и секунд до пересечения с параллелью точки. В нашем случае это одна минута (один полный минутный отрезок), 10 секунд (один полный десятисекундный отрезок) и несколько секунд, заключенных между началом второго десятисекундного отрезка и точкой перпендикуляра (а). Для нахождения этого количества секунд необходимо как можно точнее измерить в миллиметрах (например, с помощью поперечного масштаба) длину десятисекундного отрезка и отрезка а. На карте У-34-37-В-в (Снов) эти величины соответственно равны 12 и 3,6 мм. Далее составляем пропорцию:

$$\frac{12 \text{ мм}}{10''} = \frac{3,6 \text{ мм}}{x},$$

где x – величина искомого отрезка в градусной мере (секундах).

Решив пропорцию, получаем $x = 4''$. Суммировав в конце все полученные результаты, получаем широту точки А: $\varphi_A = 54^{\circ}40' + 1' + 10'' + 4'' = 54^{\circ}41'14''$ с.ш. Аналогичным способом определяем долготу точки А: $\lambda_A = 18^{\circ}00' + 1' + 10'' + 3'' = 18^{\circ}01'13''$ в.д.

Задание 11. По топографическим картам У-34-37-В-в-4 (Снов), У-34-37-В-в (Снов) определить точки, имеющие координаты, указанные в одном из вариантов табл. 9.

Рекомендации к выполнению задания. Для нахождения точки по известным географическим координатам решают обратную предыдущей задачу.

Например, требуется найти на карте У-34-37-В-в (Снов) точку Б, имеющую следующие координаты: $\varphi_B = 54^\circ 40' 17''$ и $\lambda_B = 18^\circ 03' 54''$ (рис. 19). Так как широта южной рамки $54^\circ 40'$, то нам необходимо отложить от нее к северу еще $17''$. Для этого отсчитываем на боковой стороне минутной рамки один десятисекундный отрезок. Получаем $54^\circ 40' 10''$.

Таблица 9

Вариант	По карте У-34-37-В-в-4 (Снов)		По карте У-34-37-В-в (Снов)	
	φ	λ	φ	λ
1	$54^\circ 41' 01''$	$18^\circ 05' 09''$	$54^\circ 40' 11''$	$18^\circ 06' 37''$
2	$54^\circ 40' 33''$	$18^\circ 04' 34''$	$54^\circ 43' 50''$	$18^\circ 00' 42''$
3	$54^\circ 41' 51''$	$18^\circ 07' 27''$	$54^\circ 44' 27''$	$18^\circ 00' 16''$
4	$54^\circ 42' 00''$	$18^\circ 05' 16''$	$54^\circ 43' 41''$	$18^\circ 05' 22''$
5	$54^\circ 40' 15''$	$18^\circ 07' 00''$	$54^\circ 42' 40''$	$18^\circ 01' 42''$
6	$54^\circ 42' 09''$	$18^\circ 05' 25''$	$54^\circ 44' 23''$	$18^\circ 05' 53''$
7	$54^\circ 40' 10''$	$18^\circ 06' 36''$	$54^\circ 44' 22''$	$18^\circ 07' 05''$
8	$54^\circ 41' 27''$	$18^\circ 05' 23''$	$54^\circ 43' 24''$	$18^\circ 06' 10''$
9	$54^\circ 40' 20''$	$18^\circ 06' 28''$	$54^\circ 43' 49''$	$18^\circ 03' 06''$
10	$54^\circ 41' 18''$	$18^\circ 05' 50''$	$54^\circ 42' 12''$	$18^\circ 05' 45''$
11	$54^\circ 41' 28''$	$18^\circ 03' 51''$	$54^\circ 42' 36''$	$18^\circ 05' 28''$
12	$54^\circ 40' 47''$	$18^\circ 04' 53''$	$54^\circ 40' 41''$	$18^\circ 00' 40''$
13	$54^\circ 41' 39''$	$18^\circ 04' 53''$	$54^\circ 41' 46''$	$18^\circ 01' 57''$
14	$54^\circ 41' 20''$	$18^\circ 05' 02''$	$54^\circ 43' 48''$	$18^\circ 02' 50''$
15	$54^\circ 41' 35''$	$18^\circ 05' 26''$	$54^\circ 40' 07''$	$18^\circ 00' 54''$
16	$54^\circ 40' 42''$	$18^\circ 05' 40''$	$54^\circ 44' 32''$	$18^\circ 06' 33''$
17	$54^\circ 41' 33''$	$18^\circ 07' 16''$	$54^\circ 44' 10''$	$18^\circ 03' 13''$
18	$54^\circ 40' 16''$	$18^\circ 07' 04''$	$54^\circ 41' 39''$	$18^\circ 02' 25''$
19	$54^\circ 42' 21''$	$18^\circ 04' 16''$	$54^\circ 41' 24''$	$18^\circ 04' 00''$
20	$54^\circ 42' 03''$	$18^\circ 04' 44''$	$54^\circ 43' 33''$	$18^\circ 06' 42''$

Затем, составив пропорцию, находим, чему равны в миллиметрах $7''$:

$$\frac{12\text{мм}}{10''} = \frac{x}{7''} \Rightarrow x = \frac{12\text{мм} \cdot 7''}{10''} = 8,4\text{мм}$$

С помощью поперечного масштаба и измерителя откладываем эту величину к северу от значения $54^\circ 40' 10''$ и через полученную точку проводим параллель.

Аналогично находим на южной стороне минутной рамки точку с долготой $18^\circ 03' 54''$ и через нее проводим географический меридиан. Пересечение параллели с меридианом даст искомую точку на карте (перекресток дорог (6410)).

Задание 12. По топографическим картам У-34-37-В-в-4 (Снов), У-34-37-В-в (Снов) определить прямоугольные координаты точек, указанных в одном из вариантов табл. 10.

Рекомендации к выполнению задания. Кроме картографической, на топографических картах нанесена координатная сетка, позволяющая определять прямоугольные координаты различных точек местности в линейной системе мер. Сетка представляет собой систему квадратов, образованных линиями, параллельными осевому меридиану шестиградусной зоны и экватору. Они проведены через целое число километров, и поэтому сетку называют еще и километровой (рис. 19).

Таблица 10

Вариант	По карте У-34-37-В-в-4 (Снов)	По карте У-34-37-В-в (Снов)
1	Пункт триангуляции (6812)	Пункт триангуляции (7207)
2	Отметка 164,0 (6713)	Родник (7207)
3	Отметка 150,2 (6711)	Бумажная фабрика (7112)
4	Колодец (6612)	Пункт триангуляции (6508)
5	Скопление камней (6812)	Отметка 176,2 (6908)
6	Склад горючего (6514)	Отметка уреза воды 108,9 (7311)
7	Отдельно лежащий камень (6513)	Отметка уреза воды 108,1 (6814)
8	Отметка 151,8 (6513)	Отметка уреза воды 114,2 (7212)
9	Ветряная мельница (6612)	Отметка 127,7 (6709)
10	Отметка 142,7 (6613)	Знак речной сигнализации (6913)
11	Мукомольный завод (6614)	Пункт триангуляции (7009)
12	Отметка 160,6 (6611)	Родник (7112)
13	Водонапорная башня (6614)	Отметка 193,6 (7111)
14	Отметка 156,1 (6712)	Мост (6608)
15	Колодец (6614)	Родник (7309)
16	Мукомольный завод (6511)	Отметка 170,0 (6807)
17	Телеграфная контора (6711)	Отметка 183,1 (6707)
18	Отметка 130,4 (6611)	Отметка 169,3 (7008)
19	Отметка 146,4 (6514)	Лесопильня (6611)
20	Отдельно стоящее дерево (6812)	Знак речной сигнализации (7213)

Все точки, лежащие на линии, параллельной экватору, имеют одинаковую абсциссу X , которая подписывается у выхода каждой из этих линий сетки на карте. Подписи эти располагаются за рамкой карты и обозначают количество километров, на которое удалена данная линия от экватора (например: подпись «6065» означает, что линия удалена от экватора на 6065 км). При этом крайние линии подписываются полностью, а остальные последними двумя цифрами, во избежание повторения. Подписи вертикальных линий располагаются аналогично подписям

горизонтальных, но только с северной и южной сторон рамки листа карты.

Первая цифра подписи означает номер шестиградусной зоны Гаусса, к которой относится данная координатная сетка, а три следующие – определяют ординату линии в километрах. Например, подпись «4308» у вертикальной линии означает, что лист карты расположен в 4-й координатной зоне и линия имеет ординату 308 км. Помня, что ордината осевого меридиана равна +500 км, легко установить, что данная линия расположена в 192 км к западу от осевого меридиана.

Итак, пусть требуется определить прямоугольные координаты точки В (рис. 19).

Координаты точки определяют по формулам:

$$\begin{aligned} X_B &= X_N + \Delta X \\ Y_B &= Y_N + \Delta Y, \end{aligned}$$

где X_N и Y_N – абсцисса и ордината южной и западной координатных линий квадрата 6507 километровой сетки, внутри которого находится точка В;

ΔX и ΔY – приращения координат, измеряемые соответственно от южной и западной сторон квадрата до точки В.

Значения X_N и Y_N выписываются непосредственно с карты, а величины ΔX и ΔY измеряют в масштабе карты с помощью поперечного масштаба.

Таким образом, координаты точки В равны:

$$\begin{aligned} X_B &= 6065000 + 570 = 6065570 \text{ м;} \\ Y_B &= 4307000 + 240 = 4307240 \text{ м.} \end{aligned}$$

Задание 13. По топографическим картам У-34-37-В-в-4 (Снов), У-34-37-В-в (Снов) определить точки, имеющие прямоугольные координаты, указанные в одном из вариантов табл. 11.

Рекомендации к выполнению задания. При определении точек на топографической карте по известным прямоугольным координатам порядок действий, обратный предыдущей задаче.

Допустим, что необходимо найти на карте точку, имеющую координаты: $X = 6066220$ м, $Y = 4309850$ м. По оцифровке координатной сетки (6066 и 4309) определяем, в пределах какого квадрата лежит искомая точка (рис. 19). Это квадрат 6609. Затем от южной линии квадрата откладываем на его боковых сторонах с помощью поперечного масштаба расстояние 220 м. Полученные точки соединяем прямой линией. Далее к западу от координатной линии 4309 на проведенной линии откладываем расстоя-

ние 850 м, фиксирующее положение искомой точки Г (мост).

Таблица 11

Вариант	По карте У-34-37-В-В-4 (Снов)		По карте У-34-37-В-В (Снов)	
	X	Y	X	Y
1	6067784	4314236	6071190	4313215
2	6065750	4314000	6068620	4314350
3	6065070	4313400	6071770	4308435
4	6066500	4311595	6071150	4312640
5	6066780	4312360	6071670	4310640
6	6066610	4314370	6070400	4313350
7	6067235	4311880	6069220	4308500
8	6066606	4311970	6069090	4309175
9	6066010	4312070	6068250	4309060
10	6065135	4312502	6068620	4312705
11	6067620	4313835	6067335	4309930
12	6066790	4313530	6065760	4309310
13	6066865	4314442	6067850	4312270
14	6065730	4312035	6073400	4309930
15	6066040	4312445	6066450	4308180
16	6066530	4311004	6067560	4308680
17	6065300	4310608	6068040	4314190
18	6066535	4312830	6072460	4314480
19	6066380	4313846	6068990	4309540
20	6067445	4314610	6067960	4311120

Тема: УГЛЫ НАПРАВЛЕНИЙ

Направление линий на местности и на карте может быть определено относительно какого-то начального направления. В топографии за такое направление принимают меридиан.

В каждой точке земной поверхности направление меридиана определяют двояко: из астрономических наблюдений или по магнитной стрелке. В первом случае определяют направление *географического (истинного)* меридиана, во втором – *магнитного*.

Угол, составленный меридианом и линией, направленной на предмет, называют азимутом.

Географическим (*истинным*) азимутом (A) называется угол направления, отсчитываемый по ходу часовой стрелки (от 0 до 360°) от северного направления географического меридиана до направления на объект.

Магнитным азимутом (A_M) называется угол направления, отсчитываемый по ходу часовой стрелки (от 0 до 360°) от северного направления магнитного меридиана до направления на объект.

В каждой точке Земли направление магнитного меридиана не совпадает с направлением истинного. Угол между магнитным и истинным меридианами называют *магнитным склонением* (δ).

В зависимости от того, куда относительно географического меридиана отклоняется северный конец магнитной стрелки, различают восточное (положительное) и западное (отрицательное) склонение.

Вследствие того, что азимуты одной и той же прямой в разных ее точках различны, использование их для ориентирования ограничено. Поэтому в качестве начального чаще всего принимают направление осевого меридиана зоны Гаусса-Крюгера.

Угол направления, отсчитываемый по ходу часовой стрелки (от 0° до 360°) от северного направления осевого меридиана зоны или линии, параллельной ему (вертикальной линии координатной сетки на топографической карте), до направления на объект называют *дирекционным углом* (α).

Угол между направлением географического меридиана в данной точке и осевым меридианом зоны Гаусса-Крюгера или линией, параллельной ему, называется *сближением меридианов* (γ).

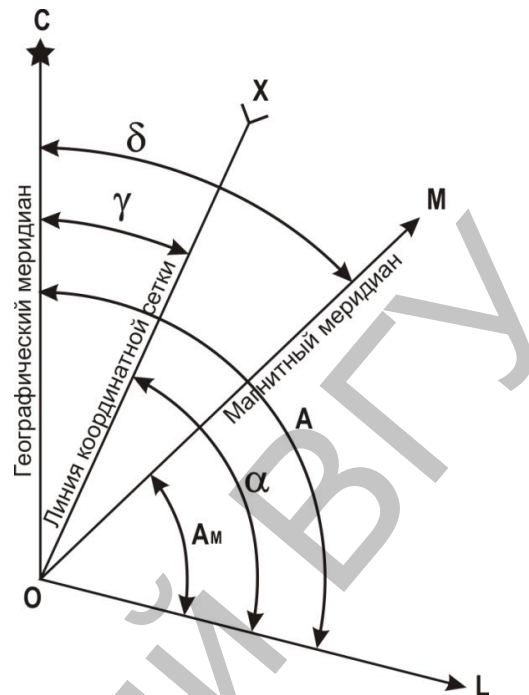


Рис. 20. Углы направления линии OL:

A – азимут географический; A_m – азимут магнитный; α – дирекционный угол; γ – сближение меридианов; δ – магнитное склонение.

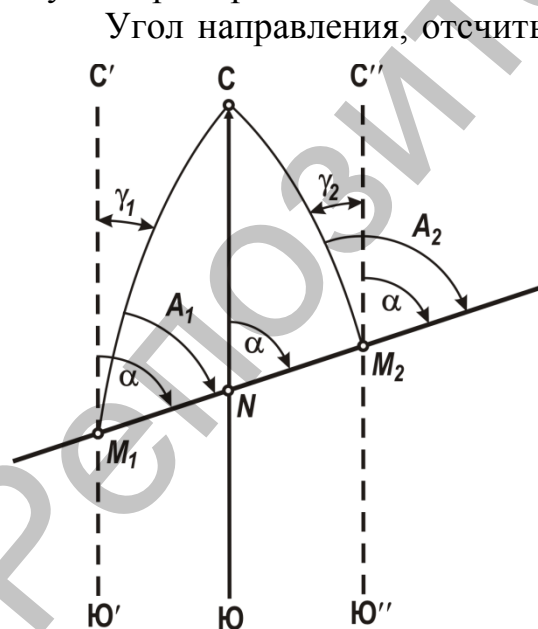


Рис. 21. Связь между географическим азимутом и дирекционным углом.

Эту величину вычисляют по формуле:

$$\gamma = (\lambda - \lambda_0) \cdot \sin \varphi,$$

где λ – географическая долгота точки; λ_0 – долгота осевого меридиана зоны; φ – географическая широта точки.

Если долгота осевого меридиана меньше долготы точки, то сближение меридианов восточное (положительное), если же долгота осевого меридиана больше долготы точки, то сближение западное (отрицательное).

Связь между географическим азимутом и дирекционным углом представлена на рис. 21.

В процессе ориентирования часто применяются *румбы* (r) – углы ориентирования, отсчитываемые от ближайшего (северного или южного) направления меридиана до направления на предмет.

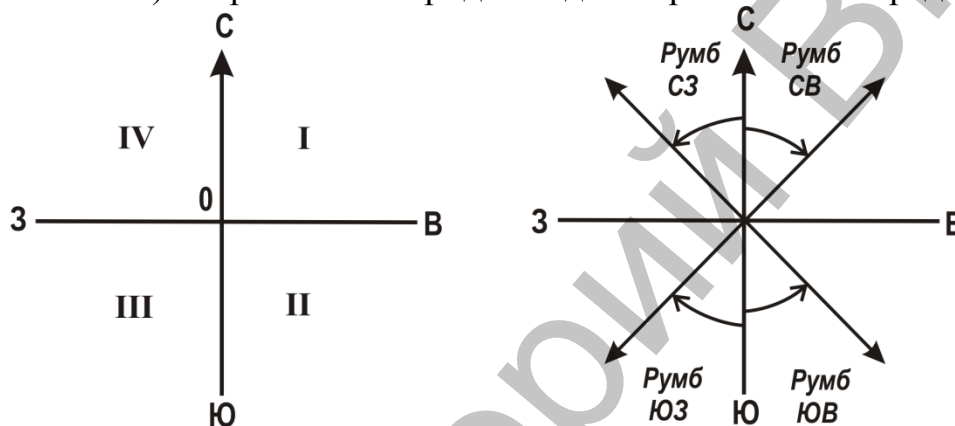


Рис. 22. Румбы.

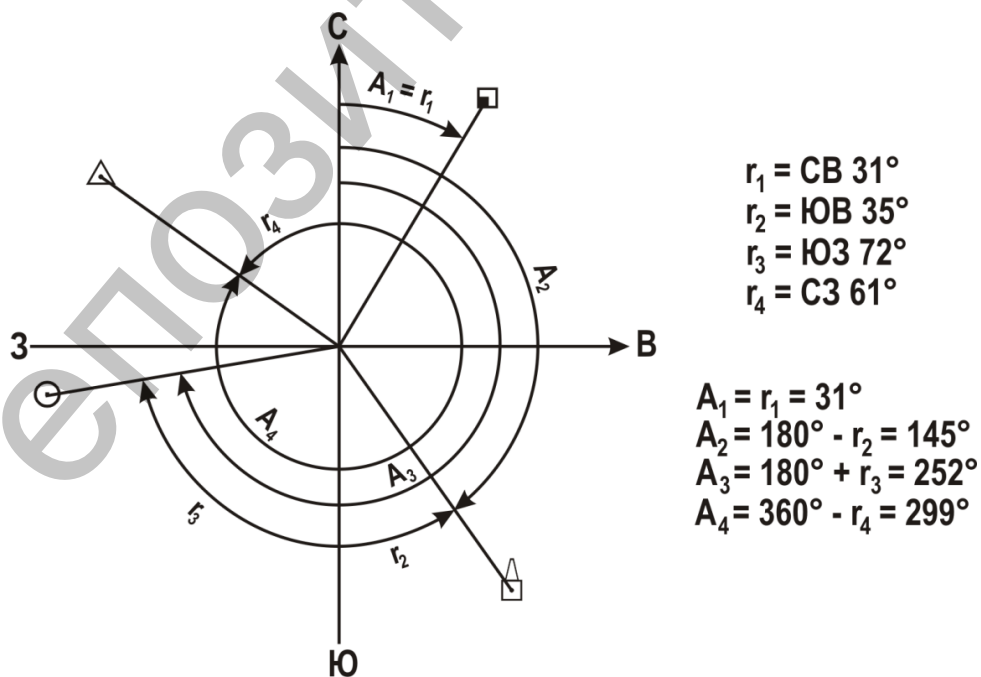


Рис. 23. Связь румбов с азимутами.

Румбы могут иметь числовые значения от 0 до 90°, поэтому они сопровождаются названиями той четверти, в которой проходит ориентируемая линия: I – СВ, II – ЮВ, III – ЮЗ, IV – СЗ (рис. 22).

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

Задание 14. Определить географический азимут (A_G), дирекционный угол (α) и румб (r), если известны величины магнитного азимута (A_M), магнитного склонения (δ) и сближения меридианов (γ) (табл. 12).

Таблица 12

№	A_M	δ	γ	№	A_M	δ	γ
1	356°15'	+4°06'	-0°12'	11	68°50'	+3°52'	-1°49'
	157°30'	+6°16'	+1°02'		116°40'	+6°12'	+1°49'
	27°30'	-1°03'	-2°12'		259°10'	-0°34'	-2°12'
2	1°45'	+7°12'	+1°26'	12	150°40'	+5°26'	+2°13'
	255°00'	+6°10'	+2°16'		352°20'	+3°19'	-2°13'
	85°15'	-1°16'	-2°12'		26°30'	-0°46'	-2°12'
3	8°10'	+4°22'	-0°12'	13	196°40'	+5°19'	-1°48'
	105°40'	+7°00'	-0°12'		82°50'	+3°58'	-1°24'
	324°30'	-1°27'	-2°12'		228°40'	-0°53'	-2°12'
4	82°15'	+7°41'	+1°26'	14	73°30'	+3°21'	-1°00'
	275°45'	+7°40'	+1°51'		156°10'	+5°32'	-0°12'
	110°10'	-1°33'	-2°12'		291°25'	-1°08'	-2°12'
5	3°15'	+7°06'	+2°15'	15	326°00'	+6°49'	+0°12'
	124°40'	+5°45'	-0°37'		215°25'	+4°27'	-2°12'
	235°50'	-1°41'	-2°12'		11°10'	-1°13'	-2°12'
6	65°25'	+6°09'	-0°12'	16	281°35'	+3°23'	-1°24'
	158°45'	+5°25'	+1°26'		112°40'	+6°36'	+0°12'
	228°15'	-1°58'	-2°12'		3°15'	-1°22'	-2°12'
7	79°45'	+8°13'	+1°50'	17	175°30'	+6°28'	+1°23'
	158°00'	+5°56'	-1°25'		12°45'	+5°58'	+2°11'
	205°15'	-2°00'	-2°12'		206°25'	-1°39'	-2°12'
8	89°10'	+5°40'	-1°01'	18	193°15'	+5°54'	-1°27'
	330°40'	+6°34'	+1°25'		81°00'	+4°58'	-2°17'
	112°30'	-0°04'	-2°12'		307°25'	-1°44'	-2°12'
9	228°25'	+5°30'	-1°49'	19	59°10'	+5°29'	-1°52'
	57°50'	+6°07'	+1°01'		240°00'	+5°16'	-1°51'
	320°10'	-0°12'	-2°12'		144°30'	-1°54'	-2°12'
10	137°15'	+6°13'	+2°14'	20	115°30'	+5°01'	-1°26'
	42°50'	+3°40'	-2°13'		247°10'	+5°18'	-2°13'
	235°40'	-0°21'	-2°12'		29°45'	-1°19'	-2°12'

Рекомендации к выполнению задания. Зависимость между географическим и магнитным азимутами определяется по формулам:

$$A_{\Gamma} = A_{M} + (\pm\delta)$$

$$A_{M} = A_{\Gamma} - (\pm\delta)$$

Географический азимут отличается от дирекционного угла на величину сближения меридианов (рис. 22).

$$A_{\Gamma} = \alpha + (\pm\gamma)$$

$$\alpha = A_{\Gamma} - (\pm\gamma)$$

Взаимосвязь румбов и географических азимутов представлена на рис. 23. Результаты необходимо проиллюстрировать на чертеже.

Задание 15. Измерить дирекционный угол на топографических картах указанных масштабов и вычислить географический и магнитный азимуты (табл. 13).

Рекомендации к выполнению задания. Дирекционные углы направлений на местные предметы измеряют на карте транспортом в следующей последовательности. Объект, на который измеряют дирекционный угол, соединяют прямой линией с исходной точкой так, чтобы эта прямая была больше радиуса транспортира и пересекла хотя бы одну вертикальную линию координатной сетки; совмещают центр транспортира с точкой пересечения, как показано на рис. 24, и отсчитывают значение дирекционного угла.

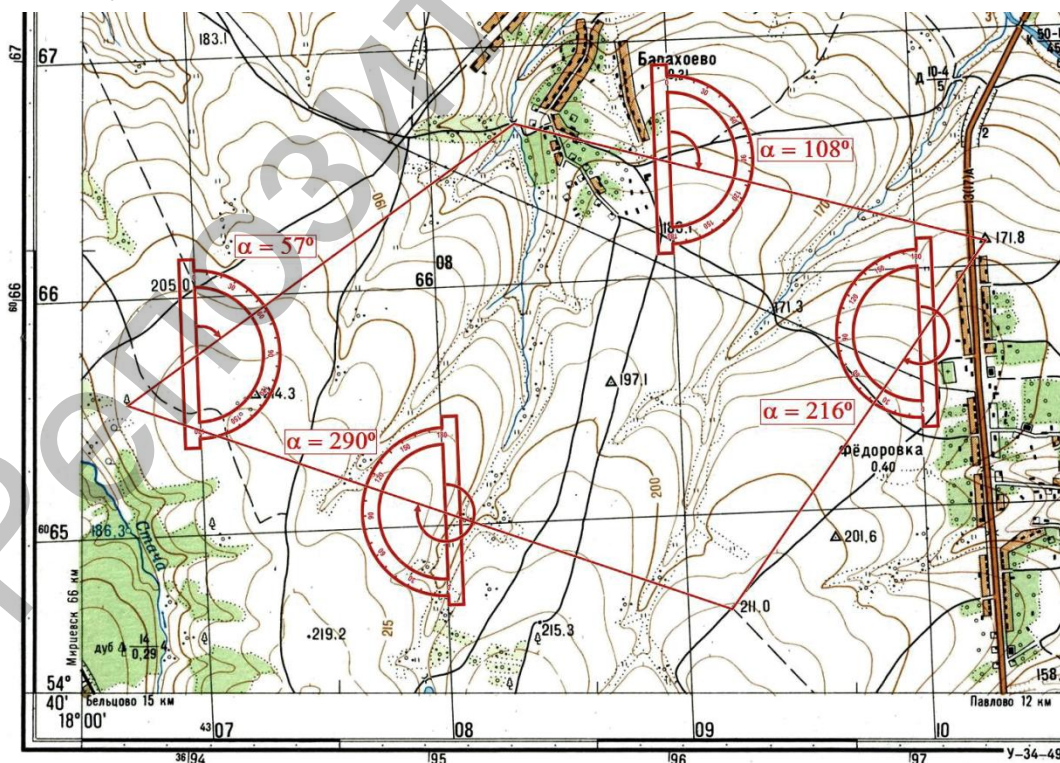


Рис. 24. Измерение дирекционных углов по карте транспортиром.

Таблица 13

Вариант	По карте У-34-37-В-в (Снов) направление от пункта триангуляции с отметкой 216,4 (6910) на:	По карте У-34-37-В (Снов) направление от пункта триангуляции с отметкой 233,5 (7415) на:
1	Знак речной сигнализации (7113)	Отдельно стоящее дерево (7520)
2	Колодец (6614)	Ветряную мельницу (7812)
3	Водонапорную башню (7110)	Курган (6618)
4	Пункт триангуляции (6812)	Пункт триангуляции (6507)
5	Отдельно стоящее дерево (7307)	Родник (8016)
6	Колодец (6909)	Мукомольный завод (6511)
7	Пристань (7213)	Пункт триангуляции (8020)
8	Пункт триангуляции (6607)	Родник (8021)
9	Родник (7207)	Колодец (7607)
10	Пункт триангуляции (6508)	Дом лесника (7422)
11	Церковь (6510)	Водяную мельницу (8218)
12	Пункт триангуляции (6409)	Курган (7321)
13	Водяную мельницу (6613)	Родник (7207)
14	Родник (7309)	Колодец (6519)
15	Мост (7308)	Водяную мельницу (7708)
16	Кирпичный завод (6613)	Пристань (7213)
17	Родник (7112)	Склад горючего (7407)
18	Отдельный куст (7012)	Курган (8214)
19	Отдельно стоящее дерево (7308)	Церковь (6921)
20	Озеро (7211)	Пункт триангуляции (8111)

Результаты измерений отображают на чертеже. Вычисления географического и магнитного азимутов проводят по выше приведенным формулам, учитывая магнитное склонение и сближение меридианов, указанные на карте.

Тема: НОМЕНКЛАТУРА ЛИСТОВ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ

Топографические карты создают на большие территории земной поверхности. Для удобства пользования их издают отдельными листами, границы которых принято называть рамками карты. Сторонами рамок являются меридианы и параллели, они ограничивают изображаемый на листе карты участок местности.

Чтобы можно было легко и быстро находить нужные листы карты того или иного масштаба, каждый из них имеет свое условное обозначение – *номенклатуру*. В основу разграфки и обозначения листов отечественных топографических карт положен лист карты масштаба 1:1000000 (рис. 25).

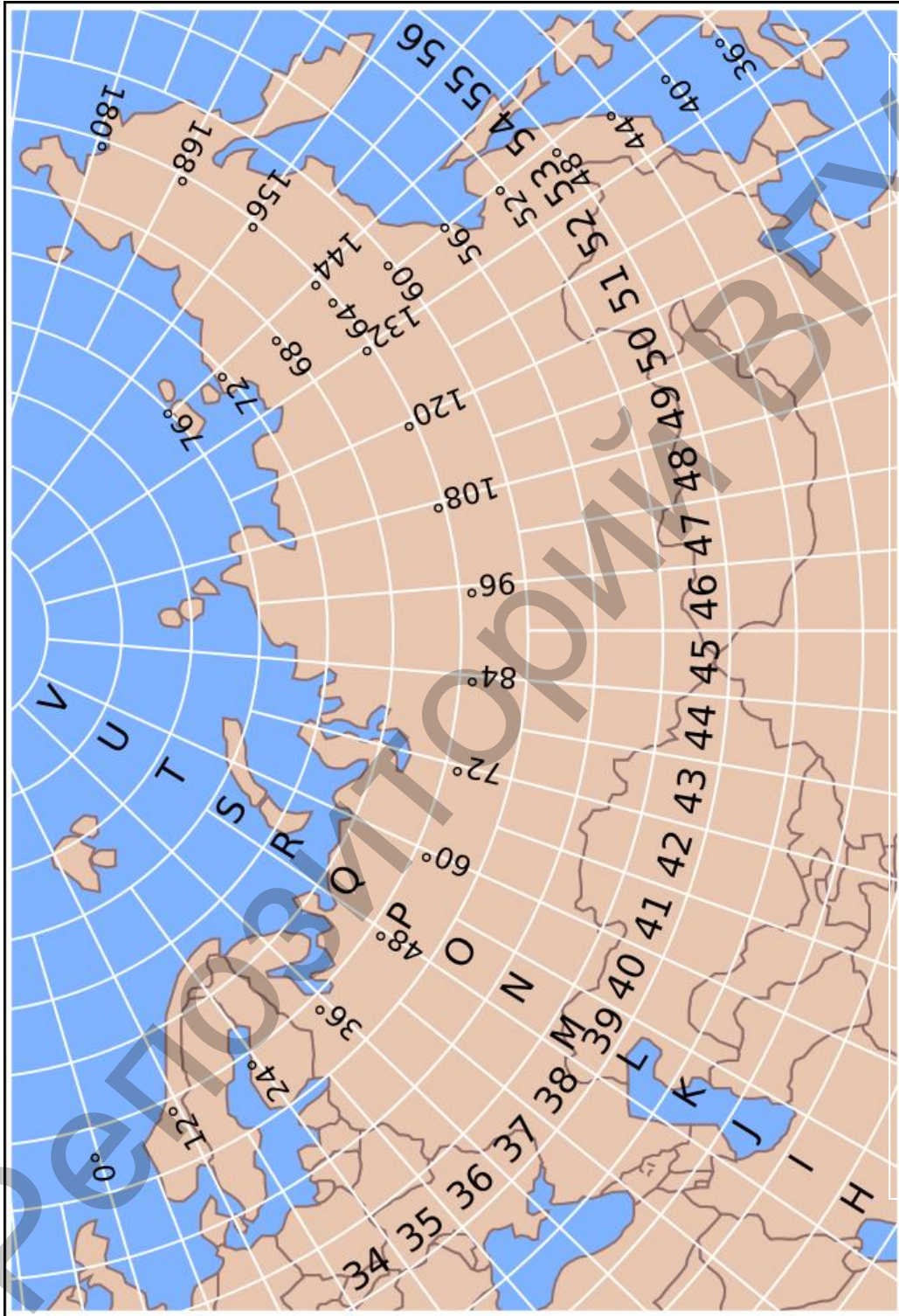


Рис. 25. Схема разграфки и номенклатуры листов карты масштаба 1:1000000.

Поверхность земного шара делится параллелями, начиная от экватора, к северу и югу через 4° на ряды и меридианами через 6° на колонны, начиная от меридиана с долготой 180° . Ряды обозначаются прописными буквами латинского алфавита от А до V, от экватора к северу и югу. Колонны нумеруются арабскими цифрами, начиная от меридиана с долготой 180° , с запада на восток. Таким образом, поверхность Земли разделена на сферические трапеции с размерами сторон по широте 4° и по долготе 6° . Каждая трапеция представляет собой участок местности, изображаемый на листе карты масштаба 1:1000000. Номенклатура этих листов образуется из буквы, которой обозначен ряд, и из цифры номера колонны. Например, N-37.

Разграфка листов карты масштаба 1:500000 производится путем деления средним меридианом и средней параллелью листа карты масштаба 1:1000000 на четыре части, которые обозначаются прописными буквами русского алфавита. Номенклатура листов карты масштаба 1:500000 складывается из номенклатуры листа карты масштаба 1:1000000, частью которого он является, и соответствующей буквы (рис. 26).

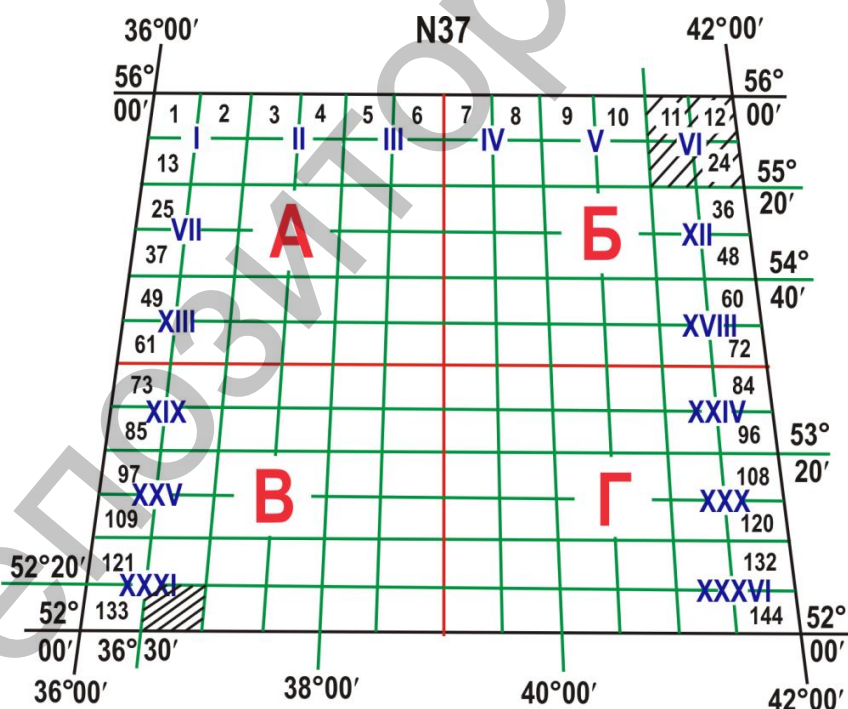


Рис. 26. Разграфка листов карт масштабов 1:500000, 1:200000 и 1:100000.

Разграфка листов карт масштабов 1:200000 и 1:100000 производится путем деления каждого листа карты масштаба 1:1000000 меридианами и параллелями соответственно на 36 и

144 части (рис. 26). Листы карт масштаба 1:200000 нумеруются римскими цифрами, масштаба 1:100000 – арабскими цифрами по рядам с запада на восток.

Номенклатура листов карт указанных масштабов состоит из номенклатуры соответствующего миллионного листа и собственного номера, который у листов карт масштабов 1:200000 и 1:100000 указывается справа от номенклатуры миллионного листа. Например, листы карт масштабов 1:200000 и 1:100000 (заштрихованные на рис. 26), имеют номенклатуры соответственно N-37-VI и N-37-134.

Листы карты масштаба 1:50000 получают путем деления листов карты масштаба 1:100000 на четыре части (рис. 27), обозначаемые прописными буквами русского алфавита. Размеры листа по широте составляют 10', по долготе – 15'. Номенклатура этих листов образуется путем присоединения к номенклатуре листа масштаба 1:100000 соответствующей буквы, например N-37-134-Б.

Листы карты масштаба 1:25000 получают делением листов карты масштаба 1:50000 на четыре части (рис. 27), каждая из которых обозначается строчными буквами русского алфавита. Размеры этих листов по широте составляют 5', по долготе – 7'30", а номенклатура дополняется соответствующей буквой: N-37-134-Б-в.

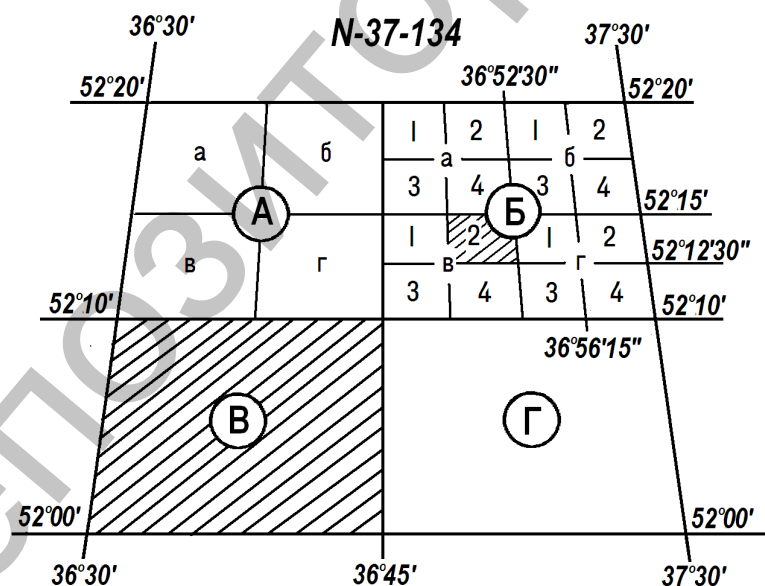


Рис. 27. Разграфка листов карт масштабов 1:50000, 1:25000, 1:10000.

Лист карты масштаба 1:25000 делится на четыре листа карты масштаба 1:10000, каждый из которых имеет размеры по широте 2'30", по долготе 3'45". Они обозначаются арабскими цифрами, которые указываются после номенклатуры листа карты масштаба 1:25000, частью которого они являются, например N-37-134-Б-в-2.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

Задание 16. Установить номенклатуру листа карты масштаба 1:10000, в пределах которого находится объект, имеющий широту и долготу, указанные в табл. 14.

Таблица 14

Вариант	Северная широта	Восточная долгота	Вариант	Северная широта	Восточная долгота
1	56°47'	61°36'	11	46°49'	33°19'
2	54°14'	28°43'	12	53°04'	59°37'
3	41°23'	47°47'	13	63°43'	45°28'
4	56°03'	91°34'	14	56°04'	103°57'
5	43°07'	128°54'	15	42°39'	43°34'
6	56°08'	41°22'	16	59°37'	131°07'
7	54°47'	33°07'	17	49°53'	77°18'
8	56°19'	43°52'	18	43°19'	44°13'
9	48°28'	134°17'	19	50°13'	126°43'
10	59°23'	55°47'	20	61°27'	36°37'

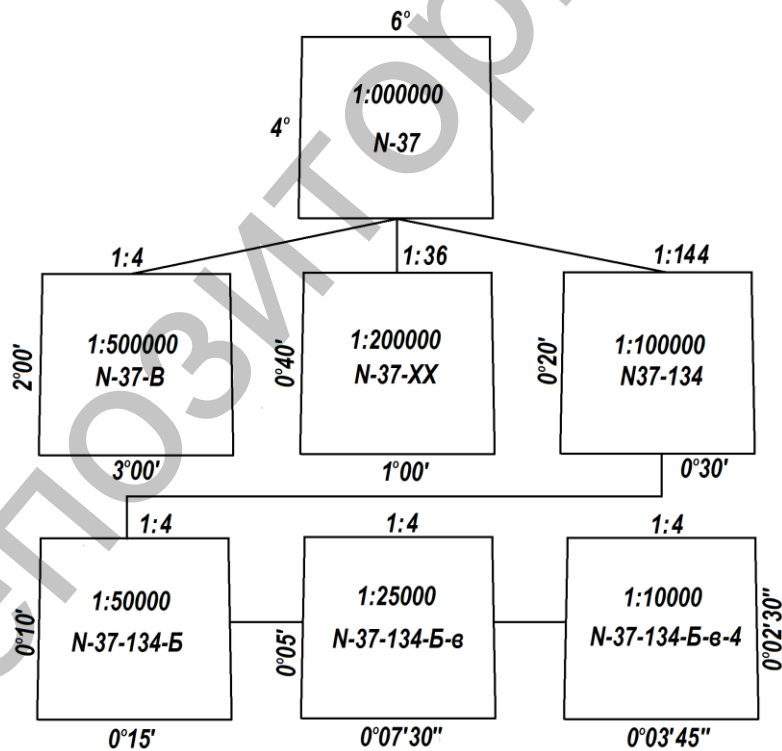


Рис. 28. Общая схема разграфки и номенклатуру топографических карт разных масштабов.

Рекомендации по выполнению задания. Требуется установить номенклатуру листа карты масштаба 1:10000, на котором расположена точка с координатами $\varphi = 54^{\circ}41'$; $\lambda = 18^{\circ}05'$.

Согласно схеме разграфки топографических карт (рис. 28), задача заключается в последовательном определении номенклатуры листов карт масштабов 1:1000000, 1:100000, 1:50000, 1:25000 и 1:10000. По схеме на рис. 25 определяем, что данная точка расположена в ряду, обозначенном буквой *N* (между параллелями с широтами 52 и 56°), и в колонне с номером 34 (между меридианами с долготами 18 и 24°). Следовательно, лист карты масштаба 1:1000000 имеет номенклатуру *N-34*. Затем вычертим схему этого листа, аналогичную изображенной на рис. 29, а.

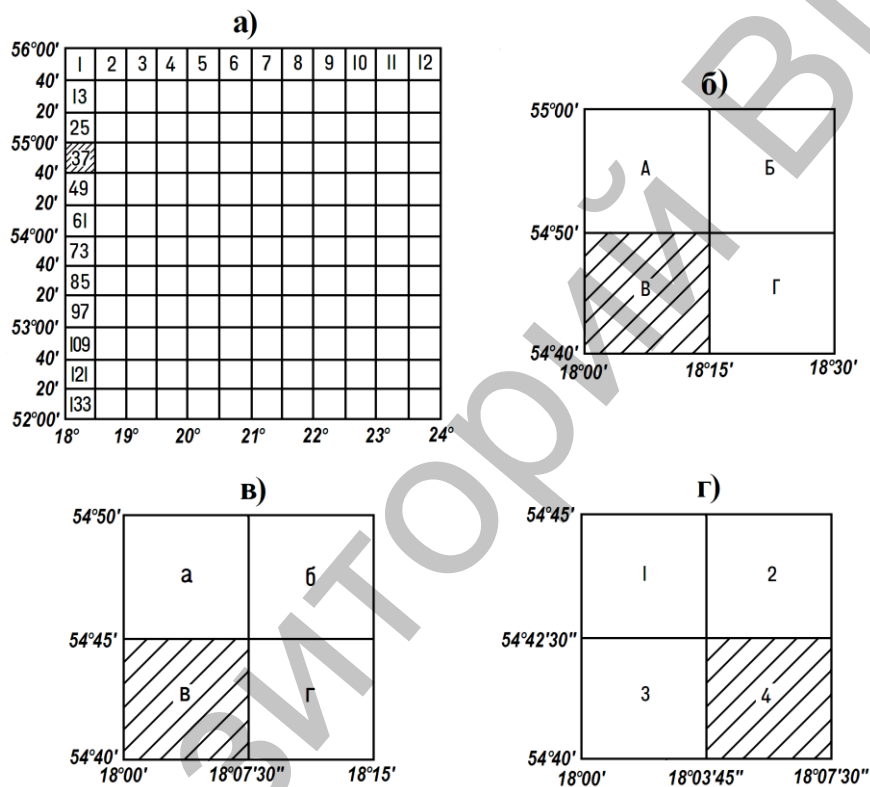


Рис. 29. Схема определения номенклатуры листа карты масштаба 1:10000.

Выпишем широту и долготу рамок этого листа с рис. 25 (по широте 52 и 56°, по долготе 18 и 24°). Разделим схему листа карты масштаба 1:1000000 на 144 части и пронумеруем их. Обозначим широты параллелей, которые будут возрастать, через 20', и долготы меридианов которые будут возрастать – через 30'. Очевидно, что точка с заданными координатами будет расположена в пределах листа с номером 37. Следовательно, лист карты масштаба 1:100000, на котором находится данная точка, имеет номенклатуру *N-34-37*.

Составим схему этого листа (произвольных размеров) в соответствии с координатами его рамок и разделим средними меридианом и параллелью на четыре части (рис. 29, б). Обозначим

каждую часть прописными буквами русского алфавита и найдем координаты средних линий. Точка с заданными координатами, согласно составленной схеме, находится в пределах листа карты масштаба 1:50000, обозначаемого буквой *B*; номенклатура этого листа *N-34-37-B*.

Затем последовательно вычертим схемы листов карты масштаба 1:25000 (рис. 29, в) и искомой карты масштаба 1:10000 (рис. 29, г), по которым определим номенклатуры *N-34-37-B-в* и *N-34-37-B-в-4*.

Тема: ИЗОБРАЖЕНИЕ РЕЛЬЕФА НА ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТАХ

Рельеф земной поверхности представляет собой сложную совокупность всех ее пространственных, объемных форм. Для изображения рельефа на топографических картах применяют горизонтали – линии, все точки которых имеют одинаковые высоты. Разность высот двух соседних горизонталей называется *высотой сечения рельефа*. Расстояние между двумя соседними горизонталями на карте называется *заложением*. Для лучшей читаемости рельефа каждая пятая горизонталь, начиная от 0 при высоте сечения 5, 10, 20 м, вычерчивается утолщенной. При высоте сечения 2,5 м утолщается каждая десятая горизонталь.

Иногда особенности рельефа не могут быть выражены в полной мере основными горизонталями. В таких случаях применяют *полугоризонтали*, проведенные через половину, и *вспомогательные горизонтали*, проведенные через четверть основного сечения. На картах такие горизонтали изображаются пунктирными линиями, при этом последние имеют более короткие штрихи.

Высоты горизонталей подписывают в разрыве горизонталей таким образом, чтобы верх подписанных цифр располагался в сторону повышения ската (склона). Изображение рельефа горизонталями дополняется абсолютными высотами характерных точек местности. Элементы рельефа, которые нельзя выразить горизонталями, изображают специальными графическими условными знаками с подписями их относительных высот. Это относится к обрывам, насыпям, выемкам, курганам, ямам и т.д.

Для характеристики оврагов и промоин используются подписи в виде дроби, в числителе которой указывается их ширина между бровками, в знаменателе – глубина в метрах.

Для того чтобы определить направление ската, на горизонталях в сторону его понижения проводят черточки – *бергштрихи*.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

Задание 17. Определить абсолютные высоты двух точек, их взаимное превышение, крутизну и форму ската, на котором расположена каждая точка (табл. 15).

Рекомендации по выполнению задания. Если точка лежит на горизонтали, то ее абсолютной высотой является высота горизонтали. Если же точка находится между горизонталями, то ее абсолютную высоту получают интерполяцией высот соседних горизонталей. Для этого через искомую точку проводят линию заложения d (рис. 30).

Таблица 15

Вариант	По карте У-34-37-В-в-4 (Снов)	По карте У-34-37-В (Снов)
1	Скопление камней (6812) – пасека (6712)	Церковь (7610) – развилка дорог (7807)
2	Колодец (6614) – водонапорная башня (6614)	Церковь (8213) – отдельно лежащий камень (7913)
3	Дом лесника (6412) – церковь (6413)	Курган (7520) – скопление камней (7821)
4	Склад горючего (6514) – водонапорная башня (6414)	Отдельно лежащий камень (8117) – памятник (8115)
5	Развилка дорог (6812) – восточный угол леса «Северный» (6813)	Курган (7816) – точка поворота полевой дороги (8118)
6	Родник (6713) – разъезд (6614)	Колодец (6519) – церковь (6819)
7	Дом лесника (6611) – пасека (6512)	Развилка дорог (8015) – исток реки (8018)
8	Загон для скота (6511) – перекресток у дома лесника (6412)	Склад горючего (7407) – точка пересечения железной и грунтовой дорог (7610)
9	Скопление камней (6414) – памятник (6413)	Исток реки Ключевая (7218) – пересечение просек (7219)
10	Склад горючего (6413) – пересечение широких просек (6412)	Отдельно стоящее дерево (6611) – яма (7109)
11	Телемачта (6413) – южный угол сада (6414)	Развилка шоссейных дорог (7508) – труба под железной дорогой (7909)
12	Кирпичный завод (6613) – отдельно стоящее хвойное дерево (6513)	Дом лесника (7422) – исток реки (7619)
13	Мукомольный завод (6511) – курган (6611)	Сахарный завод (7920) – точка пересечения шоссе и грунтовой дороги (8022)
14	Северный угол кладбища (6413) – отдельно лежащий камень (6513)	Развилка полевых дорог (7315) – труба под шоссейной дорогой (7417)
15	Мост у перекрестка с отметкой 149,7 (6612) – отдельный куст (6613)	Точка пересечения просеки и грунтовой дороги (6515) – курган (6814)
16	Тупик железной дороги (6714) – северный угол кладбища (6714)	Церковь (6615) – дом лесника (6415)

17	Пересечение линии электропередач с полевой дорогой (6712) – западный угол кладбища (6811)	Развилка грунтовых дорог (7409) – точка соединения грунтовой дороги с шоссе (7809)
18	Развилка дорог у северо-западной окраины пос. Вороново (6612) – отдельно лежащий камень южнее зарослей кустарника (6612)	Точка соединения полевой и грунтовой дорог (7021) – точка поворота грунтовой дороги (7120)
19	Угольная шахта у северной окраины леса (6714) – строение возле дома лесника (6713)	Точка соединения грунтовой дороги с шоссе (6820) – развилка полевых дорог (6718)
20	Перекресток улиц в пос. Новый (6412) – пересечение широких про-сек (6412)	Точка поворота грунтовой дороги (8111) – развилка грунтовых дорог (7813)

Затем измеряют расстояние d_1 от данной точки до нижней горизонтали. Высота точки A будет равна:

$$H_A = H_{НИЖ} + \Delta h,$$

где Δh – превышение точки A над нижней горизонталью.

Δh находим решив пропорцию:

$$\frac{d}{h} = \frac{d_1}{\Delta h} \Rightarrow \Delta h = \frac{h \cdot d_1}{d},$$

где h – высота сечения рельефа.

Например, нужно определить абсолютную высоту отдельно стоящего дерева (рис. 30).

Сделав необходимые измерения, получим:

$$d = 12 \text{ мм}; d_1 = 4 \text{ мм}.$$

Высота сечения рельефа $h = 10$ м, тогда:

$$\Delta h = \frac{10 \cdot 4}{12} \approx 3,3 \text{ (м)}$$

Искомая высота будет равна:

$$H = 210 + 3,3 = 213,3 \text{ (м)}.$$

Если точка находится в пределах фигуры, образуемой замкнутой горизонталью, то при расположении ее на возвышенности высоту этой точки при-

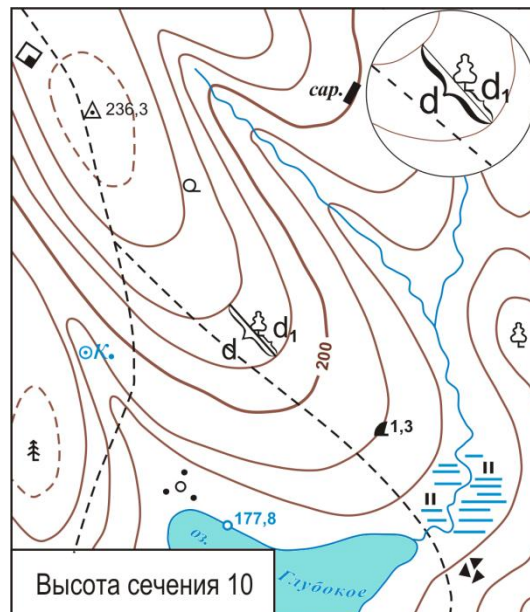


Рис. 30. Определение абсолютной высоты и взаимного превышения точек по карте.

нимают больше высоты горизонтали на половину высоты сечения рельефа. Если же точка находится в низине, то ее высоту принимают меньше высоты горизонтали на половину высоты сечения рельефа.

Взаимное превышение точек местности определяется как разность их абсолютных высот.

Для определения крутизны ската на листе топографической карты под южной стороной рамки помещается *шкала заложений*.

Вдоль горизонтального основания шкалы подписаны цифры, обозначающие крутизну скатов (углы наклона) в градусах. На перпендикулярах к основанию отложены соответствующие им заложения (рис. 31).

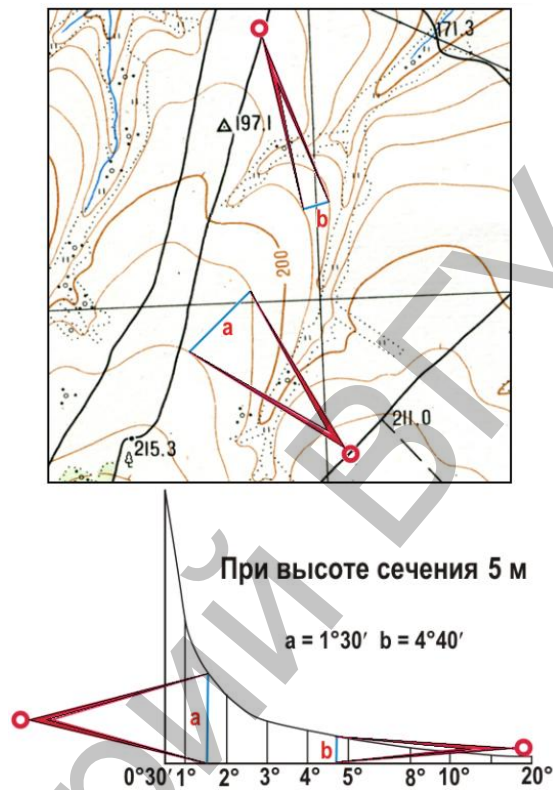


Рис. 31. Определение крутизны ската по заданным направлениям на карте.

Для определения крутизны ската по заданному направлению надо циркулем-измерителем взять заложение между соседними горизонталями и отложить его на шкале так, как показано на рис. 31.

Отсчет внизу на шкале против отложенного отрезка укажет крутизну ската в градусах. Например, на рис. 31 крутизна скатов направлений **a** и **b** соответственно равна $1^{\circ}30'$ и $4^{\circ}40'$

Свойство горизонталей передавать крутизну ската позволяет определить по карте его форму. По своей форме скат может быть ровным, выпуклым, вогнутым или волнистым (рис. 32).

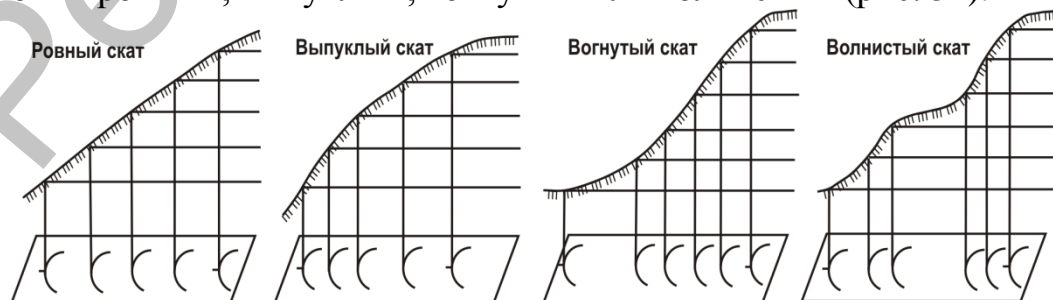


Рис. 32. Изображение скатов разной формы горизонталями.

Для определения формы ската, на котором находится точка, достаточно отсчитать от нее в обе стороны одинаковое количество горизонталей (например, 3–4) и сравнить их взаимное расположение с рис. 32.

Задание 18. Определить высоту уреза воды в двух точках, измерить длину участка реки и вычислить ее уклон (табл. 16).

Таблица 16

Вариант	По карте У-34-37-В-в-4 (Снов)	По карте У-34-37-В-в (Снов)
1	Р. Андога от южной рамки карты до горизонтальной линии километровой сетки 65	Р. Андога от места впадения р. Стача (6808) до места впадения пересыхающего ручья (6907)
2	Р. Андога от горизонтальной линии километровой сетки 65 до горизонтальной 66	Р. Голубая от водяной мельницы (6613) до вертикальной линии километровой сетки 12
3	Р. Андога от горизонтальной линии километровой сетки 66 до брода (6610)	Р. Андога от места впадения пересыхающего ручья (6907) до горизонтальной линии километровой сетки 71
4	Р. Голубая от южной рамки карты до горизонтальной линии километровой сетки 65	Р. Андога от южной рамки карты до горизонтальной линии километровой сетки 66
5	Р. Голубая от горизонтальной линии километровой сетки 65 до впадения в оз. Черное	Р. Андога от горизонтальной линии километровой сетки 66 до вертикальной 10
6	Р. Голубая от линии электропередач (6412) до моста на улучшенной грунтовой дороге (6512)	Р. Андога от вертикальной линии километровой сетки 10 до места впадения р. Стача (6808)
7	Р. Голубая от вертикальной линии километровой сетки 12 до вертикальной 11	Р. Андога от горизонтальной линии километровой сетки 72 до северной рамки карты
8	Р. Голубая от водяной мельницы (6613) до моста (6612)	Р. Голубая от вертикальной линии километровой сетки 12 до устья (6610)
9	Р. Голубая от моста (6612) до просеки (6712)	Р. Голубая от линии электропередач (6412) до впадения в оз. Черное (6513)
10	Р. Голубая от просеки (6712) до брода (6711)	Р. Андога от брода (6809) до места впадения пересыхающего ручья (6907)
11	Р. Голубая от брода (6711) до устья (6610)	Р. Андога от места впадения пересыхающего ручья (6907) до брода (7108)
12	Безымянная речка от истока (6414) до впадения в оз. Черное (6513)	Р. Андога от брода (7108) до моста на шоссе (7308)
13	Р. Каменка от истока (6713) до места впадения пересыхающего ручья (6614)	Р. Андога от горизонтальной линии километровой сетки 71 до моста на железной дороге (7208)
14	Безымянная речка от истока до устья (6511)	Р. Андога от горизонтальной линии километровой сетки 65 до моста (6610)

15	Р. Каменка от места впадения пересыхающего ручья (6614) до моста на улучшенной грунтовой дороге (6613)	Р. Андога от моста (6710) до брода (6809)
16	Р. Каменка от горизонтальной линии километровой сетки 67 до моста на железной дороге (6613)	Безымянная речка от истока (7214) до моста на шоссе (7113)
17	Р. Беличка от трубы под грунтовой дорогой (6512) до зимника (6512)	Безымянная речка от истока (6509) до устья (6710)
18	Водоток от начала (6811) до места пересыхания (6711)	Р. Каменка от истока (6713) до моста на железной дороге (6613)
19	Безымянный ручей от истока (6510) до устья (6511)	Безымянная речка от истока в юго-западной части (6508) до моста (6708)
20	Безымянный ручей от истока до устья (6411)	Пересыхающая речка от истока (7009) до устья (7007)

Рекомендации по выполнению задания. При выполнении данного задания может встретиться два случая. В первом случае измерения будут проводиться на реке, имеющей отметки урезов воды. Это, как правило, достаточно широкие реки, с постоянным уклоном на протяжении листа карты. Во втором случае на реке урезы воды отсутствуют, однако ее на всем протяжении постоянно пересекают горизонтали. Это характерно для небольших по длине и нешироких рек и ручьев.

Для первого случая необходимо с помощью известных способов измерить длину участка реки на карте в миллиметрах между отметками урезов и длину участка от точки А до ближайшей отметки (рис. 33).

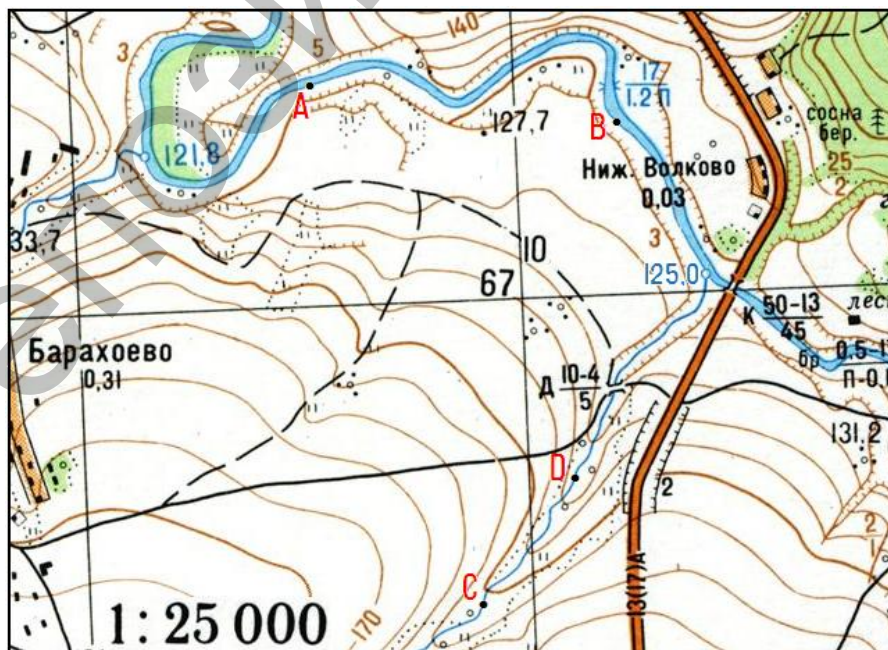


Рис. 33. Определение урезов воды на реке для двух случаев.

Составив затем и решив пропорцию, найдем разность урезов воды точки **A** и ближайшей отметки, т.е. величину падения реки на этом участке. Отняв ее от известной отметки или прибавив к ней (в зависимости от расположения точки **A**), получим урез воды в искомой точке.

Например, длина участка реки на карте между отметками урезов 121,8 и 125,0 составляет 68 мм, а длина участка между отметкой 121,8 и точкой **A** равна 20 мм.

Величина падения реки между известными урезами равна 3,2 м. Тогда

$$\frac{68}{20} = \frac{3,2}{X} \Rightarrow X = \frac{20 \cdot 3,2}{68} = 0,9 \text{ м}$$

Урез воды в точке **A** составит: $121,8 + 0,9 = 122,7$ м.

Аналогично находим урез воды и в точке **B** (124,3 м).

Для второго случая (точки **C** и **D**) задача заключается в нахождении абсолютной отметки точки, лежащей между двумя горизонталями (см. задание 21). При этом расстояние между горизонталями необходимо измерять по руслу реки (**C** – 151,4 м, **D** – 137,9 м).

Уклон реки – это отношение величины падения реки на каком-либо ее участке к длине последнего. Выражается уклон относительной величиной в процентах (%) или промилле (‰). Предположим, что в ходе выполнения задания по карте масштаба 1:25000 получены следующие результаты (рис. 33):

- урезы воды в точке **A** и точке **B** равны соответственно 122,7 и 124,3 м;
- длина участка реки между точками **A** и **B** на карте равна 68 мм или в масштабе – 1700 м.

Тогда уклон реки (f) на этом участке будет равен:

$$f = \frac{124,3 - 122,7}{1700} \times 100 = 0,09 \%$$

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8

Задание 19. Построить профиль по заданному на карте У-34-37-В-в-4 направлению, приняв горизонтальный масштаб, равным масштабу карты (табл. 17).

Рекомендации по выполнению задания. Пусть требуется построить профиль по прямой линии между отметками высот 142,1 (урез реки) и 176,2, проведенной по карте масштаба 1:25000 (рис. 34).

Вариант	По карте У-34-37-В-в-4(Снов)
1	От скопления камней с отметкой 211,4 (6812) до истока р. Каменка (6713)
2	От г. Михалинская (6812) до отметки 158,4 (6714)
3	От перекрестка дорог с отметкой 149,7 (6612) до отдельно лежащего камня с отметкой 151,3 (6713)
4	От г. Андогская (6611) до г. Кирпичная (6613)
5	От г. Голая (6511) до перекрестка дорог с отметкой 141,2 (6613)
6	От г. Малиновская (6411) до перекрестка дорог с отметкой 149,7 (6612)
7	От отметки 205,8 (6812) до отдельно лежащего камня с отметкой 151,3 (6713)
8	От колодца с отметкой 155,7 (6412) до отметки 152,3 (6614)
9	От отметки 156,1 (6712) до развилки дорог с отметкой 156,9 (6813)
10	От отметки 197,4 (6812) до г. Карьерная (6713)
11	От отдельно стоящего дерева с отметкой 203,0 (6812) до кургана с отметкой 157,4 (6814)
12	От г. Голая (6511) до ключа «Белый» (6513)
13	От развилки дорог (6411) до отдельно лежащего камня (6612)
14	От пересечения просек с отметкой 177,5 (6713) до отдельно стоящего дерева с отметкой 141,3 (6513)
15	От развилки дорог с отметкой 156,8 (6611) до развилки дорог с отметкой 150,4 (6613)
16	От отметки 151,6 (6511) до отдельно лежащего камня (6513)
17	От перекрестка дорог с отметкой 143,0 (6611) до колодца с отметкой 142,7 (6612)
18	От скопления камней (6613) до отметки 158,4 (6714)
19	От г. Голая (6511) до развилки дорог с отметкой 149,2 (6412)
20	По улучшенной грунтовой дороге от перекрестка в свх. Беличи (6511) до перекрестка дорог с отметкой 143,2 (6513)

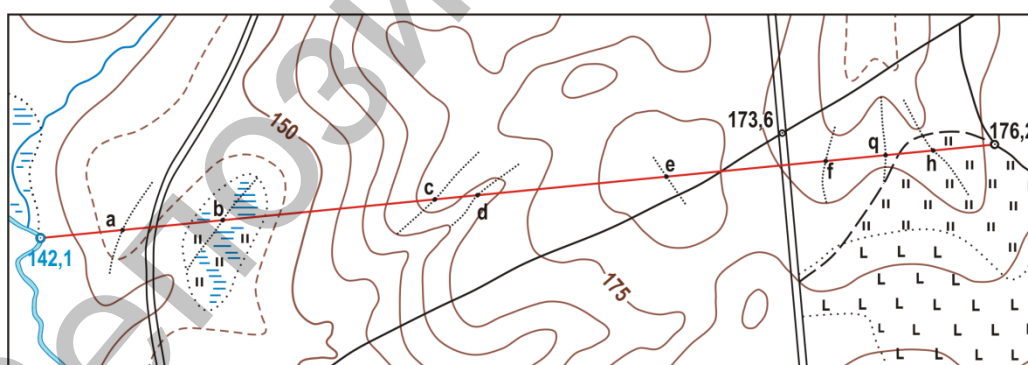


Рис. 34. Участок топографической карты масштаба 1:25000 с линией заданного профиля.

Так как *профиль представляет собой график* высот местности, то для его построения необходимо в первую очередь провести на листе миллиметровой бумаги горизонтальную и вертикальную оси координат.

На горизонтальной оси откладываем расстояния между горизонталями, на вертикальной – их абсолютные высоты.

Для решения задачи необходимо перегнуть миллиметровку по горизонтальной оси координат и, приложив ее перегибом к линии профиля на карте, нанести все точки пересечения этой линии горизонталями, а также точки перегиба рельефа. В каждой точке пересечения определяем, пользуясь картой, высоты всех горизонталей и высоты точек перегиба и подписываем их.

Для построения профиля нам необходимо выбрать вертикальный масштаб. Обычно его берут крупнее горизонтального в 10 раз, но соотношение масштабов может быть и иным. Выбор этого соотношения должен быть сделан так, чтобы с одной стороны профиль был достаточно выразительным, а с другой стороны, чтобы он по возможности меньше искажал действительность.

Это может быть сделано путем сравнения максимальной и минимальной высот по линии профиля.

В нашем случае максимальную отметку имеет вершина холма (182,5 м), минимальную – урез воды на реке (142,1 м). Превышение составляет 40,4 м. При общей длине профиля около 11 см его рельеф в целом хорошо выразится, если это превышение изобразится в 3–4 см. Для этого надо выбрать вертикальный масштаб в 1 см 10–15 м.

Учитывая требование, чтобы вертикальный масштаб был кратным горизонтальному, принимаем его равным 1:1250, т.е. в 1 см 12,5 м. Далее разбиваем вертикальную ось координат на отрезки по 0,8 см (для удобства расчетов надо, чтобы высоты на оси координат имели круглые значения) и подписываем их. Если вертикальный масштаб имеет значения 1:500, 1:1000, 1:1500 и т.д., то вертикальную ось координат разбивают на отрезки по 1 см.

На вертикальной оси необходимо отметить высоту условного горизонта. Условный горизонт (УГ) – 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 профиль, а он сам компактно уместился на стандартном листе бумаги. В нашем случае это высота 130 м.

Восстановив затем из отмеченных на горизонтальной оси координат точек перпендикуляры, откладываем на них в выбранном вертикальном масштабе высоты горизонталей и точек перегибов рельефа. Соединив концы полученных отрезков плавной кривой, получают линию профиля местности.

Часто на линии профиля бывает необходимо определить высоты дополнительных точек. Если, например, точка находится между горизонталями, то ее высоту легко найти интерполированием заложения:

$$H_i = H_{\Gamma} \pm (\Delta h) d/d_1,$$

где H_{Γ} – высота горизонтали; d – заложение; d_1 – расстояние от горизонтали до точки линии профиля.

При пересечении лощины (хребта) дополнительную точку определяют на линии водослива (водораздела) также методом интерполирования.

При пересечении седловины или вершины холма для этих точек принимают, что они находятся на половине высоты сечения рельефа соответственно ниже и выше ближайшей к ним горизонтали.

Характерными точками рельефа и ситуации являются точки перегибов рельефа, линии водоразделов и водосливов (талъвеги), седловины, вершин холмов, дна котловин (ям), пересечения с объектами линейного типа, гидрографией и др.

Построенный в черновом варианте профиль переносят затем известными способами на лист чертежной бумаги, дополнив его рисунком участка карты шириной 3 см. Оформление профиля показано на рис. 35.

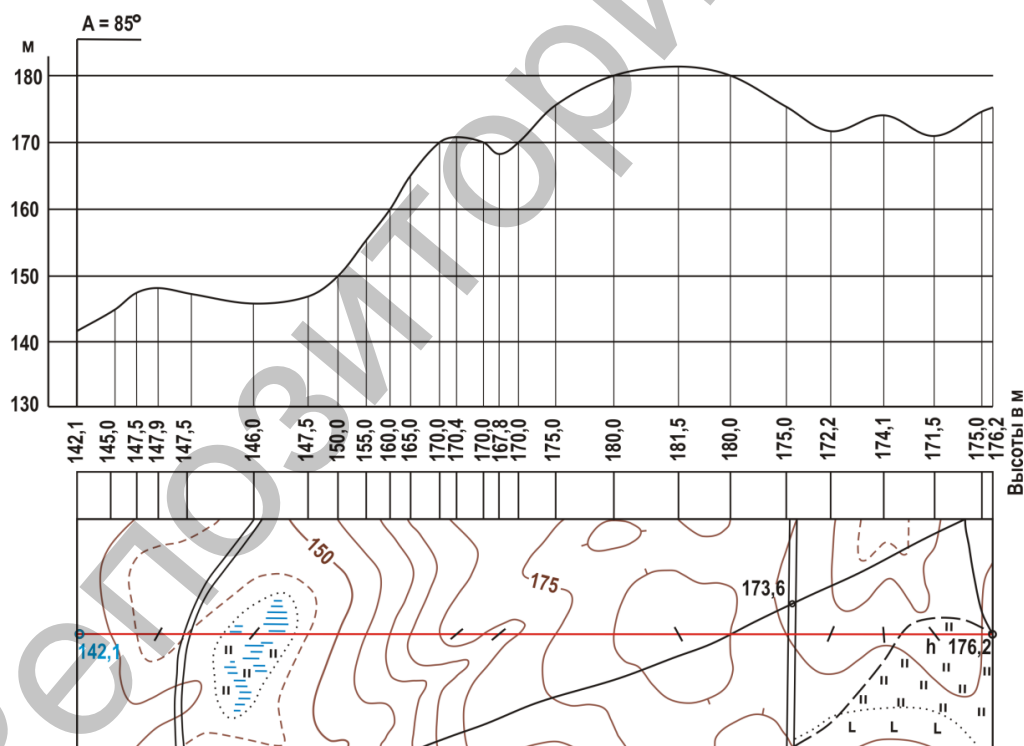


Рис. 35. Профиль по заданной на карте линии местности.

Тема: ЧТЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ КАРТЫ

При изучении местности по топографической карте составляется описание, основная цель которого – установление целостной картины территории со всеми взаимосвязями и взаимозависимостями ее элементов.

Последовательность и степень подробности описания местности определяются конкретными задачами, поставленными перед исследователем. Однако во всех случаях характеристика территории должна быть конкретной и подчеркивать свойства местности, важные для данного исследования (географического, геологического, геоморфологического и т.д.).

Описание местности, как правило, начинают с определения ее общего характера, а затем переходят к детальной характеристике основных элементов.

При определении общего характера местности на основе ознакомления с рельефом, населенными пунктами, дорогами, гидрографией и растительным покровом, выявляют разновидность данной местности, степень ее пересеченности и закрытости, указывают важные географические объекты. Общая характеристика всегда начинается с указания географического положения и очертания описываемого района, его географических и прямоугольных координат.

За общей характеристикой местности помещается описание ее основных элементов.

А. Рельеф

Сведения о рельефе излагаются в следующем порядке:

- общий характер рельефа территории (холмистый, равнинный, равнинно-эрозионный и т.д.), максимальные и минимальные отметки высот;
- главные водоразделы и водораздельные возвышенности, их направления, формы, размеры и абсолютные высоты;
- главные водотоки (тальвеги) и долины, их направления, формы, размеры и уклоны; отметки высот характерных точек истоков, слияний, резких поворотов русла; форма и крутизна склонов, наличие обрывов, осыпей и т.д.;
- овраги и промоины, их густота, протяженность и глубина врезания;
- антропогенные формы рельефа: открытые разработки полезных ископаемых, карьеры, насыпи, выемки, курганы, ямы и т.д.

Б. Гидрография

Реки

- Направление реки;
- русло реки, его ширина, глубина, уклон и плановые очертания; берега русла, их крутизна, наличие обрывов и пляжей; грунт дна, скорость течения; судоходство, речные порты и пристани;
- наличие поймы, ее размеры, расчлененность оврагами и промоинами; наличие старых русел, пойменных озер и болот; растительный покров, грунты и проходимость поймы;
- склоны речной долины, их формы, расчлененность, крутизна, растительность, наличие террас, их размеры;
- наличие и характер мостов, паромов, бродов, переправ, плотин, шлюзов и других гидротехнических сооружений.

Озера

Конфигурация и размеры, характер берегов и склонов озерных котловин.

В. Растительный покров

Леса: местоположение и площади лесных массивов, процент лесистости, состав по породам деревьев, высота и толщина деревьев, среднее расстояние между ними, просеки, вырубки, участки горелого леса, наличие дорог, троп.

Кустарники: отдельно описываются в том случае, если они образуют крупные массивы; небольшие площади кустарников описываются вместе с другими объектами, к которым они приурочены.

Луга: типы, приуроченность к элементам рельефа, площади.

Г. Болота

- Местоположение и площадь, глубина, растительность, наличие повышенных сухих участков, характер берегов;
- проходимость болота в разных направлениях и ее изменение в разное время года;
- хозяйственное использование болота, наличие торфоразработок, осушительных каналов и т.д.

Д. Населенные пункты

- Тип поселения (города, поселки городского типа, поселки сельского типа), административное значение, населенность;
- характер планировки поселения, преобладающая застройка (огнестойкая или неогнестойкая), наличие выдающихся огнестойких строений, промышленных предприятий, сельскохозяйственных и социально-культурных объектов;
- связь с дорожной сетью.

Е. Пути сообщения и средства связи

Влияние рельефа, гидрографической сети и других особенностей местности на их характер.

Железные дороги

- Название населенных пунктов, которые связывает железная дорога, количество путей, электрифицированность;
- станции и вокзалы; сооружения на железной дороге – насыпи, выемки, мосты, трубы, тоннели и т.д. и их характеристики.

Автомобильные и грунтовые дороги, тропы

- Тип дороги (по картографической классификации), название, дорожное покрытие, ширина проезжей части и ширина земляного полотна;
- дорожные сооружения (насыпи, выемки, трубы, мосты, переправы) и их характеристики, крутизна подъемов и спусков.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9

Задание 20. Составить описание участка местности по топографической карте У-34-37-В-в (Снов), указанного в одном из вариантов в табл. 18.

Таблица 18

Вариант	Крайние точки участка			
1	Отд. стоящее дерево (7307)	Урез воды 109,9 (7308)	Отметка 194,9 (7109)	Отметка 164,7 (7107)
2	Отметка 164,7 (7107)	Отметка 194,9 (7109)	Отметка 176,2 (6908)	Урез воды 114,9 (6907)
3	Отметка 119,4 (7007)	Отметка 176,2 (6908)	Отметка 135,5 (6808)	Отметка 176,8 (6806)
4	Отметка 198,4 (7009)	Отметка 216,4 (6910)	Отметка 204,2 (6810)	Отметка 170,0 (6807)
5	Отметка 183,1 (6707)	Отметка 135,5 (6808)	Отметка 186,1 (6608)	Отметка 214,3 (6507)
6	Урез воды 121,8 (6709)	Отметка 166,2 (6710)	Отметка 156,8 (6611)	Отметка 171,3 (6509)
7	Отметка 171,3 (6509)	Отметка 131,2 (6610)	Отметка 159,7 (6411)	Отметка 201,6 (6409)
8	Отметка 131,2 (6610)	Отметка 167,2 (6711)	Мельница (6613)	Отметка 167,0 (6510)
9	Отметка 194,2 (6810)	Отметка 212,8 (6812)	Отметка 156,2 (6612)	Дом лесника (6610)
10	Отметка 167,0 (6510)	Отметка 142,7 (6612)	Склад горючего (6514)	Урез воды 129,4 (6411)
11	Отметка 193,6 (7111)	Урез воды 114,2 (7212)	Мост (7013)	Отметка 170,1 (7012)

Окончание табл. 18

12	Урез воды 108,9 (7311)	Отметка 137,2 (7314)	Отметка 134,0 (7214)	Бум. фабрика (7112)
13	Отметка 176,8 (6806)	Урез воды 117,6 (6809)	Урез воды 121,8 (6709)	Отметка 183,1 (6707)
14	С-3 угол карты	Школа (7309)	Отметка 157,6 (7209)	Отметка 167,7 (7207)
15	Ключ (7112)	Отметка 134,0 (7214)	Мост (6914)	Отметка 170,1 (7012)
16	Отметка 176,1 (7106)	Брод (7108)	Отметка 176,2 (6908)	Отметка 120,0 (6907)
17	Отметка 176,4 (6607)	Отметка 127,7 (6709)	Отметка 171,8 (6610)	Отметка 197,1 (6508)
18	Отметка 156,2 (6612)	Отметка 171,3 (6713)	Отметка 149,2 (6614)	Отд. лежащий камень (6513)
19	Отметка 171,5 (6410)	Отметка 147,0 (6612)	Отметка 144,3 (6513)	Отметка 149,2 (6412)
20	Урез воды 114,9 (6907)	Отметка 194,9 (7109)	Отметка 209,7 (7010)	Отметка 207,0 (6910)

Пример описания участка местности по карте У-34-37-В-в (Снов), ограниченного координатными линиями 6067–6069 и 4309–4311.

Географические координаты крайних точек участка:

	φ	λ	
1	54°42'33"	18°02'11"	С-3 угол
2	54°42'36"	18°04'03"	С-В угол
3	54°41'31"	18°04'08"	Ю-В угол
4	54°41'29"	18°02'16"	Ю-3 угол

Прямоугольные координаты:

	X	Y	
1	6069000 м	4309000 м	С-3 угол
2	6069000 м	4311000 м	С-В угол
3	6067000 м	4311000 м	Ю-В угол
4	6067000 м	4309000 м	Ю-3 угол

Местность района равнинная, средне-пересеченная, открытая. Через населенный пункт Волково в меридиональном направлении проходит усовершенствованное шоссе Мирцевск–Павлово.

Рельеф. Представлен частью долины р. Андоги. 80% территории расположено на правом склоне долины, 20% – на левом. Минимальная абсолютная отметка – урез р. Андога – 117,6 м (6809), максимальная – полугоризонталь 207,5 м (6810). В северо-восточной части района пологие склоны горы Дубровина с отметкой 216,4, крутизной 2–3° постепенно переходят в правый коренной берег долины. Высота берега в пределах района 70–80 м,

общая форма выпуклая с постепенным увеличением крутизны до 10–15°. Максимальная крутизна ската наблюдается в северо-западной части между урезом воды 117,6 и с. Никитино. Здесь выпуклый склон переходит в большой оползень.

Левый вогнутый берег долины крутизной (вверху) 5–6° плавно переходит в широкую надпойменную террасу р. Андоги. Почти на всем протяжении оба берега долины отделены от поймы обрывами высотой 3–5 м, представляющими серьезное препятствие для переправы через реку.

Юго-западнее д. Волково имеется овраг шириной 50 м с обрывистыми берегами, которые у устья оврага переходят в береговой обрыв. Восточнее Волково расположен глубоко врезанный овраг, вытянутый в меридиональном направлении. Ширина оврага колеблется в пределах 30–100 м. От середины и до устья дно и восточный берег оврага покрыты смешанным лесом. Из-за высоких обрывистых берегов и леса овраг представляет серьезное препятствие для движения всех видов транспорта вне дорог в восточном направлении. На шоссе в населенном пункте Волково имеется выемка глубиной 3 м и между Нижним Волково и Волково – насыпь.

Гидрографическая сеть. Река Андога – приток река Соть, ширина 15–30 м, глубина 0,5–1,2 м, скорость течения 0,1 м/сек. Извилистое русло реки образует резкую излучину в юго-западном углу описываемого района. Почти на всем протяжении правого берега, за исключением излучины, пойма на карте не выражается горизонталями. На левом берегу ширина участков поймы колеблется в пределах 50–200 м. По берегам русла реки растут деревья и кустарники.

На описываемой территории в реку Андога впадают два безымянных ручья. Имеются брод (6809) глубиной 0,5 м, длиной 15 м, грунт дна твердый; паромная переправа (6709) грузоподъемностью 4 т, размер парома 4×3 м. Ширина реки в месте переправы 17 м. На шоссе есть каменный мост длиной 50 м, шириной 13 м и грузоподъемностью 45 т.

Растительность. Восточнее с. Нижнее Волково начинается лесной массив, большая часть которого находится за пределами описываемого района. Лес смешанный: сосна и береза. Средняя высота деревьев – 25 м, толщина – 20 см, среднее расстояние между деревьями – 5 м. Общая площадь леса в пределах района составляет приблизительно 30 га.

Населенные пункты. В центре описываемого района расположен примыкающий к шоссе сельский населенный пункт Волково с числом жителей 0,14 тыс. человек. Центр сельсовета.

Планировка бессистемная, усадьбы обсажены деревьями. Имеются приусадебные участки. У южной границы района вдоль шоссе расположен небольшой сельский населенный пункт Нижнее Волково с числом жителей 0,04 тыс. человек. В обоих поселениях преобладают неогнестойкие застройки.

Дорожная сеть и средства связи. Шоссе Мирцевск–Павлово имеет усовершенствованное асфальтное покрытие шириной 13 м и ширину полотна 17 м. В районе Волково есть выемка длиной около 300 м, а южнее Волково – насыпь длиной около 600 м. Грунтовые дороги связывают Волково с Никитино (6909), Михалино (6811), Барахоево (6608). В северо-западной части района находится грунтовая дорога, связывающая Барахоево и Никитино. Вдоль этой дороги проходит линия связи.

Судя по оползню, можно предположить, что грунт в районе глинистый, и в дождливое время езда по грунтовым дорогам, очевидно, затруднена, а спуск от Волково к паромной переправе и проезд через овраг восточнее Волково могут оказаться непроездными для автомобильного транспорта.

Тема: УСЛОВНЫЕ ЗНАКИ

Местность на карте обозначается системой условных знаков в сочетании с подписями географических названий и сокращенными пояснениями. Условные знаки на карте показывают местоположение объектов и явлений, а также их качественные и количественные характеристики.

Условные знаки разделяют на несколько основных видов.

Площадными условными знаками изображаются те местные предметы и детали рельефа, которые по своим размерам могут быть выражены в масштабе карты (озера, леса, крупные реки, овраги и т.п.). Контуры (внешние границы) таких предметов (объектов) показываются на карте сплошными линиями или пунктиром в точном соответствии с их действительными очертаниями. Сплошными линиями показываются контуры озер, широких рек, оврагов, пунктиром – контуры леса, луга, болота. Площадь внутри контура таких условных знаков на карте обычно окрашивается соответствующим цветом или заполняется дополнительными топографическими знаками.

Площадные условные знаки позволяют определять по карте действительные длину, ширину и площадь изображенных ими объектов.

Внемасштабные условные знаки применяются для изображения таких местных предметов и деталей рельефа, которые из-

за малых размеров занимаемой ими площади не могут быть выражены в масштабе карты. Такими местными предметами являются шахты, радиомачты, колодцы, сооружения башенного типа, курганы и т.п. Точки, показывающие точное местоположение объекта, у разных знаков располагаются по-разному. Например, у знаков симметричной формы (кружок, квадрат, треугольник, звездочка) эта точка расположена в центре знака. У знаков, имеющих форму фигуры с широким основанием, местоположению объекта соответствует середине основания. Если в основании немасштабного знака имеется прямой угол, то местоположению объекта соответствует вершина угла. И, наконец, у знаков, состоящих из сочетания нескольких фигур, местоположению объекта соответствует центр нижней фигуры.

Объекты большой протяженности, но малой ширины изображаются линейными знаками, которые передают точное местоположение объектов по оси их наибольшего протяжения, но, как правило, преувеличивают их ширину. Например условный знак железной дороги на карте масштаба 1:100000 преувеличивает ее ширину в 7–10 раз.

Особую категорию линейных знаков составляют изолинии, представленные на топографической карте горизонталями.

Пояснительные условные знаки применяются в сочетании с масштабными и немасштабными; они служат для дополнительной характеристики местных предметов и их разновидностей.

На картах помещаются подписи собственных названий населенных пунктов, рек, озер, гор, лесов и других объектов, а также пояснительные подписи в виде буквенных и цифровых обозначений. Они позволяют получить дополнительные сведения о количественной и качественной характеристике местных предметов и рельефа. Буквенные пояснительные подписи чаще всего даются в сокращенном виде согласно установленному перечню условных сокращений.

Размер букв и цифр, их начертание, наклон и размещение на карте имеют определенное значение. Так шрифты для подписей населенных пунктов передают своими размерами и начертанием сведения о типе поселения, административном значении и числе жителей; наклон букв в подписях названий рек показывает их транспортное значение.

Для групп однородных или тесно связанных между собой объектов установлен определенный цветовой фон, с которым они печатаются на карте. Например, контуры населенных пунктов, железные дороги, многие промышленные, сельскохозяйственные и социально-культурные объекты изображаются черным цветом;

леса – зеленым; гидрография – синим; рельеф – коричневым.

Отдельные местные предметы, имеющие значение ориентиров, наносятся на карту наиболее точно. К числу таких местных предметов относятся различные вышки и башни, шахты и штольни, ветряные двигатели, церкви и отдельно расположенные постройки, радиомачты, памятники, отдельные деревья, курганы и т.п. Все они, как правило, изображаются на картах условными немасштабными знаками, а некоторые сопровождаются сокращенными пояснительными подписями.

Всего на топографических картах изучаемых нами масштабов применяется около 350 графических условных знаков и более 400 сокращенных пояснительных подписей.

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Задание 21. Вычертить условные знаки, применяемые на топографических картах масштаба 1:10000.

Рекомендации по выполнению задания. Целью данной самостоятельной работы является изучение условных знаков, посредством которых передается содержание топографических карт, усвоение приемов и приобретение навыков вычерчивания некоторых наиболее распространенных знаков.

В качестве образца можно использовать, например, условные знаки топографических карт из географического атласа СССР для 8 класса одиннадцатилетней школы.

Задание выполняется на шести листах чертежной бумаги формата А4. Предварительно знаки разбиваются на следующие группы:

1. Пункты государственной геодезической сети, населенные пункты и их подписи.
2. Отдельные местные предметы.
3. Дорожная сеть.
4. Гидрография.
5. Рельеф
6. Растительный покров и грунты.

Рекомендуется знаки рисовать по отдельности, каждый в прямоугольной рамочке, подписывая их в соответствии с подписями, данными в атласе.





Условные знаки вычерчиваются вначале карандашом, а затем обводятся тушью, соблюдая принятые в картографии цвета. Фоновая закраска знаков производится цветными карандашами.

Основные условные знаки топографических карт



- △ 198,4 Пункты государственной
 ☆ 159,7 геодезической сети

НАСЕЛЕННЫЕ ПУНКТЫ И ИХ ПОДПИСИ

Отдельные строения

-  Жилые и нежилые строения
-  Выдающиеся огнестойкие строения
-  Отдельно расположенные дворы
-  Церкви

Кварталы

-  с преобладанием огнестойких строений
-  с преобладанием неогнестойких строений





СНОВ Города с населением от 2000 до 10 000 жителей

НОВЫЙ Поселки городского типа с населением 2000 и более жителей

Окунево Поселки сельского типа с населением от 100 до 500 жителей


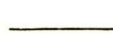


Коровино Поселки сельского типа с населением менее 100 жителей

ДОРОЖНАЯ СЕТЬ






















-  Двухпутные железные дороги. Станции
-  Однопутные железные дороги. Разъезды, платформы
-  Двухпутные электрофицированные железные дороги
-  а) Насыпи б) Выемки (2—высота или глубина в метрах)

Автострады:
 7,5 — ширина проезжей части;
 2 — количество проезжих частей;
 Ц — материал покрытия

Усовершенствованные шоссе:
 13 — ширина покрытой части;
 17 — ширина дороги в метрах,
 А — материал покрытия

-  Шоссе. Трубы
-  Улучшенные грунтовые дороги. Обсадки
-  Грунтовые (проселочные) дороги
-  Полевые и лесные дороги
-  Зимние дороги
-  Путепроводы над железной дорогой

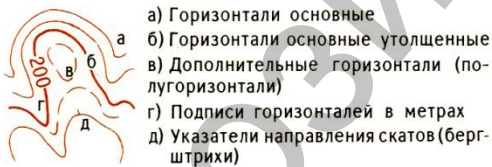
ОТДЕЛЬНЫЕ МЕСТНЫЕ ПРЕДМЕТЫ

-  *а мук.* Заводы и фабрики
-  б) а) — с трубами; б) — без труб
-  *шах. уг.* Шахты и штольни действующие
-  10 *глин.* Места добычи полезных ископаемых (10 — глубина карьера в метрах)
-  Торфоразработки
-  Склады горючего и газгольдеры
-  Электростанции
-  Радиомачты и телевизионные мачты
-  Водяные мельницы и лесопилы
-  Ветряные мельницы
-  Ветряные двигатели
-  Пасеки
-  Сооружения башенного типа
-  Дома лесников
-  Телеграфные конторы, телефонные станции
-  Метеорологические станции
-  Памятники и монументы
-  Кладбища
-  Линии связи
-  Линии электропередачи на деревянных опорах
-  Линии электропередачи на металлических и железобетонных опорах (20 — высота опоры в метрах)

ГИДРОГРАФИЯ



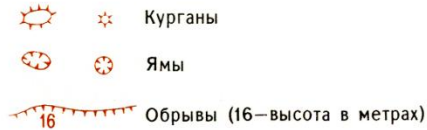
РЕЛЬЕФ



•213,8 •212,8 Отметки высот

111,9 170,0 Отметки высот у ориентиров

Овраги и промоины



а) Отдельно лежащие камни
б) Скопление камней

РАСТИТЕЛЬНЫЙ ПОКРОВ И ГРУНТЫ

ель $\frac{20}{0,20}$ 6 Хвойные леса

бер. $\frac{1}{1}$ Лиственные леса

ель бер. $\frac{1}{1}$ Смешанные леса

Характеристика древостоя в метрах: в числителе—высота деревьев, в знаменателе—толщина, справа от дроби—расстояние между деревьями

Узкие полосы леса и защитные лесонасаждения (2—средняя высота деревьев в метрах)

Отдельные роши

Отдельно стоящие деревья, имеющие значение ориентиров

Поросль леса, молодые посадки леса высотой до 4 м (2—средняя высота деревьев в метрах)

а) Буреломы
б) Редкие леса (редколесье)

а) Вырубленные леса
б) Горелые и сухостойные леса

Просеки в лесу
(4—ширина просеки в метрах)

Кустарники: а) отдельные кусты и группы кустов; б) сплошные заросли

а) Луговая растительность
б) Камышовые и тростниковые заросли

Фруктовые сады

Пески

Болота непроходимые и труднопроходимые (0,7—глубина болота в метрах)

Болота проходимые

Ч А С Т Ь II. ОСНОВЫ ГЕОДЕЗИИ

Тема: ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИНСТРУМЕНТЫ

Классификация геодезических приборов, в соответствии со стандартами на них, производится по назначению и по точности.

По назначению в настоящее время существует семь групп приборов:

- для измерения горизонтальных углов и углов наклона – теодолиты;
- для измерения превышений – нивелиры;
- для измерения расстояний – дальномеры;
- для производства планово-высотных топографических съемок – тахеометры;
- для производства планово-высотных топографических съемок (углоначертательный способ) – кипрегели;
- комплектующие принадлежности (рейки, штативы, оптические центриры, механические центриры, буссоли, и др.);
- вспомогательные приборы и принадлежности (эккеры, планиметры, транспортиры, тахеографы, координатометры, масштабные линейки и др.).

По точности классифицируют только теодолиты, нивелиры и дальномеры.

В зависимости от точности измерения горизонтальных углов в соответствии с ГОСТом 10529-96 теодолиты могут быть разделены на 3 типа:

1. Высокоточные Т1, предназначенные для измерения углов в триангуляции и полигонометрии 1 и 2 классов.

2. Точные Т2 – для измерения углов в триангуляции и полигонометрии 3 и 4 классов; Т5 – для измерения углов в триангуляционных сетях и полигонометрии 1 и 2 разрядов и производства маркшейдерских работ на поверхности.

3. Технические Т15, Т30 и Т60 – для измерения углов в теодолитных и тахеометрических ходах и съемочных сетях, а также для выполнения маркшейдерских работ на поверхности и в подземных выработках.

В условных обозначениях теодолитов цифра означает среднюю квадратическую погрешность измерения горизонтального угла одним приемом в секундах, например, для теодолита Т5 $m_B = 5''$, для Т30 $m_B = 30''$ и т.д.

Теодолиты со стеклянными угломерными кругами и оптическими отсчетными устройствами называются оптическими. В них с помощью оптической системы изображения горизонтального и вертикального кругов передаются в поле зрения специального микроскопа.

В последние годы взамен теодолитов серии Т налажен выпуск более совершенных теодолитов унифицированной серии 2Т, 3Т, 4Т.

По назначению различают следующие типы теодолитов.

1. Собственно теодолиты – предназначены для измерения горизонтальных и вертикальных углов.

2. Тахеометры – предназначены для измерения горизонтальных и вертикальных углов и определения расстояний при помощи нитяного дальномера или оптическими дальномерными насадками, что позволяет выполнять с их помощью тахеометрическую съемку. Все технические теодолиты являются тахеометрами.

3. Теодолиты специального назначения: астрономические, маркшейдерские, теодолиты-нивелиры, проектировочные, гидро-теодолиты, фототеодолиты и др.

Надежность и достоверность получаемых при измерениях результатов обеспечивается правильной работой прибора. В связи с этим рабочие средства измерений подвергаются метрологическому надзору, который заключается в аттестации используемых средств измерений через систему испытаний и поверок. До выполнения работ каждый геодезический прибор должен быть поверен и отъюстирован.

Поверка – установление соответствия конструктивных геометрических соотношений в приборе, обеспечивающих качественную его работу.

Юстировка – устранение несоответствия геометрических соотношений в конструкции прибора, которые могут повлиять на его качественную работу. Т.е. юстировка выполняется только тогда, когда в результате поверки будут выявлены недопустимые отклонения в геометрическом положении узлов и деталей прибора.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 10

Задание 22. Изучить устройство теодолита 2Т30П, освоить отсчеты по шкаловому микроскопу (см. приложение), выполнить основные поверки.

Рекомендации по выполнению задания. Повторительный теодолит 2Т30П предназначен для измерения горизонтальных и вертикальных углов, измерения расстояний нитяным дальномером, гео-

метрического нивелирования с помощью уровня при зрительной трубе, определения магнитных азимутов по буссоли (рис. 36).

Технические характеристики:

Средняя квадратичная погрешность измерения одним приемом:

горизонтального угла.....	20"
вертикального угла.....	30"
Увеличение зрительной трубы, крат.....	20×
Угловое поле зрения.....	2°
Наименьшее расстояние визирования, м.....	1,2
Коэффициент дальномера.....	100 ± 0,5
Цена деления лимбов.....	1°
Цена деления шкал микроскопа.....	5'
Увеличение оптического центрира, крат.....	1,8×
Масса теодолита с подставкой, кг.....	2,3

Зрительная труба 8 дает прямое изображение. Фокусировка зрительной трубы осуществляется вращением винта кремальеры 14. Ось вращения теодолита приводится в отвесное положение подъемными винтами 11 с помощью цилиндрического уровня 13 при горизонтальном круге. Вместе с трубой скреплены вертикальный круг 7 и отсчетный микроскоп 3, в поле зрения которого посредством оптической системы передается изображение отсчетных шкал обоих кругов (рис. 37).

Для освещения шкал служит зеркало 4. Закрепительным винтом 15 трубу фиксируют в заданном положении, а наводящим винтом 9 медленно вращают в вертикальной плоскости до точного совмещения центра сетки нитей с визирной целью. Горизонтальный и вертикальный круги проградуированы через 1°. Горизонтальный круг имеет круговую оцифровку от 0 до 359°, а вертикальный – секторную от 0 до 75° и от –0 до –75°.

Индексом для отсчитывания служат штрих лимба, отсчет берут с точностью до 0,5'. Если в пределах шкалы вертикального круга находится штрих лимба со знаком «+», отсчет берут по верхнему ряду цифр шкалы со знаками «+» (0...6, слева направо), если «-», то по нижнему ряду цифр шкалы со знаками «-» (-6...-0, справа налево) (рис. 37).

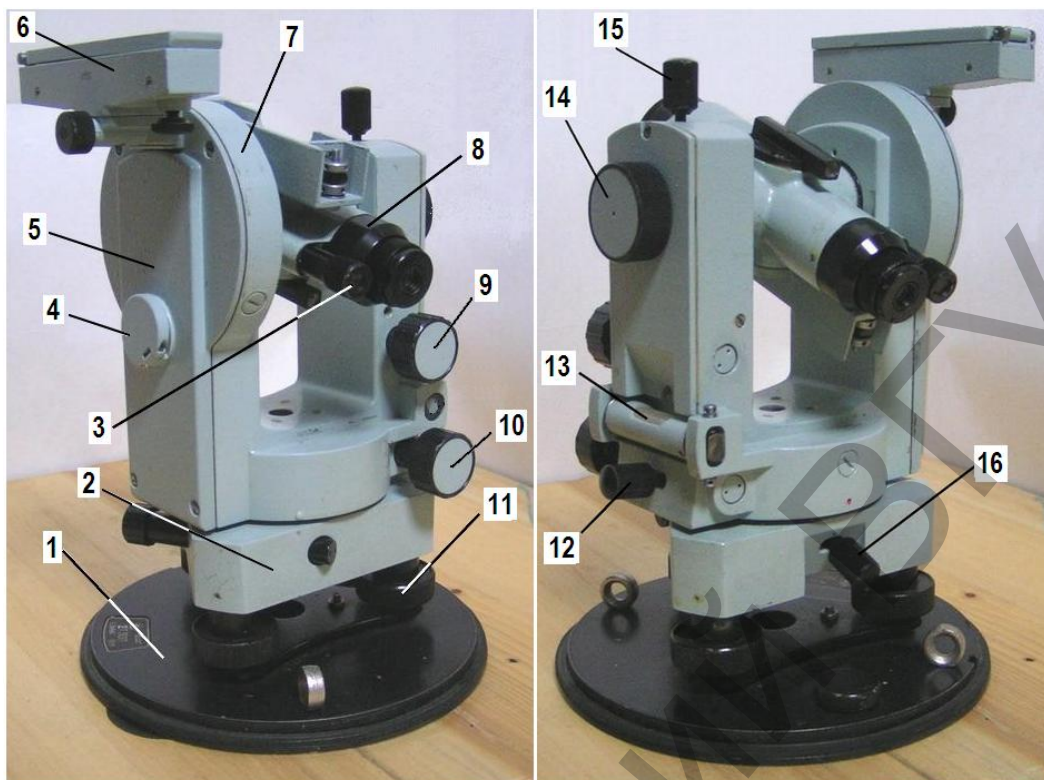


Рис. 36. Теодолит 2Т30П:

1 – металлический диск; 2 – подставка; 3 – окуляр отсчетного микроскопа с диоптрийным кольцом; 4 – зеркальце для подсветки штрихов отсчетного микроскопа; 5 – колонка; 6 – ориентир-буссоль; 7 – вертикальный круг; 8 – зрительная труба; 9 – наводящий винт зрительной трубы; 10 – наводящий винт алидады; 11 – подъемный винт; 12 – закрепительный винт алидады; 13 – цилиндрический уровень; 14 – кремальера; 15 – закрепительный винт зрительной трубы; 16 – закрепительный винт лимба.

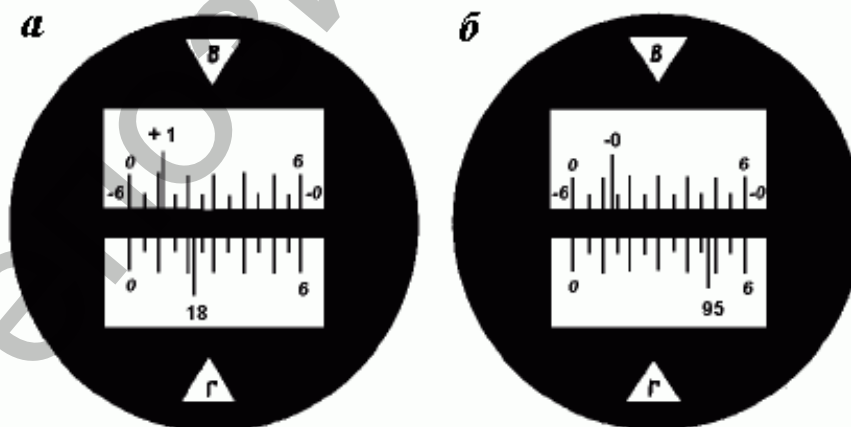


Рис. 37. Отсчетное устройство теодолита 2Т30П:

а – отсчет по шкале вертикального круга: $+1^{\circ}11'$, по шкале горизонтального круга: $18^{\circ}22'$;

б – отсчет по шкале вертикального круга: $-0^{\circ}47'$, по шкале горизонтального круга: $95^{\circ}47'30''$.

Основание теодолита в виде металлического диска 1, с которым скреплена подставка 2, служит одновременно дном футляра прибора. Вертикальная ось прибора полая, а основание в центре имеет винтовое отверстие. Это позволяет центрировать теодолит над вершиной измеряемого угла с помощью зрительной трубы, устанавливаемой вертикально объективом вниз. Закрепление прибора на головке штатива осуществляется станковым винтом, ввинчиваемым в отверстие основания.

Теодолит 2Т30П укомплектовывается ориентир-буссолью 6, устанавливаемой в посадочный паз на вертикальном круге.

Поверки теодолитов

Перед проведением полевых угловых измерений необходимо выполнить поверки теодолита, т.е. установить соответствие прибора основным геометрическим условиям, положенных в основу их конструкций.

Условие 1. Ось цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна к оси вращения теодолита.

Условие 2. Вертикальный штрих сетки нитей должен находиться в вертикальной (коллимационной) плоскости. Коллимационная плоскость определяется плоскостью, образованной визирной осью зрительной трубы при ее вращении вокруг оси трубы.

Условие 3. Место нуля вертикального круга должно быть близким к нулю и постоянным.

Условие 4. Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна к горизонтальной оси ее вращения (Определение коллимационной погрешности c).

Условие 5. Горизонтальная ось вращения зрительной трубы должна быть перпендикулярна к вертикальной оси вращения теодолита.

Поверка 1. (Выполнение условия 1).

1. Установить ось цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга по направлению на два любых подъемных винта подставки (рис. 38). Вращением этих винтов в противоположные стороны привести пузырек уровня точно в нуль-пункт.

2. Повернуть колонку на 180° (это можно выполнить «на глаз» по симметрии частей колонки, либо по отсчетам шкалы горизонтального круга). Если пузырек уровня отклонился не более чем на одно деление от нуль-пункта, то условие считают выполненным. В этом случае поверку следует проконтролировать по двум другим подъемным винтам подставки.

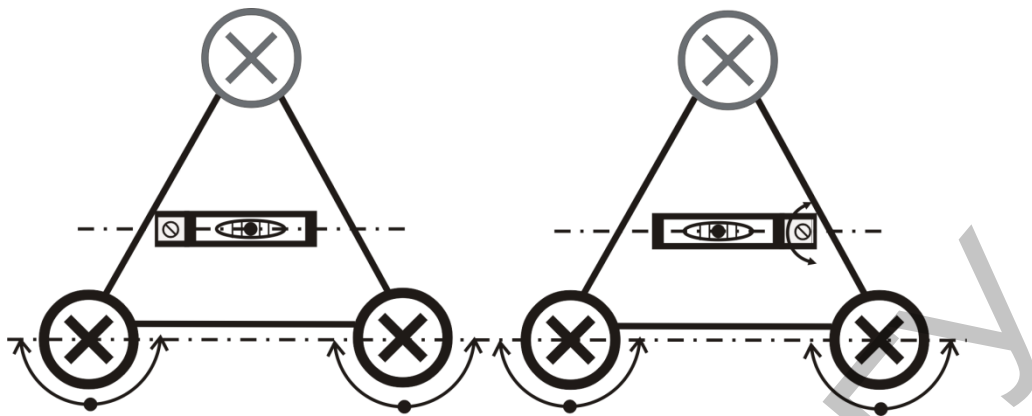


Рис. 38. Первая поверка теодолита.

3. Если пузырек уровня отклонился более чем на одно деление, то половину этого отклонения следует исправить подъемными винтами подставки, вращая их одновременно в противоположные стороны, а другую половину – юстировочными винтами уровня. После выполнения юстировки поверку повторяют на других подъемных винтах. Юстировочные винты уровня находятся на одном из его концов. Ими зажат хвостовик уровня.

Часто встречаются случаи, когда после выполнения п. 2 поверки пузырек полностью уходит в один из концов ампулы, т.е. ось уровня весьма заметно отклонена от горизонтального положения. В такой ситуации не регистрируется величина полного отклонения пузырька. Для оценки полного отклонения пузырька необходимо подъемными винтами привести пузырек уровня в нуль-пункт, при этом следует стараться поворачивать оба винта на один и тот же угол и считать число n таких поворотов. После этого надо вернуть пузырек назад на половину ($n/2$) таких же оборотов подъемных винтов, а юстировочными винтами уровня привести пузырек в нуль-пункт. Такие действия выполняют до тех пор, пока исправляемое положение пузырька уровня не достигнет регистрируемой по уровню величины.

Поверка 2. (Выполнение условия 2).

Для поверки условия 2 визируют верх вертикальной нити сетки нитей на какую-либо точку и наводящим винтом зрительной трубы переводят изображение точки в нижнюю часть вертикальной нити. Если изображение точки при этом смещается не более чем на $1/3$ ширины биссектора сетки нитей, то условие 2 считают выполненным. В противном случае отпускают закрепительные винты окулярной части и поворачивают ее, пока вертикальный штрих не займет нужное положение сетки нитей. После этого закрепительные винты зажимают и повторяют поверку этого условия. Вертикальность нити сетки можно проверить и по

нити отвеса, подвешенного на расстоянии 5–10 м от теодолита. Перпендикулярность вертикальной и горизонтальной нитей сетки гарантирует предприятие-изготовитель.

Проверка 3. (Выполнение условия 3).

При горизонтальном положении визирной оси зрительной трубы и пузырька уровня при вертикальном круге в нуль-пункте отсчет по вертикальному кругу должен быть равен нулю. Для выполнения проверки места нуля (M_0) выполняют следующие операции:

1. На местности выбирают несколько точек (3–4) примерно на горизонте прибора и определяют по всем выбранным направлениям значения места нуля (M_0) вертикального круга.

$$M_0 = 0,5(KЛ + КП).$$

Если колебания M_0 превышают допустимую величину (двойная точность отсчетного устройства теодолита), а также само значение M_0 существенно больше 0, то условие 3 считают не выполненным. Значительные колебания M_0 говорят о неисправности теодолита, либо системы вертикального круга. Исследование неисправности и ремонт производится только в специализированной мастерской.

Если колебания M_0 допустимы, но величина M_0 больше 0, то обычно выполняют исправление M_0 . Если значение M_0 большое, но стабильное, то, вообще говоря, можно пользоваться и этим значением. Но удобнее, когда оно близко к 0, в этом случае угол наклона примерно равен отсчету по вертикальному кругу при КЛ.

2. Вычисляют значение угла наклона (ν) на какую-либо из выбранных точек по формуле:

$$\nu = 0,5(KЛ - КП).$$

3. Наводящим винтом зрительной трубы устанавливают значение вычисленного угла наклона (при этом пузырек цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга должен находиться в середине ампулы), а затем вертикальными юстировочными винтами сетки нитей перемещают изображение точки на горизонтальную нить сетки, либо в ее центр. Проверку необходимо повторить по другой точке.

Проверка 4. (Определение коллимационной погрешности c).

1. Выполнить визирование вертикальной нитью при двух положениях круга ($КП_1$ и $КЛ_1$) на удаленную точку, находящуюся примерно на горизонте прибора.

2. Затянуть закрепительный винт алидады, ослабить закрепительный винт лимба и повернуть горизонтальный круг на 180° . Затем винт лимба затянуть и повернуть колонку теодолита в первоначальное положение.

3. Выполнить п. 1 для той же точки и получить отсчеты $КП_2$ и $КЛ_2$.

Значение коллимационной погрешности получают по формуле:

$$c = 0,25 [(КП_1 - КЛ_1 \pm 180^\circ) + (КП_2 - КЛ_2 \pm 180^\circ)].$$

Если значение коллимационной погрешности превышает допустимую величину (для 4ТЗ0П – 1'), то выполняют юстировку.

4. Вычисляют правильный отсчет a на точку

$$a = 0,5 (КП_2 + КЛ_2 \pm 180^\circ) \text{ или } a = КЛ_2 - c = КП_2 + c.$$

5. Наводящим винтом алидады горизонтального круга устанавливают правильный отсчет на лимбе ГК. При этом изображение точки сместится в сторону с центра сетки нитей (с вертикальной нити) на величину c .

6. Боковыми юстировочными винтами сетки нитей совместить ее центр (или вертикальную нить) с изображением точки. Проверку необходимо повторить по другой точке.

Проверка 5. (Выполнение условия 5).

1. Теодолит установить недалеко от высокого объекта (например, стены здания). В верхней части стены выбрать какую-либо заметную точку так, чтобы визирование на нее производилось при наклоне визирной оси к горизонту примерно на 30° (рис. 39).

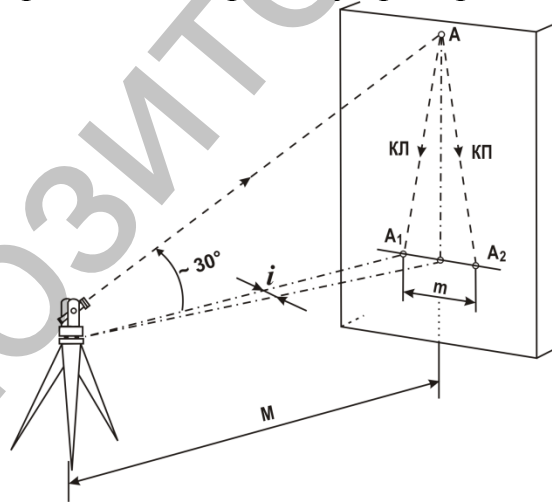


Рис. 39. Проверка перпендикулярности горизонтальной и вертикальной осей теодолита.

2. При $КЛ$ и $КП$ визируют на точку и сносят ее изображение на стену примерно на уровень высоты прибора. В этом месте лучше закрепить лист бумаги. Положение спроецированной точки на листе бумаги отмечают и измеряют между полученными метками расстояние m (в мм).

3. Вычисляют угловую погрешность

$$i = \frac{m}{2M} \rho,$$

где M – расстояние от теодолита до стены (переведенное в мм); $\rho = 3438'$. Предельная величина угла i не должна быть больше $0,5'$. При значениях указанного угла больше $0,5'$ исправление производят в мастерской.

Установка теодолита в рабочее положение

Установка теодолита в рабочее положение перед началом измерений заключается в его центрировании над точкой, горизонтировании и установке для наблюдений зрительной трубы и отсчетной системы.

Центрирование – это совмещение его вертикальной оси вращения с вершиной измеряемого горизонтального угла.

Горизонтирование – это приведение вертикальной оси вращения теодолита в отвесное положение.

Теодолит 4Т30П снабжен *оптическим центриром*.

Установка теодолита в рабочее положение (центрирование и горизонтирование) с помощью оптического центрира выполняется приближениями.

Найти в поле зрения оптического центрира точку, над которой производится центрирование, и закрепить в грунте или на твердой поверхности ножки штатива, следя за тем, чтобы изображение точки находилось как можно ближе к центру поля зрения центрира. Выполнить установку пузырька выверенного цилиндрического уровня с помощью ножек штатива, а затем с помощью подъемных винтов подставки в следующей последовательности:

- 1) установить ось цилиндрического уровня по направлению двух любых ножек штатива и, ослабив у одной из них зажим раздвижной системы, по возможности точно привести пузырек уровня в нуль-пункт (рис. 40, а, поз. 1);
- 2) установить ось цилиндрического уровня по направлению на третью ножку штатива и изменением ее длины привести пузырек уровня в нуль-пункт. Проверить позицию 1 по двум ножкам штатива (рис. 40, а, поз. 2);
- 3) установить ось уровня по направлению двух любых подъемных винта подставки и, вращая эти винты в противоположные стороны примерно на одинаковый угол, привести пузырек точно в нуль-пункт (рис. 40, б, поз. 1);
- 4) установить ось уровня по направлению на третий подъемный винт подставки (по симметрии частей колонки или по отсчетам по шкале ГК) и вращением этого винта привести пузырек

уровня точно в нуль-пункт (рис. 40, б, поз. 2). Проверить позицию 1, а затем снова позицию 2, и при необходимости поправить положение пузырька.

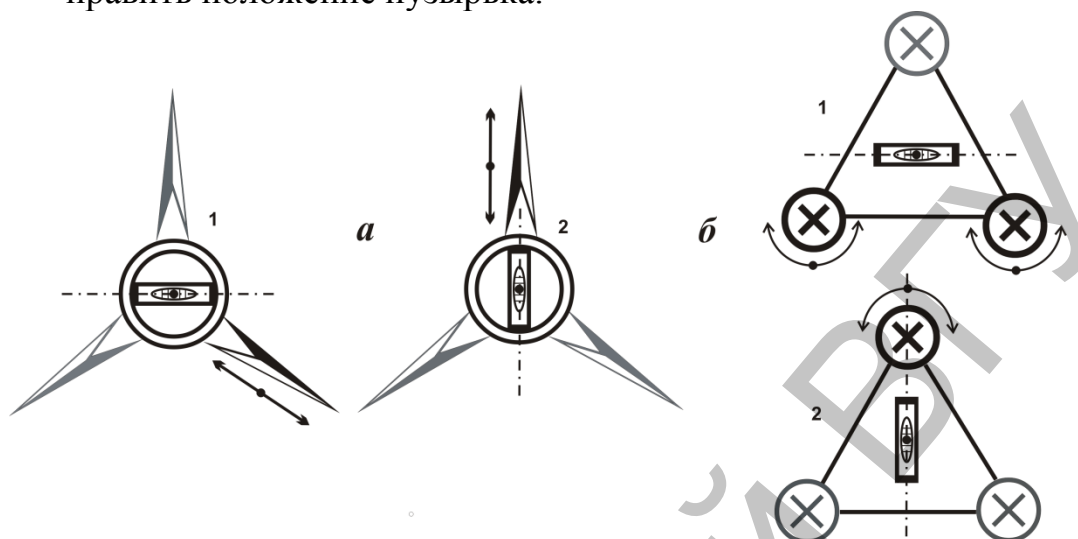


Рис. 40. Горизонтирование теодолита:

- а* – предварительное горизонтирование ножками штатива;
б – горизонтирование подъемными винтами подставки.

При нарушении положения центрирования необходимо ослабить становой винт и переместить теодолит на головке штатива до совмещения центра поля зрения оптического центра с точкой в вершине измеряемого угла. Повторить действия по центрированию и горизонтированию по ножкам штатива и подъемным винтам подставки до достижения желаемого результата.

Горизонтирование может считаться удовлетворительным, если при любом положении колонки теодолита пузырек цилиндрического уровня при горизонтальном круге будет отклоняться от своего среднего положения не более чем на 1 деление от нуль-пункта.

Для центрирования теодолита 2Т30П может использоваться *нитяной отвес*, который подвешивается на крючок *становой винта штатива*.

Становым винтом через резьбовое соединение подставки теодолит прикрепляется к плоской головке штатива. Предварительно штатив необходимо установить так, чтобы плоскость его головки заняла примерно горизонтальное положение, а острие отвеса совпало с вершиной угла.

Небольшие перемещения острия отвеса над вершиной измеряемого угла достигаются перемещением корпуса самого теодолита при ослабленном становой винте. После выполнения центрирования становой винт снова необходимо зажать.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 11

Задание 23. Изучить устройство нивелира НЗ (НЗ-5Л), освоить отсчеты по нивелирным рейкам (см. приложение), выполнить основные поверки.

Рекомендации по выполнению задания. При геометрическом нивелировании превышение между точками определяют с помощью горизонтального луча визирования, который реализует специальный геодезический прибор – нивелир.

По точности нивелиры выпускают 3 типов:

- высокоточные (Н-0,5);
- точные (Н-3);
- технические (Н-10).

Цифры в шифре нивелира указывают среднюю квадратическую погрешность измерения превышения в миллиметрах на 1 км двойного нивелирного хода. Например, для нивелира Н-3 средняя квадратическая погрешность составляет 3 мм на 1 км хода.

В зависимости от способа получения горизонтального луча визирования каждый из трех типов нивелиров изготавливается в двух вариантах:

- с цилиндрическим уровнем при зрительной трубе;
- с компенсатором, позволяющим автоматически приводить ось визирования зрительной трубы нивелира в горизонтальное положение.

В настоящее время выпускаются нивелиры улучшенной конструкции 2 и 3 поколений, например 2Н-5КЛ и 3Н-5Л. Первая цифра обозначает поколение. При наличии компенсатора в шифр прибора добавляется буква «К». Если нивелир изготовлен с лимбом для измерения горизонтальных углов, то еще добавляется буква «Л».

На рис. 41 представлен нивелир с уровнем при трубе **Н-3**. Главные части нивелира – подставка с подъемными винтами 8, зрительная труба 1 и цилиндрический уровень 7. Зрительная труба с внутренним фокусированием имеет увеличение $30\times$, фокусирование трубы производят при помощи кремальеры 2. Нивелир снабжен закрепительным 3 и микрометрическим 4 винтами.

Круглый уровень 6 служит для приведения оси вращения нивелира в отвесное положение с помощью подъемных винтов. Нивелир имеет контактный цилиндрический уровень 7 и элевационный винт 5. Цилиндрический уровень наглухо скреплен со зрительной трубой.

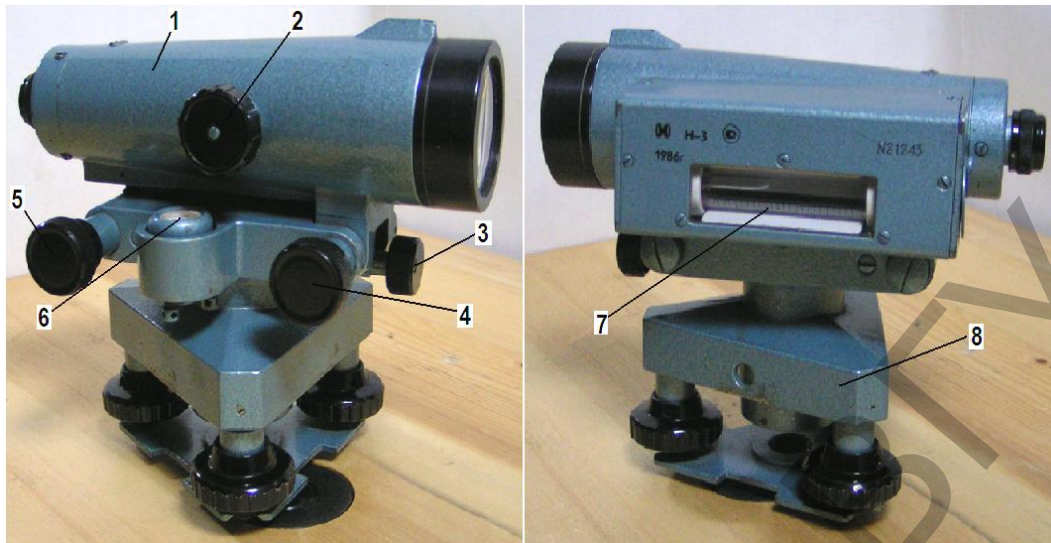


Рис. 41. Нивелир Н-3.

Изображения концов цилиндрического уровня через систему призм передаются в поле зрения трубы (рис. 42). Через лупу в поле зрения зрительной трубы нивелира можно видеть одновременно оба конца уровня, разделенного по вертикальной оси.

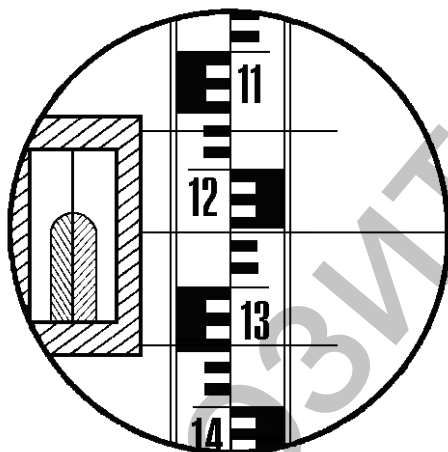


Рис. 42 Поле зрения трубы нивелира Н3. Отсчет по нивелирной рейке равен 1253.

Перед отсчетом по рейке элевационным винтом осуществляют точное совмещение (контакт) концов пузырька уровня, приводя тем самым визирную ось зрительной трубы в горизонтальное положение. В момент контакта, когда визирная ось занимает горизонтальное положение, производят отсчет по рейке.

Нивелир **ЗН-5Л** (в исполнении без лимба ЗН-5) относится к нивелирам технической точности (рис. 43).

Основные преимущества описываемого нивелира: малая масса и размеры, простое устройство, обеспечивающее высокую надежность в работе. Допустимая средняя квадратическая погрешность измерения превышения на 1 км двойного хода составляет 5 мм.

Нивелир имеет высококачественную зрительную трубу прямого изображения с внутренней фокусировкой и увеличением 20^{\times} . Зрительная труба и цилиндрический уровень помещены внутри корпуса 11 верхней части прибора. Наименьшее расстояние визирования не более 1,2 м.

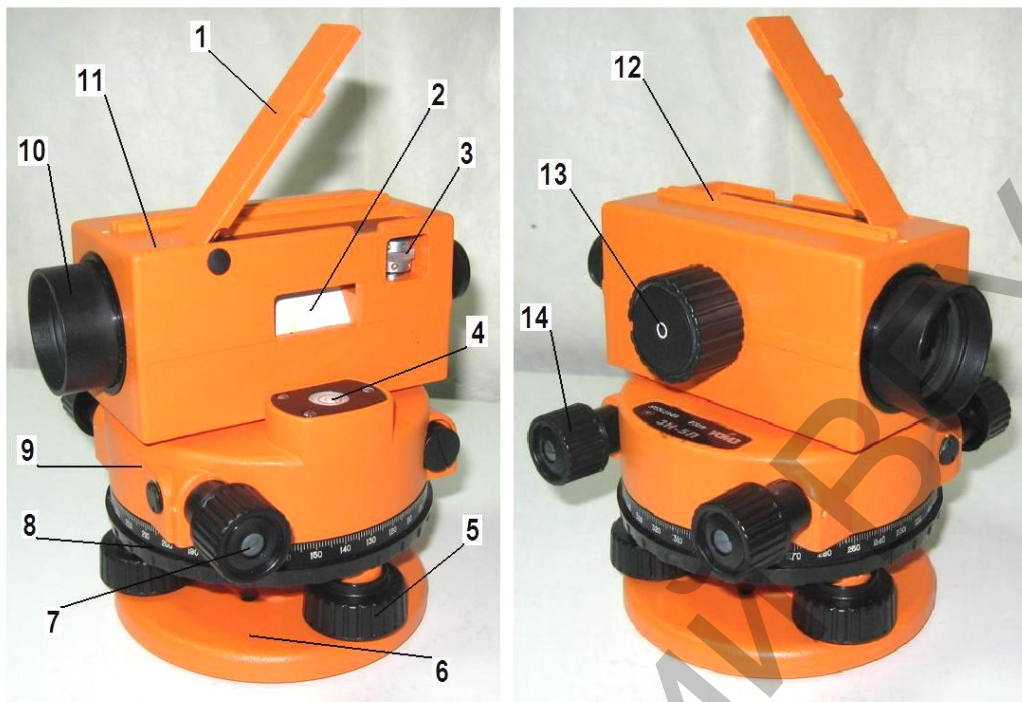


Рис. 43. Нивелир 3Н-5Л:

1 – зеркало; 2 – белый экран; 3 – юстировочная гайка; 4 – круглый уровень; 5 – подъемный винт; 6 – подставка; 7 – наводящий винт; 8 – лимб; 9 – корпус низка; 10 – зрительная труба; 11 – корпус; 12 – продольный прилив (механический визир); 13 – кремальера; 14 – элевационный винт.

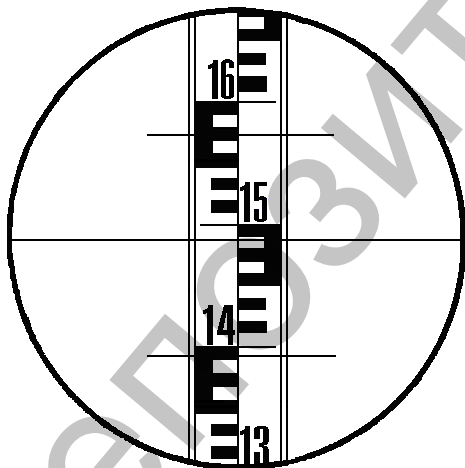


Рис. 44. Поле зрения трубы нивелира 3Н-5Л. Отсчет по нивелирной рейке равен 1488.

Объектив 10 зрительной трубы выведен наружу, на его оправу можно надеть линзовую насадку для визирования на рейку, расположенную ближе 1,2 м. Вращением диоптрийного кольца окуляр устанавливают по глазу до появления четкого изображения сетки нитей. Кремальерой 13 зрительную трубу фокусируют при наведении на рейку (рис. 44). Коэффициент нитяного дальномера – 100.

На верхней плоскости корпуса 11 имеется продольный прилив 12, выполняющий роль механического визира для предварительного наведения нивелира на рейку. Цилиндрический уровень подсвечивается белым экраном 2. Зеркало 1 служит для удобства наблюдения за положением пузырька уровня.

На верхней плоскости корпуса низка находится круглый уровень 4 для установки оси нивелира в отвесное положение.

Между корпусом низка и подставкой 6 в нивелире 3Н-5Л расположен металлический лимб 8, который можно вращать, взявшись за накатанный поясик и установить в требуемое положение. При вращении нивелира лимб остается неподвижным (в нивелире 3Н-5 лимба нет). Допустимая средняя квадратическая погрешность измерения горизонтального угла не более $0,15^\circ$.

Установка нивелира в рабочее положение заключается в установке для наблюдений зрительной трубы и горизонтировании прибора. Так же, как и для зрительных труб теодолита, установка для наблюдения зрительных труб нивелиров заключается в получении четкого изображения сетки нитей и изображения концов цилиндрического уровня, которое проецируется оптической системой в левую часть поля зрения (для нивелира НЗ).

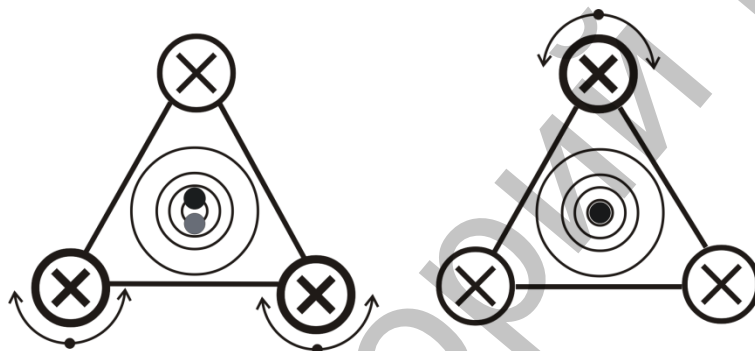


Рис. 45. Установка нивелира в рабочее положение.

Горизонтирование выполняется приведением пузырька установочного уровня в нуль-пункт. Для этого вращают два подъемных винта в противоположные стороны (рис. 45), выводят пузырек уровня по направлению на третий винт подставки. После этого третьим подъемным винтом приводят пузырек на середину уровня.

Нивелирные рейки.

В комплект нивелира входят две нивелирные рейки, представляющие собой бруски, изготавливаемые из выдержанного, пропитанного маслом хвойного дерева, цельные или складные, или жесткие металлические профилированные полосы с нанесенными на них делениями (обычно сантиметровыми или пятимиллиметровыми). Для точного и технического нивелирования используют деревянные рейки РН-3 и РН-10. Шкала нивелирной рейки представляет собой шашечные деления 10×15 мм, нанесенные с интервалом 10 мм на белой поверхности рейки, черные с одной стороны и красные с другой (рис. 46). Буква С в обозначении рейки говорит о том, что рейка складная.

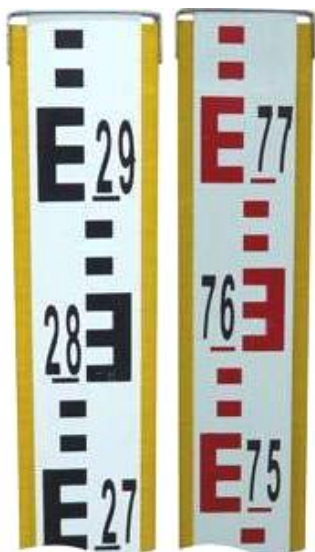


Рис. 46. Нивелирные рейки РН-3.

Для точного нивелирования используют не складные, а цельные (с односторонней или двусторонней шкалами) рейки.

Концы нивелирных реек окантованы металлическими пластинами, чем обеспечивается защита пятки реек от повреждений и сохранность начального отсчета. На черной стороне рейки, используемой для технического или точного нивелирования, нулевой отсчет совпадает с ее пяткой. Наименьшее деление другой шкалы всегда больше наибольшего деления черной шкалы. Например, для реек длиной 3 м наименьший красный отсчет равен 4787 мм (4,787 м). Красные шкалы двух комплектных реек смещены друг относительно друга на 100 мм, например 4787 и 4687. Это позволяет контролировать работу наблюдателя на станции.



Рис. 47. Нивелирные рейки серии ТС.

Новый стандарт качества и надежности среди нивелирных реек задают телескопические нивелирные рейки серии ТС (рис. 47). Секции нивелирной рейки выполнены из цельнолитого с ребрами жесткости алюминиевого профиля. С лицевой стороны нивелирной рейки нанесена шкала типа «Е» красно-черного цвета. Точность нанесения шкалы $\pm 0,1$ мм на метр. На задней стороне нанесена миллиметровая шкала.

Нивелирные рейки серии ТС оборудованы особо прочным механизмом фиксации колен. Срок службы таких реек ограничен только сроком службы лакокрасочного покрытия.

Нивелирная рейка ТС выпускается в трех модификациях: 3, 4 и 5 м, с разным количеством секций. В верхней части первой секции имеется крепление для установки круглого уровня, который входит в комплект рейки.

Поверки нивелира.

В нивелире проверяется выполнение следующих основных условий.

Условие 1. Ось установочного круглого уровня должна быть параллельна вертикальной оси вращения нивелира.

Условие 2. Горизонтальная нить сетки нитей должна быть параллельна плоскости горизонта.

Условие 3. Главное условие нивелира. Визирная ось зрительной трубы должна быть горизонтальной или параллельной оси цилиндрического уровня.

При выполнении поверок *нивелир* должен быть установлен в рабочее положение. Поверки необходимо выполнять в последовательности указанных выше условий: 1, 2, 3.

Поверка 1. (Выполнение условия 1).

1. *Расположить* круглый уровень по направлению на один из подъемных винтов подставки и тщательно вывести его пузырек на середину ампулы.

2. Повернуть корпус нивелира на 180° . Если пузырек уровня не вышел при этом за пределы двойного кольца сетки уровня, то условие считают выполненным. Если отклонение пузырька от середины ампулы больше допустимого, то половину этого отклонения устраняют подъемными винтами подставки (в соответствии с направлением отклонения), а другую половину – юстировочными винтами уровня.

Поверку повторяют на другом винте подставки до тех пор, пока при любом положении корпуса нивелира пузырек уровня будет оставаться в допустимых пределах сетки ампулы.

Поверка 2. (Выполнение условия 2).

1. Навести последовательно крайние левый и правый края центральной горизонтальной нити сетки нитей на рейку с миллиметровыми делениями, установленную на расстоянии 4–5 м от нивелира, и взять по ней отсчеты. Если отсчеты отличаются, то необходимо ослабить закрепительные винты сетки и повернуть ее до необходимого положения, контролируя по отсчетам на рейке.

В качестве визирной цели можно использовать и рейку с сантиметровыми делениями, которую следует установить в 20–25 м от нивелира.

Поскольку предприятие-изготовитель гарантирует перпендикулярность горизонтальной и вертикальной нитей сетки, то поверку 2 можно выполнить с использованием отвеса, на который следует навести вертикальную нить. Условие 2 выполнено при совпадении вертикальной нити сетки нитей зрительной трубы с нитяным отвесом. В противном случае сетку необходимо довер-

нуть на необходимый угол. Для этого следует снять с сетки нитей защитный колпачок, ослабить закрепительные винты сетки и вручную повернуть сетку до соблюдения необходимого условия. После этого винты сетки последовательно в несколько приемов закрутить.

После юстировки сетки поверку следует повторить.

Поверка 3. (Поверка выполнения главного условия нивелира).

Визирная ось зрительной трубы нивелира должна быть параллельна оси цилиндрического уровня (для нивелиров с цилиндрическим уровнем).

Поверка выполняется путем измерения одного и того же превышения дважды – из середины и с неравными расстояниями до реек.

На расстоянии 75–100 м друг от друга закрепляют две точки, на которые устанавливают рейки (рис. 48). В середине, на равных расстояниях от реек устанавливают нивелир и, приводя пузырек цилиндрического уровня в нуль-пункт, берут отсчеты a и b по рейкам и вычисляют превышение:

$$h = a - b.$$

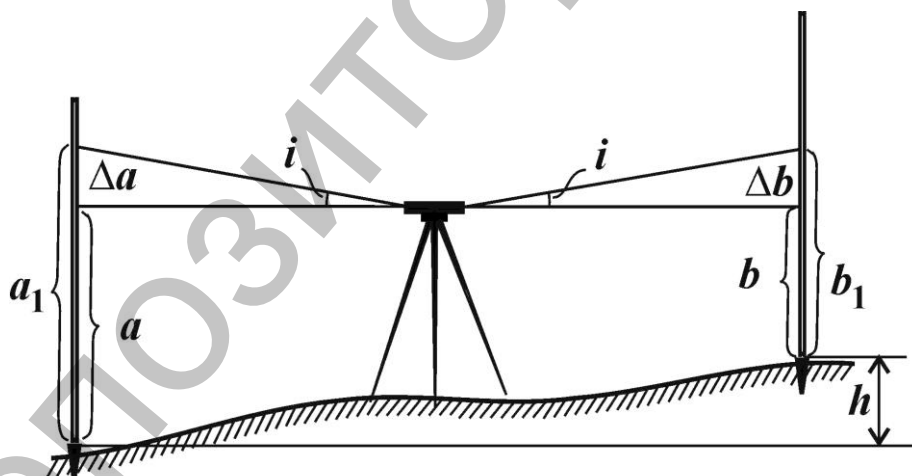


Рис. 48. Поверка цилиндрического уровня.
Измерения из середины.

Если визирная ось трубы не параллельна оси уровня и потому наклонена на угол i , то вместо верных отсчетов a и b будут прочтены отсчеты a_1 и b_1 . Вследствие равенства расстояний до реек ошибки в обоих отсчетах будут одинаковыми, $\Delta a = \Delta b$. Вычисленное при этом превышение будет равно:

$$h = a_1 - b_1 = (a + \Delta a) - (b + \Delta b) = a - b.$$

Следовательно, несмотря на ошибки отсчетов, вызванные непараллельностью оси уровня и визирной оси трубы, превышение, вычисленное по измерениям из середины – верное.

Нивелир переносят и устанавливают на расстоянии 2–3 м от одной из реек (рис. 49). Берут отсчет b_2 по ближней рейке. Из-за небольшого расстояния до рейки погрешность в отсчете b_2 , вызванная наклоном луча визирования, будет мала. Поэтому отсчет b_2 считают безошибочным.

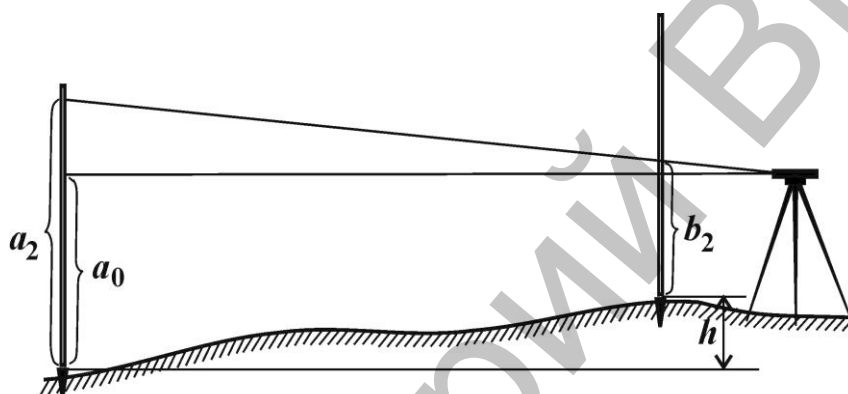


Рис. 49. Проверка цилиндрического уровня.
Измерения с неравными расстояниями до реек.

Вычисляют отсчет, который должен быть на дальней рейке, если луч визирования горизонтален:

$$a_0 = b_2 + h.$$

Наводят нивелир на дальнюю рейку и берут фактический отсчет a_2 . Сравнивают вычисленный и фактический отсчеты.

Если вычисленный a_0 и фактический a_2 отсчеты различаются не более, чем на 5 мм, то считают, что ось цилиндрического уровня параллельна визирной оси. В противном случае положение цилиндрического уровня необходимо исправить.

Для этого элевационным винтом наводят средний штрих сетки нитей на отсчет a_0 по дальней рейке. При этом пузырек цилиндрического уровня уйдет из нуля-пункта. Вертикальными исправительными винтами приводят пузырек цилиндрического уровня в нуль-пункт.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 12

Задание 24. Изучить устройство одного из кипрегелей КБ-1 или КН, освоить отсчеты по кривым горизонтальных проложений и превышений (см. приложение), выполнить основные поверки.

Рекомендации по выполнению задания. Кипрегель – инструмент, при помощи которого на планшете строят направления, параллельные направлениям на местности, ориентируют планшет, определяют расстояния, измеряют углы наклона. Наиболее распространенными являются кипрегели-автоматы КБ-1, КН.

Кипрегель состоит из линейки с цилиндрическим или круглым (в более ранних выпусках инструментов) уровнем, зрительной трубы с вертикальным кругом и колонки. Линейка состоит из двух частей: основной широкой, служащей основанием инструмента и подвижной узкой, которая дает возможность прочерчивать линии и наносить точки на план без перемещения всего кипрегеля (рис. 50, 51).



Рис. 50. Кипрегель КБ-1:

- 1 – шарнир;
- 2 – поперечный масштаб;
- 3 – наводящий винт трубы;
- 4 – головка трубы;
- 5 – окуляр;
- 6 и 7 – зеркала уровней;
- 8 – цилиндрический уровень при трубе;
- 9 – объективная часть трубы;
- 10 – наводящий винт лимба;
- 11 – кронштейн;
- 12 – широкая линейка;
- 13 – круглый уровень;
- 14 – ролик для малых поворотов кипрегеля на планшете;
- 15 – узкая линейка.

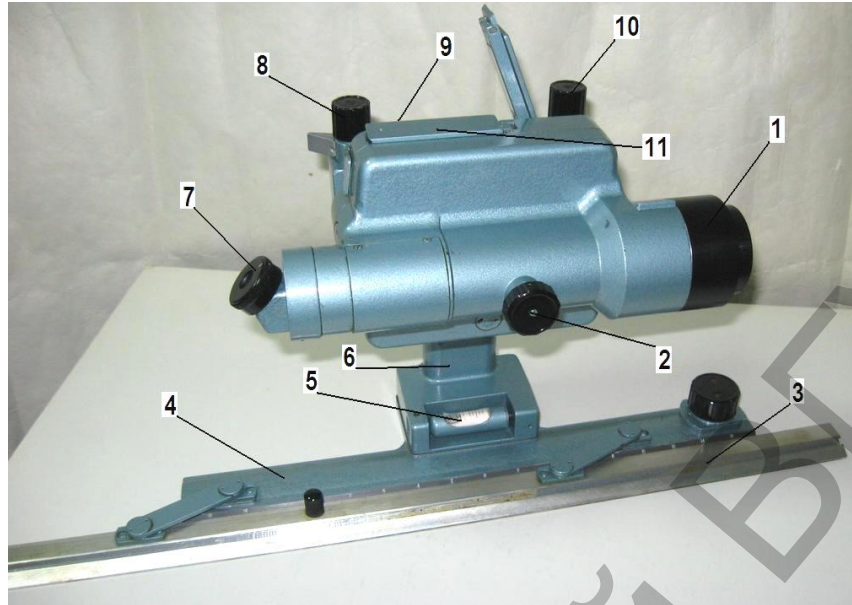


Рис. 51. Кипрегель КН:

1 – зрительная труба; 2 – кремальера; 3 – дополнительная линейка; 4 – широкая линейка; 5 – цилиндрический уровень; 6 – колонка; 7 – ломаный окуляр; 8 – наводящий винт трубы; 9 – уровень вертикального круга; 10 – наводящий винт вертикального круга; 11 – цилиндрический уровень при трубе.

С помощью кипрегелей-автоматов получают превышение и горизонтальное проложение линий при помощи номограмм, нанесенных на стеклянный вертикальный круг. Шкала передается в поле зрения окуляра трубы, где производится отсчет превышений и горизонтальных проложений (рис. 52).

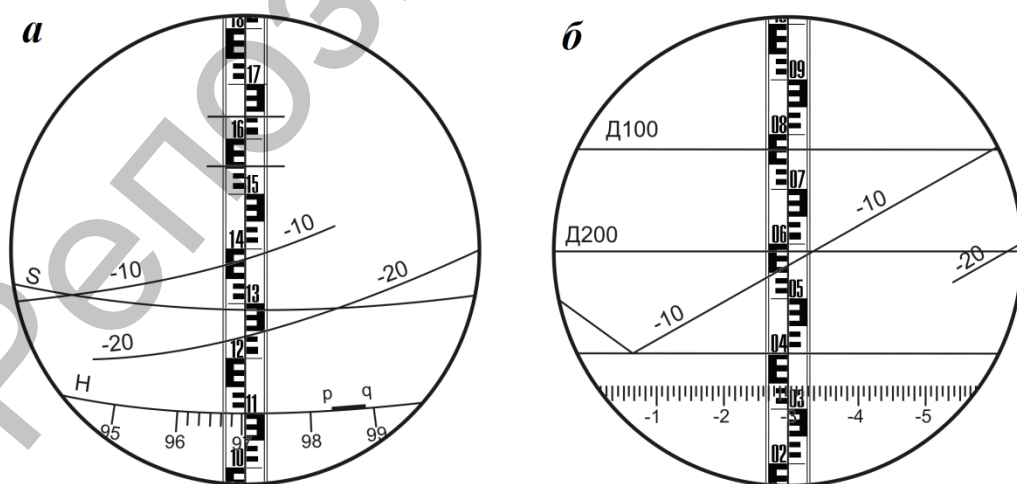


Рис. 52. Поле зрения труб кипрегелей *а* – КБ-1; *б* – КН.

(Отсчеты по номограммам превышений для кипрегелей: КБ-1 – 280 см, КН – 160 см; по номограммам горизонтальных проложений: КБ-1 – 19 м, КН – 37,5 м)

Номограммы, нанесенные на круг, рассчитаны в пределах углов наклона $\pm 44^\circ$ для кипрегеля КБ-1 и $\pm 40^\circ$ для КН. Знак минус перед коэффициентом номограммы указывает на понижение местности, знак плюс – на повышение. В поле зрения трубы при круге лево видны изображения номограмм превышений с коэффициентами 10, 20, 100 и горизонтальных проложений S с коэффициентом дальномера 100 для КБ-1 и Д100, Д200 с коэффициентами дальномера 100 и 200 – для КН. Начальная окружность номограммы, с оцифрованными делениями вертикального круга через 1° , обозначена буквой H . У кипрегеля КБ-1 кроме этого нанесены короткие дальномерные штрихи с коэффициентом дальномера 200.

В процессе измерений кипрегель приводится в положение KL . Затем при положении пузырька цилиндрического уровня вертикального круга на середине начальную окружность H наводят на отметку высоты инструмента на рейке (высота инструмента на рейке фиксируется) и берется отсчет (в см) по этой окружности и по кривой горизонтальных проложений S .

Разность отсчетов кривых горизонтальных проложений, умноженная на коэффициент дальномера, даст длину горизонтального проложения линии. При неизменном положении отсчета по начальной окружности берется отсчет на рейке по кривой превышений. Разность этих отсчетов, умноженная на коэффициент кривой превышений, даст превышение точек (рис. 52).

Основные проверки кипрегеля:

1. *Скошенный край линейки должен быть прямой линией.* Для проверки этого условия на планшете проводят остро отточенным карандашом линию вдоль ребра линейки. Затем, развернув кипрегель на 180° , прикладывают к линии линейку ребром с другой стороны и вновь прочерчивают линию. Если обе линии совместятся, то скошенный край линейки прямолинеен. В противном случае линейка непригодна для работы.

2. *Нижняя поверхность линейки кипрегеля должна быть плоскостью.* Нижнюю поверхность линейки проверяют на выверенной поверхности планшета: линейка всюду должна плотно прилегать к плоскости планшета.

3. *Линии, прочерчиваемые по ребру основной и дополнительной линеек, должны быть параллельны.* Для проверки прочерчивают линии по обеим линейкам при разном разводе между ними и проверяют, постоянно ли расстояние между ними. Отклонение допускается не более чем 0,2 мм.

4. *Ось цилиндрического уровня на линейке кипрегеля КН должна быть параллельна плоскости линейки.* Для проверки кипре-

гель устанавливают на планшете мензулы посередине так, чтобы его линейка была параллельна двум подъемным винтам подставки. Подъемными винтами приводят пузырек уровня в нуль-пункт.

Переставляют кипрегель на 180° . Если пузырек уровня отклонится от середины, то исправительными винтами уровня следует передвинуть его на половину отклонения, а подъемными винтами снова привести на середину. Затем еще раз делают проверку, чтобы убедиться в правильности исправления.

Проверка круглого уровня на линейке кипрегеля КБ-1 проводится аналогично проверке круглого уровня нивелира.

5. *Визирная ось трубы должна быть перпендикулярна оси вращения трубы.* Неперпендикулярность визирной оси трубы к оси вращения трубы вызывает коллимационную ошибку. Для определения ее величины труба наводится на удаленную точку при положении «круг право» и вдоль скошенного края линейки прочерчивается карандашом линия. Затем при «круге лево», приложив скошенный край линейки к началу линии, снова наводят на ту же точку и опять прочерчивают линию. Условие проверки не выполняется, если прочерченные линии не сольются, а образуют угол, равный двойной коллимационной ошибке. Для устранения ошибки проводят биссектрису угла, совмещают с ней линейку кипрегеля и исправительными винтами сетки нитей смещают вертикальную нить так, чтобы она проходила через изображение точки в поле зрения трубы.

6. *Вертикальная нить сетки должна быть перпендикулярна нижней плоскости линейки.* Для проверки следует тщательно привести планшет в горизонтальное положение, перекрестье нитей навести на отчетливую точку и опускать или поднимать трубу так, чтобы эта точка оказалась на краю поля зрения. Если вертикальная нить сетки сместится с наблюдаемой точки, то поворотом оправы сетки нитей необходимо совместить нить с точкой и повторить проверку. Вертикальная нить практически всегда перпендикулярна горизонтальным нитям сетки, поэтому проверку можно делать и по горизонтальной нити, поворачивая кипрегель на планшете вправо или влево и совмещая с наблюдаемой точкой горизонтальную нить. Можно также, поворачивая оправу сетки нитей, совмещать вертикальную нить сетки с отвесной линией подвешенного невдалеке отвеса.

7. *Ось вращения трубы должна быть параллельна нижней плоскости линейки.* Для проверки следует навести перекрестье сетки кипрегеля на близкую (20–30 м) и высоко (5–10 м) расположенную точку (например, на стене здания), опустить трубу и отметить внизу точку, на которую проектируется перекрестье ни-

тей сетки; перевести трубу через зенит и повторить предыдущие действия. При выполнении требуемого условия точки должны совпадать. При расхождении более чем на 4 мм кипрегель непригоден для работы или им можно работать только при одном положении вертикального круга.

8. *Коллимационная плоскость трубы должна совпадать со скошенным краем основной линейки кипрегеля или быть ему параллельной.* Кипрегель наводят на точку, видимую невооруженным глазом. Затем вдоль скошенного края линейки по двум концам ее накалывают две булавки или иголки и, отодвинув кипрегель, смотрят, видна ли точка наведения в створе двух булавок. Неисправность устраняется в мастерской. При невозможности устранения кипрегелем можно работать в поле только при одном положении вертикального круга.

9. *Ось уровня, установленного на трубе, должна быть параллельна визирной оси трубы.* На расстоянии 100–150 м от прибора устанавливают рейку. При двух положениях вертикального круга дважды на рейку наводят визирную ось и по ней берут отсчеты при пузырьке уровня, находящегося посередине. Из них находят среднее значение отсчета, на котором устанавливают перекрестие сетки нитей, и исправительными винтами уровня пузырек выводят на середину. При этом положении пузырька уровня и трубы отсчет по вертикальному кругу, т.е. место нуля (M_0), должен быть равен 0° , а отсчет по кривой превышений равен нулю.

10. *Номограммы в поле зрения трубы прибора должны быть установлены правильно.* При горизонтальном положении визирной оси трубы и оси уровня вертикального круга кипрегеля кривые превышений ± 10 , начальная кривая H и вертикальная линия сетки нитей должны пересекаться в одной точке. При нарушении этого условия неисправность устраняется в мастерской.

11. *Место нуля вертикального круга должно быть постоянным и близким к 0° .* Проверка делается так же, как у теодолита. При двух положениях вертикального круга дважды наводят трубу на одну и ту же точку и, предварительно установив пузырек уровня при вертикальном круге на середину установочным винтом, берут отсчет по вертикальному кругу. При $M_0 = 0$ отсчеты $KЛ = КП = 0$. Если отсчеты не равны, то M_0 вычисляют по формуле: $M_0 = (KЛ - КП) / 2$. Для надежности получения результата определяем M_0 два–три раза на разные точки. Если среднее M_0 будет более чем 0,5 минуты, его следует исправить. Для исправления M_0 вычисленное среднее значение устанавливают винтом уровня вертикального круга. Пузырек уровня уйдет из нуля. Его возвращают в нуль-пункт исправительным винтом.

Тема: СЪЕМКИ МЕСТНОСТИ

Съемка местности – это совокупность полевых и камеральных работ, выполняемых на местности для составления топографических карт и планов. Различают съемки для составления топографических карт и планов крупных масштабов (1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000) и мелких (1:10000, 1:25000 и мельче). Съемке и отображению на топографических планах подлежат все элементы ситуации местности: населенные пункты, сады, леса, озера, реки, дороги и т.д., а также рельеф местности. Ситуацию местности отображают на топографических планах условными знаками, а рельеф – горизонталями в сочетании с подписью отметок характерных точек.

В каждой съемке часть всех работ выполняется непосредственно на снимаемом участке (полевые работы). Другая часть выполняется вне связи со снимаемым участком (камеральные работы).

Основными действиями при съемках являются геодезические измерения:

- линейные, в результате которых определяют расстояния между точками местности;
- угловые, позволяющие определять горизонтальные и вертикальные углы между направлениями на заданные точки;
- высотные, или нивелирование, в результате которых определяют превышения между точками местности.

Съемочные работы, проводящиеся с целью изображения на бумаге лишь контуров различных географических объектов, без показа рельефа, называются плановыми; съемки, осуществляемые с целью изображения рельефа или переноса на план абсолютных высот точек местности, называются высотными. Если же в процессе работы на план или карту наносят объекты и изображают рельеф местности горизонталями, в сочетании с абсолютными высотами, то такие съемки будут планово-высотными.

Плановые наземные съемки по способам измерения горизонтальных углов делятся на две группы: угломерные и углоначертательные.

В угломерных съемках углы измеряются непосредственно на местности. Результатом полевых работ является числовая характеристика угла (градусы, минуты и секунды), по которой в камеральных условиях можно его построить.

В углоначертательных съемках наоборот, при полевых работах строится изображение угла на бумаге без его измерения. Числовая же характеристика угла может быть получена путем его измерения на плане или карте.

В зависимости от применяемых инструментов различают следующие виды съемок: теодолитную, нивелирную, мензульную, тахеометрическую.

Теодолитная съемка состоит из полевых угловых и линейных измерений, по которым в камеральных условиях определяют положение объектов местности относительно вершин и сторон теодолитного хода, т.е. создают контурный план местности, на котором изображают объекты местности (ситуацию) без рельефа.

Топографическую съемку небольших участков равнинной местности с небольшим количеством контуров выполняют нивелированием поверхности по квадратам, параллельным линиям, прямоугольникам, характерным линиям рельефа, линейным объектам и т.п. Отметки пикетов во всех способах определяют геометрическим нивелированием, различие состоит в методе определения планового положения точек.

Мензульная съемка – способ создания топографических карт и планов в полевых условиях при помощи мензулы, состоящей из штатива, подставки и планшета, путем определения положения и высоты точки полярным методом. Измерения выполняют кипрегелем.

Тахеометрическая съемка – метод создания топографических планов местности по результатам угловых и линейных измерений на местности относительно вершин и сторон тахеометрического хода. При тахеометрической съемке плановое и высотное положение точек в основном определяют методом пространственных полярных координат, т.е. путем измерения горизонтальных углов с вершиной в точке тахеометрического хода относительно опорной линии (стороны тахеометрического хода), вертикальных углов относительно горизонтальной плоскости, проходящей через вершину угла, и расстояния до снимаемой точки.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 13

Задание 25. Выполнить уравнивание и построить план полигона угломерной съемки в масштабе 1:5000. Увязку произвести методом параллельных линий (табл. 19).

Рекомендации по выполнению задания. При угломерной съемке направления линий на местности определяются магнитными азимутами. Длины линий, как правило, измеряют мерной лентой.

Таблица 19

Вариант	Сторона полигона	Длина стороны (м)	Азимут стороны (°)	Вариант	Сторона полигона	Длина стороны (м)	Азимут стороны (°)
1	1-2	526	265	11	1-2	552	18
	2-3	490	32		2-3	514	257
	3-4	486	92		3-4	175	164
	4-1	533	219		4-1	270	142
2	1-2	530	51	12	1-2	507	65
	2-3	443	165		2-3	411	112
	3-4	534	250		3-4	319	194
	4-1	447	8		4-1	715	285
3	1-2	345	70	13	1-2	443	107
	2-3	282	135		2-3	287	168
	3-4	308	151		3-4	413	244
	4-5	472	245		4-5	376	313
	5-1	533	330		5-1	334	15
4	1-2	334	21	14	1-2	413	49
	2-3	370	84		2-3	269	118
	3-4	422	145		3-4	383	165
	4-5	531	236		4-5	359	238
	5-1	319	300		5-1	640	331
5	1-2	343	78	15	1-2	547	70
	2-3	278	35		2-3	388	169
	3-4	436	144		3-4	436	254
	4-5	470	251		4-5	200	275
	5-1	355	294		5-1	239	350
6	1-2	372	98	16	1-2	410	44
	2-3	415	41		2-3	274	333
	3-4	274	331		3-4	447	267
	4-5	450	267		4-5	302	204
	5-1	388	197		5-1	518	127
7	1-2	553	100	17	1-2	302	20
	2-3	724	242		2-3	451	79
	3-4	175	304		3-4	272	102
	4-5	238	348		4-5	410	220
	5-1	233	55		5-1	473	262
8	1-2	415	41	18	1-2	247	350
	2-3	272	333		2-3	241	40
	3-4	453	267		3-4	543	277
	4-5	406	213		4-5	404	195
	5-1	436	114		5-1	589	94
9	1-2	399	230	19	1-2	535	110
	2-3	377	305		2-3	397	214
	3-4	286	18		3-4	350	277
	4-1	622	115		4-5	254	302
10	1-2	536	124	20	1-2	584	116
	2-3	587	258		2-3	453	51
	3-4	395	310		3-4	420	310
	4-5	271	27		4-1	575	252
	5-1	198	95				

Для построения плана полигона используют данные журнала инструментальной съемки. На листе бумаги проводят вертикальную прямую линию, которая принимается за направление магнитного меридиана, относительно которого откладываются все азимуты линий съемочного хода. Затем на бумаге намечают положение первой точки с таким расчетом, чтобы весь ход расположился посередине листа (рекомендуется предварительно набросать схему хода на черновике).

Для получения второй точки с помощью транспортира откладывают азимут первой линии хода, а с помощью поперечного масштаба – ее длину. Через полученную точку проводят линию, параллельную меридиану, и относительно нее откладывают азимут второй линии съемочного хода. Аналогично поступают со всеми точками хода.

В замкнутом полигоне в результате построения плана обычно получают линейную невязку (несовпадение на плане конечной точки хода с первой). Допустимая невязка определяется отношением длины невязки к периметру хода. Обычно допускается невязка не более $1/200$ от длины хода.

При допустимой величине невязки ее устраняют смещением наложенных точек хода. Для этого через точки 2', 3', 4', 5' и 6' проводят линии, параллельные невязке в сторону ее направления (рис. 53) и рассчитывают длины отрезков 2'-2, 3'-3, 4'-4, 5'-5, 6'-6, на величину которых необходимо сместить точки основного хода, по формуле:

$$u_n = f_l \frac{l_n}{L},$$

где u_n – поправка за линейную невязку; f_l – линейная невязка; l_n – длина части хода от начальной точки до данной (в мм на плане); L – длина всего хода (в мм на плане).

Например:

$$u_2 = f_l \frac{l_{1-2}}{L}; \quad u_3 = f_l \frac{l_{1-2'} + l_{2'-3'}}{L}$$

и т.д. Вычисленные поправки откладывают от точек 2', 3', 4', 5' и 6'. В результате получают точки 2, 3, 4, 5, и 6, соединив которые с точкой 1, получают замкнутый полигон.

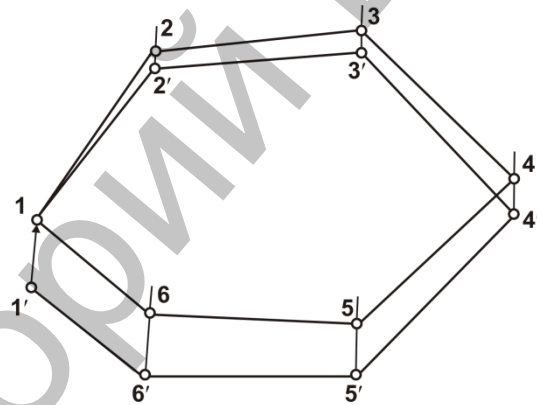


Рис. 53. Уравнивание полигона способом параллельных линий.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 14

Задание 26. Выполнить обработку материалов полевых измерений теодолитной съемки и построить план полигона по координатам.

Рекомендации по выполнению задания. Обработка материалов полевых измерений заключается в проверке полевых журналов и абрисов, составлении схемы с выпиской средних значений углов и длин линий, обработке результатов угловых и линейных измерений с вычислением координат точек теодолитных ходов.

Исходные данные для вычислений – условные координаты точки 1 ($x = 1700$ м, $y = 950$ м) и дирекционный угол стороны 1–2 ($37^\circ 15'$). Съемка проводилась теодолитом 2Т30П. Вычисления выполняют в специальной ведомости (табл. 20) в следующем порядке.

1. Проставляют со схемы номера пунктов по направлению часовой стрелки (графа 1).

2. Выписывают из полевого журнала средние значения измеренных горизонтальных углов (графа 2).

3. Записывают значение дирекционного угла стороны 1–2 (графа 4) и горизонтальные проложения сторон теодолитного хода (графа 6), вычисляемые по формуле:

$$d = D - \Delta l,$$

где D – длина стороны теодолитного хода, Δl – поправка за наклон линии к горизонту. Поправку за наклон к горизонту Δl учитывают при углах наклона $\nu > 2^\circ$ и вычисляют по формуле:

$$\Delta l = 2D \sin^2 \frac{\nu}{2}.$$

4. Подсчитывают сумму измеренных углов $\sum \beta_{\text{п}}$ и сравнивают ее с теоретической, которая для замкнутого полигона, содержащего n углов, будет $\sum \beta_{\text{т}} = 180^\circ (n-2)$.

Разность полученного значения сумм углов составит угловую невязку хода $f_{\beta} = \sum \beta_{\text{п}} - \sum \beta_{\text{т}}$.

5. Сравнивают полученную величину f_{β} с допустимой $f_{\beta \text{ доп}}$ угловой невязкой, вычисляемой по формуле:

$$f_{\beta \text{ доп}} = 1' \sqrt{n}.$$

Таблица 20

Ведомость вычисления координат

№ вершин	Углы		Дирекционные углы α	Румбы r	Горизонтальное проложение d	Приращения координат				Координаты	
	измеренные	исправленные				вычисленные		исправленные		$\pm x$	$\pm y$
						$\pm \Delta x$	$\pm \Delta y$	$\pm \Delta x$	$\pm \Delta y$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	119°46'	119°46'	37°15'	СВ:37°15'	745,29	+0,10 +593,25	-0,33 +451,13	+593,35	+450,80	1700,00	950,00
2	81°20'	81°20'	135°55'	ЮВ:44°05'	501,87	+0,08 -360,49	-0,22 +349,15	-360,41	+348,93	2293,35	1400,80
3	177°11'	177°11'	138°44'	ЮВ:41°16'	458,86	+0,07 -344,88	-0,20 +302,66	-344,81	+302,46	1932,94	1749,73
4	129°41'	129°40'	189°04'	ЮЗ:9°04'	679,83	+0,10 -671,33	-0,30 -107,14	-671,23	-107,44	1588,13	2052,19
5	87°56',5	87°56'	281°08'	СЗ:78°52'	736,16	+0,10 +142,15	-0,33 -722,32	+142,25	-722,65	916,90	1944,75
6	124°07'	124°07'	337°01'	СЗ:22°59'	696,01	+0,10 +640,75	-0,31 -271,79	+640,85	-272,10	1059,15	1222,10
1										1700,00	950,00
$\Sigma \beta_{\text{визм.}}$ 720°01',5						$P = 3818,02$					
$\Sigma \beta_{\text{теор.}}$ 720°00'						$f_x = -0,55$ $f_y = +1,69$ $f_s = \pm \sqrt{0,55^2 + 1,69^2} = 1,78 \text{ м}$					

Угловая невязка $f_\beta = +1',5$

Угловая невязка допустимая

$$f_{\beta \text{ доп.}} = \pm 1' \sqrt{6} = 2',4$$

$$\frac{f_s}{P} = \frac{1,78}{3818} \approx \frac{1}{2100} < \frac{1}{2000}$$

Результаты вычислений, указанных в пунктах 4 и 5, записывают под итоговой чертой (см. табл.).

6. Полученную невязку, если она допустима, распределяют с обратным знаком поровну во все углы. Если невязка не кратна числу углов, то большую поправку получают углы, составленные более короткими сторонами. Невязка распределяется в углы по 0,5' или 1,0'. Исправленные углы записывают в графу 3.

7. Контролируют правильность увязки углов, для чего подсчитывают сумму исправленных углов (см. табл. графу 3), которая должна равняться теоретической.

8. По исходному дирекционному углу (азимуту) и увязанным углам полигона вычисляют дирекционные углы (азимуты) остальных сторон по формуле:

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

где α_n – дирекционный угол последующей стороны; β_n – увязанный правый по ходу угол между этими сторонами.

Для рассматриваемого примера по дирекционному углу (азимуту) стороны 1–2, равного 117°45', и по исправленным углам вычисляют дирекционные углы (азимуты) других сторон полигона.

α_{1-2}	37°15'		369°04'
	+ 180°	β_5	– 87°56'
	217°15'	α_{5-6}	281°08'
β_2	– 81°20'		+ 180°
α_{2-3}	135°55'		461°08'
	+ 180°	β_6	– 124°07'
	315°55'	α_{6-1}	337°01'
β_3	– 177°11'		+ 180°
α_{3-4}	138°44'		517°01'
	+ 180°	β_1	– 119°46'
	318°44'		397°15'
β_4	– 129°40'		– 360°
α_{4-5}	189°04'	α_{1-2}	37°15' (контроль)
	+ 180°		

Если один из дирекционных углов получится больше 360°, то его нужно уменьшить на 360°, а если сумма $\alpha_{n-1} + 180^\circ$ будет меньше вычитаемого угла β_n , то ее нужно увеличить на 360°, после чего вычесть угол β_n .

В замкнутом ходе контролем вычисления дирекционных углов является получение дирекционного угла исходной стороны.

9. Переводят дирекционные углы в румбы. Значения и названия вычисленных румбов записывают в графу 5 табл. 20.

10. Вычисляют приращения прямоугольных координат по формулам:

$$\Delta x = \pm d \cos r; \Delta y = \pm d \sin r.$$

Знаки приращений определяют в зависимости от названия румбов. Если в названии румба первая буква «С», тогда знак ΔX будет + (плюс), если в названии румбов вторая буква «В», то ΔY будет иметь знак + (плюс). В остальных случаях для ΔX и ΔY будет знак – (минус).

Вычисленные приращения записывают в графы 7 и 8 табл. 20.

11. Находят невязки f_x и f_y в приращениях координат соответственно по осям X и Y :

$$\sum \Delta x = \pm f_x \quad \sum \Delta y = \pm f_y.$$

Для этого отдельно по графам 7 и 8 (табл. 20) складывают положительные значения приращений, а затем отрицательные значения, вычитают алгебраическую сумму и результаты записывают под итоговой чертой.

12. Определяют абсолютную невязку f_s в периметре полигона:

$$f_s = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}.$$

13. Вычисляют относительную невязку в периметре как частное от деления f_s на периметр P полигона. Относительная невязка не должна превышать 1/2000 доли периметра.

Для рассматриваемого примера относительная невязка будет $f_{отн} = f_s/P = 1/(P:f_s) = 1 (3818,02:1,78) \approx 1/2100 < 1/2000$.

14. Если относительная невязка допустима, то в приращения координат вводят поправки, пропорционально длинам сторон полигона, вычисляемые по формулам:

$$v_{x_i} = \frac{f_x}{P} \cdot d_i \quad v_{y_i} = \frac{f_y}{P} \cdot d_i,$$

где v_{x_i} и v_{y_i} – поправки в приращения координат соответственно по осям X и Y .

Например, поправки в приращения координат стороны 1–2 основного полигона будут следующие:

$$v_{x_{1-2}} = \frac{f_x}{P} = \frac{-0,55}{3818,02\text{м}} \cdot 745,29\text{м} = -0,10\text{ м.}$$

$$v_{y_{1-2}} = \frac{f_y}{P} = \frac{1,69}{3818,02\text{м}} \cdot 745,29\text{ м} = 0,33\text{ м.}$$

Полученные поправки округляют до сотых долей метра и записывают с обратным знаком сверху над соответствующими значениями приращений (см. графы 7 и 8 табл. 20). В графы 9 и 10 записывают вычисленные с учетом поправок приращения.

Алгебраическая сумма исправленных (увязанных) приращений координат по каждой оси должна быть равна нулю.

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

15. По исправленным приращениям вычисляют координаты вершин основного полигона по формулам:

$$x_{n+1} = x_n + \Delta x_{испр} \quad y_{n+1} = y_n + \Delta y_{испр},$$

где x_{n+1} , y_{n+1} – координаты последующей точки соответственно по осям x и y ; $\Delta x_{испр}$, $\Delta y_{испр}$ – исправленные приращения, взятые со своими знаками.

Вычисленные координаты записывают в графы 11 и 12 (табл. 20). Контролем правильности вычисления координат является получение координат исходной точки.

Составление плана

План составляют на листе чертежной бумаги, размер которой определяют по значениям координат вершин теодолитных ходов и заданному масштабу плана.

Построение координатной сетки. Рассмотрим построение координатной сетки со стороной квадрата 5 см применительно к координатам вершин полигона (см. табл. 20). Небольшое число квадратов сетки может быть построено при помощи циркуля-измерителя и масштабной линейки. Эту работу выполняют и такой последовательности.

На листе чертежной бумаги размером А4 вычерчивают координатную сетку (рис. 54). С этой целью строят прямоугольник, для чего через весь лист бумаги проводят две диагонали и от точки пересечения их (О) откладывают измерителем по направлению к каждой вершине листа одинаковые отрезки, например по 15 см. Полученные наколы на диагоналях соединяют по линейке тонкими линиями.

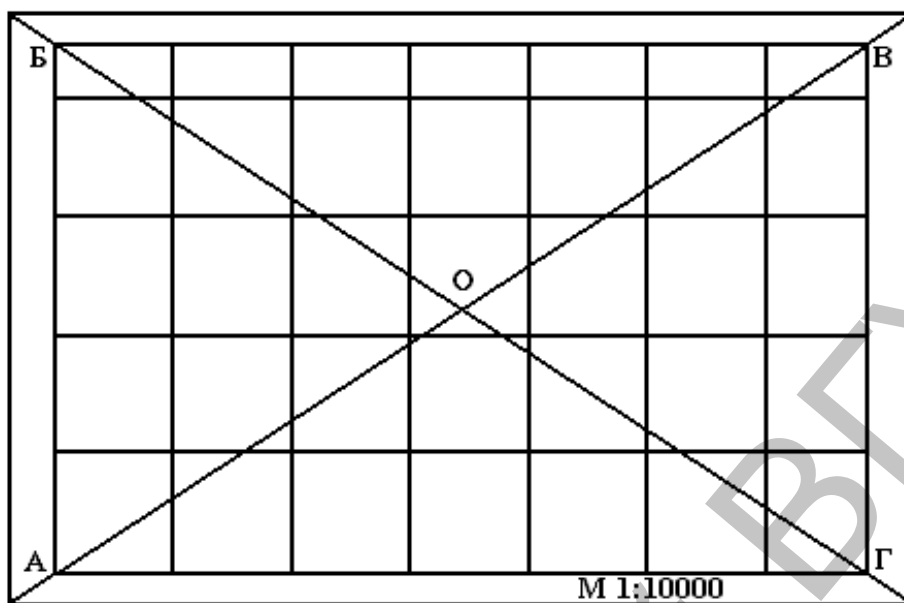


Рис. 54. Построение координатной сетки.

Прямоугольник АБВГ будет служить базой для построения сетки. Затем с масштабной линейки берут измерителем отрезок в 5 см и последовательно откладывают его на сторонах прямоугольника по линиям АБ, АГ, БВ и ГВ. Полученные точки на противоположных сторонах попарно соединяют прямыми линиями. Пересечения этих линий и образуют сетку квадратов, или координатную сетку.

Оставшиеся на противоположных сторонах прямоугольника отрезки должны быть равны между собой попарно – что служит контролем построения сетки. Затем измерителем проверяют равенство диагоналей полученных квадратов, причем расхождение должны быть не более 0,2 мм.

Если качество построения окажется неудовлетворительным, то никакие исправления на построенной сетке не делаются, а она заново перестраивается на другом листе бумаги.

Для оцифровки линий координатной сетки следует воспользоваться данными, приведенными в ведомости координат (табл. 20).

Рассмотрим пример оцифровки сетки координат (рис. 55).

По значениям координат x и y выбрать их максимальные и минимальные значения:

$$x_{\text{макс}} = 2293,35 \text{ м (точка 2)} \quad x_{\text{мин}} = 916,90 \text{ м (точка 5)},$$

$$y_{\text{макс}} = 2052,19 \text{ м (точка 4)} \quad y_{\text{мин}} = 950,00 \text{ м (точка 1)}.$$

По минимальным значениям x и y назначается оцифровка южной (нижней) и западной (левой) линий. На север и на восток с интервалом 500 м оцифровываются остальные линии сетки. По крайним оцифрованным линиям и значениям максимальных ко-

ординат x и y необходимо убедиться в том, что теодолитный ход полностью находится в пределах вычерченной сетки квадратов.

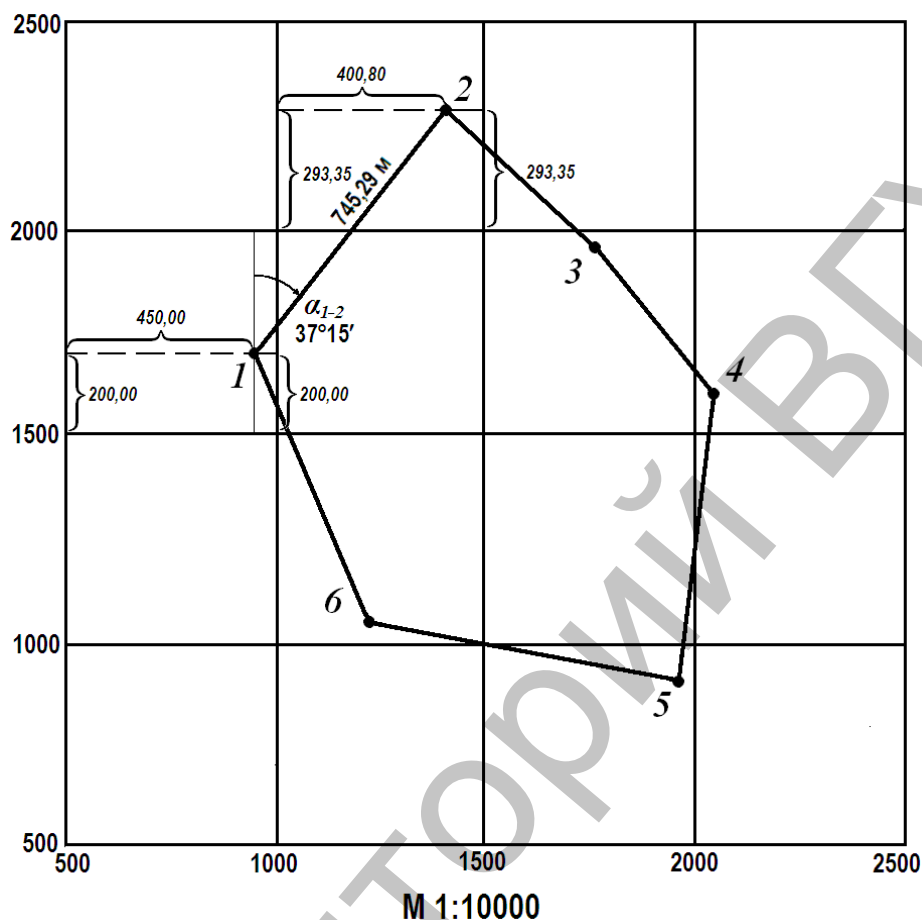


Рис. 55. Построение плана полигона теодолитной съемки по координатам.

Подписи линий сетки координат делают против выходов на южной стороне для ординат и на западной – для абсцисс.

Для нанесения точек теодолитного хода можно воспользоваться поперечным масштабом, выгравированным на геодезическом транспорте, либо специальной масштабной линейке. Величины отрезков следует брать в раствор циркуля-измерителя.

Предположим, что нам необходимо нанести на план точку I с координатами $x_1 = 1700,00$ м, $y_1 = 950,00$ м (табл. 20). Точка I находится выше координатной линии 1500 на 200,0 м и правее координатной линии 500 на 450,00 м. По боковым сторонам квадрата 1500–500 необходимо отложить два раза отрезки 200,00 м и сделать уколы иглой измерителя.

Диаметр наколотой точки должен быть не более 0,1 мм. Затем по ребру линейки, установленному по уколам, слева направо отложить отрезок 450,00 м. В месте положения точки I сделать

укол, кружком диаметром 2 мм карандашом отметить место укола и подписать номер точки.

После нанесения каждой последующей точки теодолитного хода следует проверить качество работ. *Оценочный контроль* нанесения точки выполняют по значению дирекционного угла (в данном случае $\alpha_{1-2} = 37^{\circ}15'$, что соответствует направлению линии 1–2 на плане). *Точный контроль* осуществляется по величине известного (табл. 20) горизонтального проложения ($d_{1-2} = 745,29$ м). Измеренное на плане горизонтальное проложение между соседними точками теодолитного хода не должно отличаться от вычисленного его значения более чем на 0,2 мм в масштабе плана.

Все последующие точки теодолитного хода можно наносить только после контроля нанесения предыдущих точек и исправления возможных графических погрешностей.

Варианты к заданию 26

Вариант 1						
№ точек	Горизонтальные углы β	Расстояния $D, \text{ м}$	Углы наклона ν	Дирекционный угол α	Координаты	
					х, м	у, м
1	83° 39'	75,07	+4° 12'	123° 15'	2963,04	4241,93
2	91° 25'	83,18	+1° 25'			
3	99° 15'	67,81	-5° 47'			
4	85° 40'	96,33	-0° 27'			
1						
Вариант 2						
№ точек	Горизонтальные углы β	Расстояния $D, \text{ м}$	Углы наклона ν	Дирекционный угол α	Координаты	
					х, м	у, м
1	80° 05'	72,36	+4° 33'	47° 35'	3505,26	4930,82
2	92° 15'	84,43	+0° 58'			
3	100° 42'	60,15	-5° 41'			
4	86° 57'	99,27	-0° 40'			
1						

Вариант 3						
№ точек	Горизонтальные углы β	Расстояния $D, \text{ м}$	Углы наклона ν	Дирекционный угол α	Координаты	
					$x, \text{ м}$	$y, \text{ м}$
1	82° 41'	71,78 84,69 63,47 97,82	+4° 25' +1° 01' -5° 29' -0° 33'	244° 30'	2704,64	5729,71
2	91° 56'					
3	99° 23'					
4	85° 59'					
1						

Вариант 4						
№ точек	Горизонтальные углы β	Расстояния $D, \text{ м}$	Углы наклона ν	Дирекционный угол α	Координаты	
					$x, \text{ м}$	$y, \text{ м}$
1	81° 49'	77,18 85,12 64,53 98,97	+4° 33' +1° 12' -5° 42' -0° 54'	56° 20'	4864,36	2518,69
2	90° 02'					
3	101° 25'					
4	86° 43'					
1						

Вариант 5						
№ точек	Горизонтальные углы β	Расстояния $D, \text{ м}$	Углы наклона ν	Дирекционный угол α	Координаты	
					$x, \text{ м}$	$y, \text{ м}$
1	83° 01'	73,23 83,37 65,53 97,05	+4° 03' +0° 56' -6° 24' +0° 24'	118° 33'	5282,07	3407,58
2	91° 44'					
3	99° 48'					
4	85° 26'					
1						

Вариант 6						
№ точек	Горизонтальные углы β	Расстояния $D, \text{ м}$	Углы наклона ν	Дирекционный угол α	Координаты	
					$x, \text{ м}$	$y, \text{ м}$
1	81° 24'	73,4	+4° 39'	210° 44'	3811,26	4396,47
2	93° 13'	79,74	+1° 18'			
3	100° 46'	65,56	-5° 20'			
4	84° 36'	96,43	-0° 57'			
1						

Вариант 7						
№ точек	Горизонтальные углы β	Расстояния $D, \text{ м}$	Углы наклона ν	Дирекционный угол α	Координаты	
					$x, \text{ м}$	$y, \text{ м}$
1	82° 16'	75,53	+4° 29'	193° 28'	2561,33	6985,36
2	92° 01'	83,87	+2° 15'			
3	98° 54'	67,01	-7° 49'			
4	86° 48'	97,15	-0° 05'			
1						

Вариант 8						
№ точек	Горизонтальные углы β	Расстояния $D, \text{ м}$	Углы наклона ν	Дирекционный угол α	Координаты	
					$x, \text{ м}$	$y, \text{ м}$
1	83° 02'	76,94	+4° 36'	24° 46'	4721,19	5774,25
2	91° 28'	83,21	+1° 05'			
3	100° 20'	68,65	-5° 29'			
4	85° 09'	97,86	-0° 40'			
1						

Вариант 9						
№ точек	Горизонтальные углы β	Расстояния D, м	Углы наклона ν	Дирекционный угол α	Координаты	
					x, м	y, м
1	84° 03'	76,15	+4° 21'	290° 35'	5148,18	3563,14
2	90° 13'	84,06	+1° 10'			
3	101° 33'	67,79	-5° 44'			
4	84° 10'	98,39	-0° 24'			
1						

Вариант 10						
№ точек	Горизонтальные углы β	Расстояния D, м	Углы наклона ν	Дирекционный угол α	Координаты	
					x, м	y, м
1	83° 56'	73,73	+4° 41'	315° 28'	3264,51	4352,03
2	92° 43'	84,55	+1° 09'			
3	98° 52'	68,77	-5° 39'			
4	84° 28'	98,76	-0° 32'			
1						

Вариант 11						
№ точек	Горизонтальные углы β	Расстояния D, м	Углы наклона ν	Дирекционный угол α	Координаты	
					x, м	y, м
1	87° 19'	69,45	+4° 25'	154° 27'	1616,94	5947,21
2	95° 48'	82,51	+1° 19'			
3	101° 56'	76,51	-5° 33'			
4	74° 56'	105,43	+0° 06'			
1						

Вариант 12						
№ точек	Горизонтальные углы β	Расстояния $D, м$	Углы наклона ν	Дирекционный угол α	Координаты	
					$x, м$	$y, м$
1	83° 01'	73,23	+4° 03'	213° 15'	4505,83	5836,14
2	91° 44'	83,37	+0° 56'			
3	99° 48'	65,53	-6° 24'			
4	85° 26'	97,05	+0° 24'			
1						

Вариант 13						
№ точек	Горизонтальные углы β	Расстояния $D, м$	Углы наклона ν	Дирекционный угол α	Координаты	
					$x, м$	$y, м$
1	81° 24'	73,4	+4° 39'	17° 28'	3383,61	1614,93
2	93° 13'	79,74	+1° 18'			
3	100° 46'	65,56	-5° 20'			
4	84° 36'	96,43	-0° 57'			
1						

Вариант 14						
№ точек	Горизонтальные углы β	Расстояния $D, м$	Углы наклона ν	Дирекционный угол α	Координаты	
					$x, м$	$y, м$
1	80° 05'	72,36	+4° 33'	122° 56'	3050,38	7381,64
2	92° 15'	84,43	+0° 58'			
3	100° 42'	60,15	-5° 41'			
4	86° 57'	99,27	-0° 40'			
1						

Вариант 15						
№ точек	Горизонтальные углы β	Расстояния D, м	Углы наклона ν	Дирекционный угол α	Координаты	
					x, м	y, м
1	84° 03'	76,15	+4° 21'	290° 35'	3949,27	6270,53
2	90° 13'	84,06	+1° 10'			
3	101° 33'	67,79	-5° 44'			
4	84° 10'	98,39	-0° 24'			
1						

Вариант 16						
№ точек	Горизонтальные углы β	Расстояния D, м	Углы наклона ν	Дирекционный угол α	Координаты	
					x, м	y, м
1	82° 41'	71,78	+4° 25'	144° 10'	1729,9	3497,27
2	91° 56'	84,69	+1° 01'			
3	99° 23'	63,47	-5° 29'			
4	85° 59'	97,82	-0° 33'			
1						

Вариант 17						
№ точек	Горизонтальные углы β	Расстояния D, м	Углы наклона ν	Дирекционный угол α	Координаты	
					x, м	y, м
1	83° 02'	76,94	+4° 36'	141° 16'	5830,50	3508,38
2	91° 28'	83,21	+1° 05'			
3	100° 20'	68,65	-5° 29'			
4	85° 09'	97,86	-0° 40'			
1						

Вариант 18						
№ точек	Горизонтальные углы β	Расстояния $D, \text{ м}$	Углы наклона ν	Дирекционный угол α	Координаты	
					$x, \text{ м}$	$y, \text{ м}$
1	81° 49'	77,18	+4° 33'	266° 45'	3507,27	6275,05
2	90° 02'	85,12	+1° 12'			
3	101° 25'	64,53	-5° 42'			
4	86° 43'	98,97	-0° 54'			
1						

Вариант 19						
№ точек	Горизонтальные углы β	Расстояния $D, \text{ м}$	Углы наклона ν	Дирекционный угол α	Координаты	
					$x, \text{ м}$	$y, \text{ м}$
1	83° 56'	73,73	+4° 41'	115° 06'	4385,05	2053,83
2	92° 43'	84,55	+1° 09'			
3	98° 52'	68,77	-5° 39'			
4	84° 28'	98,76	-0° 32'			
1						

Вариант 20						
№ точек	Горизонтальные углы β	Расстояния $D, \text{ м}$	Углы наклона ν	Дирекционный угол α	Координаты	
					$x, \text{ м}$	$y, \text{ м}$
1	82° 16'	75,53	+4° 29'	77° 48'	4941,61	2619,49
2	92° 01'	83,87	+2° 15'			
3	98° 54'	67,01	-7° 49'			
4	86° 48'	97,15	-0° 05'			
1						

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 15

Задание 27. Произвести обработку результатов геометрического нивелирования и построить профиль трассы.

Рекомендации по выполнению задания. Для определения высот точек трассы прокладывается ход технического нивелирования. Привязка трассы нивелирования производится к *реперам* государственной нивелирной сети. По установленной на местности линии трассы производится разбивка *пикетажа*.

Репер – точка, закрепленная на местности, для которой известна ее абсолютная высота.

Высотная привязка – это передача абсолютной высоты с репера государственной нивелирной сети на определенную точку трассы, либо определение абсолютной высоты точки по высоте имеющегося репера путем определения их взаимного превышения.

Пикет – точка, закрепленная на местности деревянным кольшком, верх которого должен находиться от поверхности земли на расстоянии 1,5–2 см. Рядом с пикетом забивают высокий (до 0,5 м) деревянный кольшек – сторожок, на котором записывают номер пикета.

Начальная точка трассы является нулевым пикетом (ПК0). Всем последующим пикетам присваивают номера, соответствующие расстоянию в целых сотнях метров в горизонтальном проложении от пикета ПК0: ПК1 (100 м от ПК0), ПК2 (200 м от ПК0), ПК16 (1600 м от ПК0).

В процессе разбивки пикетажа определяют положение *плюсовых* точек по оси трассы.

Плюсовыми точками являются точки перегибов рельефа, точки пересечения трассы с линейными объектами (дорогами, линиями связи и т.п.), точки пересечения с ситуацией, представляющей собой лесные и сельскохозяйственные угодья, объекты гидрографии а также др.

Плюсовые точки определяют расстоянием (в горизонтальном проложении) от заднего по ходу трассирования пикета, например, ПК0+56 (56 м от ПК0).

На каждой станции геометрического нивелирования определяют превышение *передней точки* относительно *задней точки* по разности отсчетов по рейкам, устанавливаемым на той и другой точках, способом нивелирования из середины (рис. 56).

Если точка участвует при определении превышения на двух соседних станциях, например, ПК0, ПК1, ПК2 и др., то такая точка называется *связующей*. Таким образом, все пикеты являются связующими точками. Связующей точкой может быть и плюсовая точка (ПК4+28, табл. 21). В этом случае на местности плюсовая связующая точка оформляется так же, как и пикет, т.е. на ее место забивают деревянный кольшек.

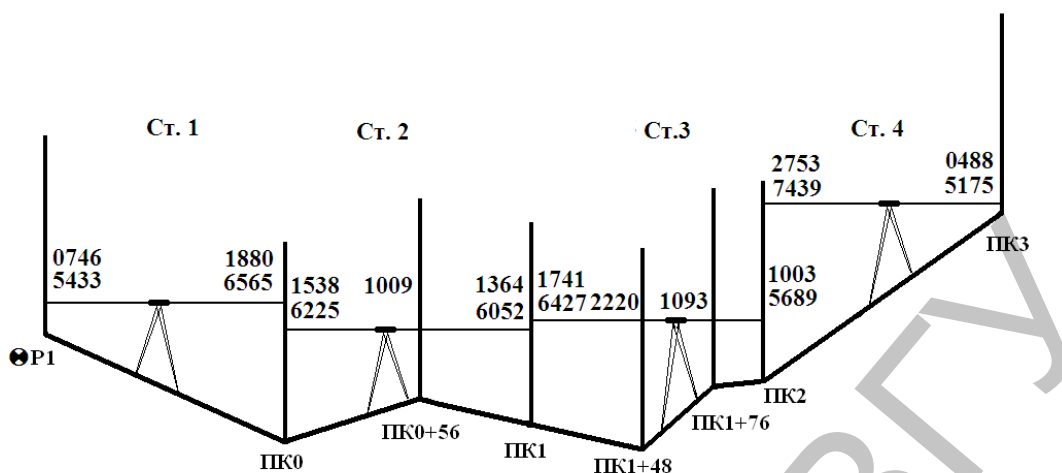


Рис. 56. Схема нивелирования.

В случае, когда с одной установки нивелира невозможно увидеть хотя бы одну из реек, установленных на связующих точках, дополнительной связующей точкой делают точку X (иксовую точку). Данная точка на местности может находиться в стороне от оси трассы, но обязательно должна быть жесткой, устойчивой.

Нивелирование выполняется точным или техническим нивелиром способом из середины, с использованием двусторонних реек.

Нивелир устанавливают по возможности на равных расстояниях от передней и задней реек. При этом расстояния до реек не должны превышать 150 м.

При техническом нивелировании отсчеты по рейкам берут по среднему штриху сетки нитей, придерживаясь следующей последовательности – отсчет по черной стороне задней рейки, отсчет по черной стороне передней рейки, отсчет по красной стороне передней рейки, отсчет по красной стороне задней рейки.

Затем производят нивелирование промежуточных точек. Задний реечник переносит рейку и ставит ее поочередно на промежуточные точки, а нивелировщик берет отсчеты по черной ее стороне.

Рейки устанавливаются в отвесное положение по круглому уровню или «на глаз».

Обработка журналов нивелирования

Обработку журналов нивелирования начинают с проверки всех записей и вычислений, выполненных в поле. С целью выявления возможных погрешностей в вычислениях на каждой странице журнала выполняют *постраничный контроль*. Он заключается в подсчете сумм отсчетов на связующие точки по задней (\sum_3) и передней (\sum_{II}) рейкам, а также сумм вычисленных превышений по черной

и красной сторонам реек ($\sum h_{\text{выч}}$), и средних превышений ($\sum h_{\text{ср}}$) на станциях (табл. 21); при этом должно соблюдаться равенство

$$\frac{\sum_{\text{З}} - \sum_{\text{П}}}{2} = \frac{\sum h_{\text{выч}}}{2} = \sum h_{\text{ср}}.$$

Расхождения в 1–2 мм могут возникнуть за счет округления значений средних превышений до целого числа миллиметров. Отсчеты по рейкам на промежуточных точках в пограничном контроле не участвуют.

Невязка представляет собой разность суммы измеренных средних превышений $\sum h_{\text{ср}}$ и известного (теоретического) превышения между конечной и начальной точками хода, т.е.

$$fh = \sum h_{\text{ср}} - \sum h_{\text{теор}}.$$

Если нивелирный ход проложен между двумя реперами, то в этом случае фактическая высотная невязка хода будет равна:

$$fh = \sum h_{\text{ср}} - (H_{P2} - H_{P1}) = -3230 - (162245 - 1654446) = -29 \text{ мм},$$

где $(H_{P2} - H_{P1})$ – известное превышение между конечным и начальным реперами.

Полученная невязка fh не должна по своей абсолютной величине превышать величины *допустимой невязки в превышениях* $fh_{\text{доп}}$, вычисляемой по формуле:

$$fh_{\text{доп}} = \pm 50 \text{ мм} \sqrt{L},$$

где L – длина всего нивелирного хода в километрах от начального репера P1 до конечного репера P2.

Общая длина нивелирного хода определяется по количеству n пикетов и расстояниям l от начального репера до ПК0 и от последнего пикета n до конечного репера:

$$L = 0,1 n + l_1 + l_2.$$

Значения $l_1 = 102 \text{ м}$ и $l_2 = 82 \text{ м}$ даются в исходных данных.

$$L = 0,1 \times 7 + 0,102 + 0,082 = 0,884 \text{ км}.$$

В нашем случае допустимая невязка будет составлять:

$$fh_{\text{доп}} = \pm 50 \text{ мм} \sqrt{0,884} = \pm 47 \text{ мм}.$$

Полученная невязка ($fh = 29 \text{ мм}$) меньше допустимой ($fh_{\text{доп}} = \pm 47 \text{ мм}$), следовательно, нивелирование проведено удовлетворительно.

Таблица 21

Журнал геометрического нивелирования трассы

№ стан- ций	№ точек	Отсчеты			Превышения		Горизонт инстру- мента	Высоты точек
		задний	передний	промежу- точный	черная рейка	среднее		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Р1 ПК0	0746	1880		-1134	-1133		165446 164316
		5433	6565		-1132	3		
2	ПК0 ПК1 ПК0+56	1538	1364		174	174	165855	164492 164846
		6225	6052	1009	173	2		
3	ПК1 ПК2 ПК1+48 ПК1+76	1741	1003		738	738	166235	165233 164015 165142
		6427	5689	2220	738	3		
				1093		741		
4	ПК2 ПК3	2753	0488		2265	2265		167501
		7439	5175		2264	3		
5	ПК3 X	0579	2435		-1856	-1855		165648
		5266	7120		-1854	2		
6	X ПК4	0781	2318		-1537	-1537		164114
		5469	7005		-1536	3		
7	ПК4 ПК4+28	0815	2070		-1255	-1255		162862
		5502	6756		-1254	3		
8	ПК4+28 ПК5	1633	1518		115	114		162979
		6319	6206		113	2		
9	ПК5 ПК6 ПК5+43	1805	1078		727	727	164784	163708 163047
		6490	5763	1737	727	3		
10	ПК6 ПК7	1390	1569		-179	-180		163531
		6075	6256		-181	3		
11	ПК7 Р2	0805	2093		-1288	-1288		162245
		5492	6779		-1287	2		
$l_1 = 102 \text{ м}$ $l_2 = 82 \text{ м}$		$\Sigma_3 =$ 80723	$\Sigma_{II} =$ 87182		$\Sigma(h+) = 8034$ $\Sigma(h-) = -14493$	$\Sigma h_{cp} = -3230$ $\Sigma h_{ucnp} = -3201$		$\Sigma h_{meop} = -3201$
$(\Sigma_3 - \Sigma_{II})/2 = (80723 - 87182)/2 = -3230$ $\Sigma h/2 = (8034 - 14493)/2 = -3230$ $fh = \Sigma h_{cp} - \Sigma h_{meop} = -3230 - (-3201) = -29 \text{ мм}$ $fh_{доп} = \pm 50 \text{ мм} \sqrt{L} = \pm 50 \text{ мм} \sqrt{0,884} = \pm 47 \text{ мм}$								

Если $f_h < fh_{\text{доп}}$, то фактическую невязку распределяют с *обратным знаком поровну на все превышения хода*, т.е. поправка в превышение

$$\delta h = \frac{fh}{n},$$

где n – число средних превышений (равно числу станций).

Поправки вычисляются с округлением до мм; при этом сумма поправок должна равняться невязке с обратным знаком, т.е.

$$\sum \delta h = -fh.$$

Рассмотрим некоторые случаи получения поправок и распределения их по средним превышениям.

1. *Величина невязки делится без остатка на число средних превышений.*

Например: $fh = -22$ мм; $n = 11$.

В этом случае в каждое среднее превышение вводится поправка:

$$\delta h = - (-22) / 11 = +2 \text{ мм.}$$

2. *Величина поправки по числу миллиметров меньше, чем число средних превышений.*

Например: $fh = +9$ мм; $n = 11$.

В этом случае, следуя правилам округления,

$$\delta h = - (+9) / 11 = -0,89 \text{ мм} = -1 \text{ мм.}$$

Если ввести полученные поправки в каждое среднее превышение, то условие $\sum \delta h = -fh$ не будет выполнено. Для его выполнения следует вводить поправки не во все средние превышения, а лишь исправить только 9 из них на -1 мм, оставив, например, без изменения 4-е и 8-е средние превышения.

3. *Величина невязки по числу миллиметров больше, чем число средних превышений, но не делится без остатка.*

Например: $fh = -38$ мм; $n = 11$.

$$\delta h = - (-38) / 11 = +3 \text{ мм (остаток 5 мм).}$$

Это значит, что все средние превышения следует исправить на $+3$ мм, а остаток в 5 мм распределить по $+1$ мм дополнительно, например, в каждое второе среднее превышение.

Исправленные превышения вычисляют по формуле:

$$h_{\text{испр.}} = h_{\text{ср}} + \delta h.$$

По исправленным превышениям вычисляют отметки *связующих* точек

$$H_n = H_{n-1} + h_{испр.},$$

где H_n – вычисляемая отметка; H_{n-1} – отметка предыдущей точки хода.

Контролем правильности вычисления отметок связующих точек является соблюдение условия

$$H_{P2} = H_{P1} + \sum h_{испр.}$$

После увязки нивелирного хода и определения отметок связующих точек вычисляют отметки *промежуточных* точек через горизонт инструмента *ГИ*. Для этого на станции дважды вычисляют *ГИ* относительно задней и передней связующих точек и из двух значений берут среднее:

$$ГИ_1 = H_{зад} + a, \quad ГИ_2 = H_{пер} + b, \quad ГИ = \frac{ГИ_1 + ГИ_2}{2},$$

где $H_{зад}$ и $H_{пер}$ – отметки задней и передней связующих точек; a и b – отсчеты по рейкам (черная сторона), установленным на задней и передней связующих точках.

В рассмотренном примере (см. табл. 21) на станции 2:

$$ГИ_1 = 164,316 + 1,538 = 165,854 \text{ м};$$

$$ГИ_2 = 164,492 + 1,364 = 165,856 \text{ м};$$

$$ГИ = (165,854 + 165,856) / 2 = 165,855 \text{ м}.$$

Отметки промежуточных точек получают вычитанием отсчетов по черной стороне рейки, установленной на соответствующей промежуточной точке, из отметки *ГИ*, т.е.

$$H_{пром} = ГИ - c,$$

где c – промежуточный отсчет.

Например, отметки промежуточных точек ПК1+48 и ПК1+76:

$$H_{ПК1+48} = ГП_3 - 2,220 = 166,235 - 2,220 = 164,015 \text{ м},$$

$$H_{ПК1+76} = ГП_3 - 1,093 = 166,235 - 1,093 = 165,142 \text{ м}.$$

Аналогичным образом определяют горизонт прибора и высоты плюсовых точек на других станциях.

Составление профиля трассы

Продольный профиль трассы является важнейшим итоговым документом технического нивелирования. Профиль составляется по данным журнала нивелирования и пикетажной книжки.

Профиль строится на миллиметровой бумаге. Для придания продольному профилю большей наглядности вертикальный масштаб обычно принимается в 10 раз крупнее горизонтального.

Общая длина профиля определяется длиной нивелирного хода.

Построение продольного профиля проводится в следующем порядке (рис. 57):

1. На миллиметровой бумаге вычерчивают оси профиля и его сетку, которая включает в себя графы: «Отметки земли по оси трассы» (ширина 15 мм), «Пикеты» (ширина 5 мм), «Расстояния» (ширина 5 мм).
2. Размечают в графе «Пикеты» положения соответствующих пикетов, начиная с ПК0 (через 100 м в масштабе 1:2000).
3. В графе «Расстояния» отмечают положение плюсовых точек:
 - если между пикетами нет плюсовых точек, то в этом промежутке никаких записей не производится. Например, ПК3 – ПК4 (иксовые точки на профиль не наносят);
 - если между пикетами имеется одна плюсовая точка, то ее отмечают соответствующим расстоянием от заднего пикета и записывают величину этого расстояния и подписывают, кроме того, остаток расстояния до переднего пикета. Например, между ПК0 и ПК1 имеется плюсовая точка ПК0+46 и от нее расстояние до ПК1 – 44 м;
 - если между пикетами имеется две (или более) плюсовые точки, то записывают величины расстояний между всеми плюсовыми точками и пикетами. Например, ПК1+48, ПК1+76 указаны расстояниями 48 м от ПК1 до ПК1+48, 28 м от ПК1+48 до ПК1+76 и 24 м от ПК1+76 до ПК2.
4. Из журнала в графы «Отметки земли по оси трассы» против соответствующих точек выписывают абсолютные высоты с округлением их до 0,01 м.
5. Определяют абсолютную высоту линии условного горизонта (УГ). Для этого по журналу находят минимальную абсолютную высоту. Данная точка (с минимальной высотой) должна находиться на расстоянии 3–5 см от линии условного горизонта. При этом высоту линии условного горизонта следует сделать кратной 2 или 10 м. Например, из табл. 21 следует, что минимальная высота равна 162,862 м, следовательно, условный горизонт можно принять равным 160 м. От линии условного горизонта по вертикальной оси производят подписи высот через каждый сантиметр (масштаб 1:200, 1 см = 2 м).
6. От пикетов и плюсовых точек восстанавливают перпендикуляры к линии условного горизонта, продолжая их до соответствующей высоты точки на шкале высот.
7. Полученные точки последовательно по ходу соединяют прямыми линиями.

ПРОФИЛЬ ТРАССЫ

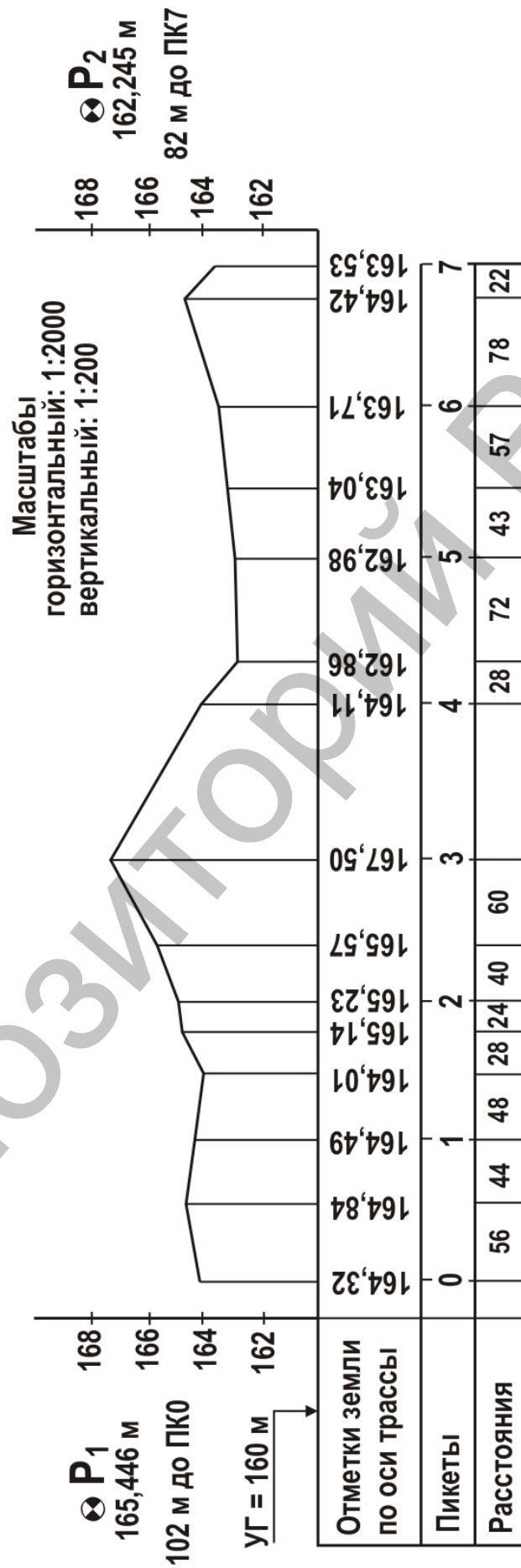


Рис. 57. Профиль трассы.

Варианты к заданию 27

Вариант 1

№ стан-ций	№ точек	Отсчеты		
		зад-ний	перед-ний	проме-жу-точный
1	2	3	4	5
1	P1	1413	0704	
	ПКО	6214	5503	
2	ПК0	1606	1846	
	ПК1	6408	6647	
3	ПК1	2544	1324	
	ПК2	7342	6126	
4	ПК2	2633	1807	
	X	7434	6606	
5	X	1752	0744	
	ПК3	6554	5545	
6	ПК3	2034	0713	
	ПК3+72	6835	5512	
	ПК3+18			1818
7	ПК3+72	1540	1948	
	ПК4	6339	6746	
8	ПК4	0853	2311	
	ПК5	5655	7113	
9	ПК5	1942	2615	
	ПК6	6741	7416	
	ПК5+15			2204
10	ПК5+57			2376
	ПК6	0914	2639	
11	ПК7	2141	1070	
	ПК8	6940	5872	
12	ПК8	2043	2156	
	P2	6844	6958	
		H _{P1} = 151,684 м		l ₁ = 109 м
		H _{P2} = 153,247 м		l ₂ = 136 м

Вариант 2

№ стан-ций	№ точек	Отсчеты		
		зад-ний	перед-ний	проме-жу-точный
1	2	3	4	5
1	P2	1036	2249	
	ПКО	5822	7034	
2	ПК0	2764	1227	
	X	7549	6015	
3	X	2186	0871	
	ПК1	6972	5659	
4	ПК1	1906	884	
	ПК1+38	6690	5669	
5	ПК1+38	1253	2117	
	ПК2	6039	6902	
6	ПК2	1656	2018	
	ПК3	6442	6804	
	ПК2+43			2202
7	ПК3	2301	2003	
	ПК4	7086	6789	
8	ПК4	2581	1315	
	ПК5	7367	6099	
9	ПК4+40			2076
	ПК5	2213	1711	
10	ПК6	6997	6496	
	ПК6	1913	1711	
	ПК7	6697	6496	
11	ПК6+36			1991
	ПК6+75			2063
11	ПК7	0634	1782	
	ПК8	5420	6569	
12	ПК8	1905	1488	
	P3	6690	6272	
		H _{P2} = 153,247 м		l ₁ = 93 м
		H _{P3} = 156,190 м		l ₂ = 144 м

Вариант 3

№ стан-ций	№ точек	Отсчеты		
		зад-ний	перед-ний	проме-жу-точный
1	2	3	4	5
1	P3	2068	1516	
	ПК0	6757	6205	
2	ПК0	0731	1999	
	ПК1	5417	6685	
3	ПК1	1586	1749	
	ПК2	6272	6438	
	ПК1+20 ПК1+60			1619 1705
4	ПК2	2384	1779	
	ПК3	7072	6465	
5	ПК3	2138	0947	
	ПК4	6826	5633	
	ПК3+59			1563
6	ПК4	1981	1672	
	ПК5	6670	6361	
7	ПК5	0968	1372	
	ПК6	5655	6058	
	ПК5+57			860
8	ПК6	0846	1825	
	ПК6+75	5534	6514	
9	ПК6+75	2385	1274	
	ПК7	7071	5962	
10	ПК7	2758	1402	
	X	7445	6090	
11	X	2108	0535	
	ПК8	6774	5201	
12	ПК8	2380	1214	
	P4	7065	5903	
		H _{P3} = 156,190 м		l ₁ = 125 м
		H _{P4} = 161,209 м		l ₂ = 116 м

Вариант 4

№ стан-ций	№ точек	Отсчеты		
		зад-ний	перед-ний	проме-жу-точный
1	2	3	4	5
1	P4	0944	2145	
	ПК0	5646	6846	
2	ПК0	2409	1058	
	ПК1	7110	5757	
3	ПК1	2005	1310	
	ПК1+48	6704	6012	
4	ПК1+48	1278	1415	
	ПК2 ПК1+60	5978	6116	1306
5	ПК2	1759	1993	
	ПК3	6460	6692	
	ПК2+43			1833
6	ПК3	0842	1783	
	ПК4	5544	6483	
	ПК3+59			1373
7	ПК4	2056	2197	
	ПК5	6756	6898	
8	ПК5	1988	1484	
	ПК6 ПК5+57	6687	6186	1904
9	ПК6	2482	1464	
	X ПК6+36	7182	6165	1941
10	X	2081	1596	
	ПК7	6780	6297	
11	ПК7	1936	1337	
	ПК8	6635	6039	
12	ПК8	2794	1268	
	P5	7495	5967	
		H _{P2} = 161,209 м		l ₁ = 130 м
		H _{P3} = 164,704 м		l ₂ = 85 м

Вариант 5

№ стан-ций	№ точек	Отсчеты		
		зад-ний	перед-ний	проме-жу-точный
1	2	3	4	5
1	P5	2544	1526	
	ПК0	7296	6276	
2	ПК0	2032	1240	
	ПК1	6781	5992	
3	ПК1	1988	1259	
	X ПК1+20	6736	6008	1682
4	X	2003	1212	
	ПК2 ПК1+60	6755	5960	1894
5	ПК2	1786	1406	
	ПК3	6534	6156	
6	ПК3	1455	1668	
	ПК4	6204	6417	
7	ПК4	1355	2204	
	ПК5	6107	6956	
	ПК4+40			1768
	ПК4+77			2187
8	ПК5	1786	2029	
	ПК6 ПК5+57	6533	6777	1893
9	ПК6	1959	2060	
	ПК6+53	6707	6809	
10	ПК6+53	2385	1763	
	ПК7	7133	6513	
	ПК6+75			2081
11	ПК7	2533	1104	
	ПК8	7282	5856	
12	ПК8	2732	0945	
	P6	7480	5694	
		H _{P5} = 164,704 м		l ₁ = 73 м
		H _{P6} = 170,862 м		l ₂ = 106 м

Вариант 6

№ стан-ций	№ точек	Отсчеты		
		зад-ний	перед-ний	проме-жу-точный
1	2	3	4	5
1	P6	1357	2483	
	ПК0	6009	7133	
2	ПК0	1105	1745	
	ПК1 ПК0+75	5763	6398	1800
3	ПК1	2296	1624	
	ПК2	6949	6275	
4	ПК2	1983	1716	
	ПК3	6632	6368	
5	ПК3	2004	1802	
	ПК3+59	6656	6452	
6	ПК3+59	1480	1739	
	ПК4	6128	6388	
7	ПК4	1251	2165	
	ПК5 ПК4+40	5901	6814	1407
8	ПК5	0856	1849	
	X ПК5+15	5504	6501	1161
9	X	1013	1816	
	ПК6 ПК5+57	5663	6464	1784
10	ПК6	0951	1284	
	ПК7 ПК6+36	5600	5932	1233
11	ПК7	2108	1359	
	ПК8	6756	6011	
12	ПК8	2388	1498	
	P7	7036	6148	
		H _{P6} = 170,862 м		l ₁ = 88 м
		H _{P7} = 168,528 м		l ₂ = 134 м

Вариант 7

№ стан-ций	№ точек	Отсчеты		
		зад-ний	перед-ний	проме-жу-точный
1	2	3	4	5
1	P7	1351	2157	
	ПК0	5852	6659	
2	ПК0	0544	2326	
	ПК1	5042	6824	
3	ПК1	1688	1816	
	ПК2	6188	6317	
	ПК1+60			2056
4	ПК2	0782	1866	
	ПК3	5280	6367	
5	ПК3	0533	2645	
	X	5031	7147	
	ПК3+18			1486
6	X	0688	2496	
	ПК4	5188	6997	
	ПК3+59			801
7	ПК4	1453	1772	
	ПК5	5954	6270	
8	ПК5	1542	1286	
	ПК6	6042	5786	
9	ПК6	1411	1108	
	ПК6+53	5909	5609	
10	ПК6+53	2442	0708	
	ПК7	6941	5206	
	ПК6+75			1561
11	ПК7	2248	0565	
	ПК8	6747	5067	
12	ПК8	1730	2335	
	P8	6232	6833	
		H _{p7} = 168,528 м		l ₁ =105 м
		H _{p8} = 163,840 м		l ₂ = 118 м

Вариант 8

№ стан-ций	№ точек	Отсчеты		
		зад-ний	перед-ний	проме-жу-точный
1	2	3	4	5
1	P8	2155	1270	
	ПК0	7003	6120	
2	ПК0	2041	1371	
	ПК1	6890	6219	
3	ПК1	1451	1784	
	ПК2	6302	6632	
4	ПК2	0405	1651	
	X	5254	6502	
	ПК2+43			1647
5	X	0880	1463	
	ПК3	5729	6313	
	ПК3+80			1172
6	ПК3	0744	1662	
	ПК4	5592	6511	
	ПК3+36			1360
7	ПК4	1244	1407	
	ПК4+40	6092	6259	
8	ПК4+40	1523	1355	
	ПК5	6374	6204	
	ПК4+77			1471
9	ПК5	2005	1672	
	ПК6	6856	6520	
10	ПК6	1988	1373	
	ПК7	6837	6222	
11	ПК7	1323	1965	
	ПК8	6175	6814	
	ПК7+31			1277
12	ПК8	1488	1961	
	P9	6339	6811	
		H _{p8} = 163,840 м		l ₁ =133 м
		H _{p9} = 162,133 м		l ₂ = 98 м

Вариант 9

№ стан-ций	№ точек	Отсчеты		
		зад-ний	перед-ний	проме-жу-точный
1	2	3	4	5
1	P9	1838	0431	
	ПК0	6394	4984	
2	ПК0	1907	1132	
	ПК1	6464	5688	
3	ПК1	1483	1047	
	ПК1+60	6040	5604	
	ПК1+20			1338
4	ПК1+60	2319	1048	
	ПК2	6874	5601	
5	ПК2	2544	0536	
	ПК3	7100	5091	
6	ПК3	1783	1441	
	ПК4	6336	5994	
	ПК3+59			1574
7	ПК4	1007	1402	
	ПК5	5562	5958	
8	ПК5	0434	2428	
	X	4990	6985	
9	ПК5+15			1048
	X	0521	2497	
10	ПК6	5078	7050	
	ПК5+57			933
10	ПК6	1003	2020	
	ПК7	5558	6576	
11	ПК7	1616	1762	
	ПК8	6169	6318	
	ПК7+70			1232
12	ПК8	0221	2850	
	P10	4774	7405	
		$H_{P9} = 162,133 \text{ м}$	$l_1 = 113 \text{ м}$	
		$H_{P10} = 160,225 \text{ м}$	$l_2 = 96 \text{ м}$	

Вариант 10

№ стан-ций	№ точек	Отсчеты		
		зад-ний	перед-ний	проме-жу-точный
1	2	3	4	5
1	P10	1346	1564	
	ПК0	5794	6014	
2	ПК0	1738	1530	
	ПК1	6189	5982	
3	ПК1	1841	1696	
	ПК1+60	6290	6146	
	ПК1+20			1793
4	ПК1+60	1433	2052	
	ПК2	5884	6503	
5	ПК2	1653	1554	
	ПК3	6105	6002	
6	ПК3	1432	2072	
	ПК4	5883	6524	
	ПК3+59			1812
7	ПК4	0741	2030	
	ПК5	5192	6478	
8	ПК4+40			934
	ПК5	0848	2246	
9	X	5298	6697	
	ПК5+57			2231
9	X	0699	2193	
	ПК6	5150	6644	
10	ПК6	0870	1898	
	ПК7	5318	6350	
11	ПК7	1643	1415	
	ПК8	6095	5866	
	ПК7+60			1992
12	ПК8	2344	1217	
	P11	6795	5667	
		$H_{P10} = 160,225 \text{ м}$	$l_1 = 83 \text{ м}$	
		$H_{P11} = 155,326 \text{ м}$	$l_2 = 124 \text{ м}$	

Вариант 11

№ стан-ций	№ точек	Отсчеты		
		зад-ний	перед-ний	проме-жу-точный
1	2	3	4	5
1	P11	1413	0704	
	ПКО	6214	5503	
2	ПК0	1606	1846	
	ПК1	6408	6647	
	ПК0+75			1713
3	ПК1	2544	1324	
	ПК2	7342	6126	
	ПК1+20			2721
4	ПК2	2633	1807	
	X	7434	6606	
5	X	1752	0744	
	ПК3	6554	5545	
	ПК2+80			1012
6	ПК3	2034	0713	
	ПК3+72	6835	5512	
7	ПК3+72	1540	1948	
	ПК4	6339	6746	
8	ПК4	0853	2311	
	ПК5	5655	7113	
	ПК4+40			1471
	ПК4+77			2096
9	ПК5	1942	2615	
	ПК6	6741	7416	
10	ПК6	0914	2639	
	ПК7	5716	7441	
11	ПК7	2141	1070	
	ПК8	6940	5872	
12	ПК8	2043	2156	
	P12	6844	6958	
		$H_{P11} = 155,326 \text{ м}$	$l_1 = 111 \text{ м}$	
		$H_{P12} = 156,889 \text{ м}$	$l_2 = 127 \text{ м}$	

Вариант 12

№ стан-ций	№ точек	Отсчеты		
		зад-ний	перед-ний	проме-жу-точный
1	2	3	4	5
1	P12	1036	2249	
	ПКО	5822	7034	
2	ПК0	2764	1227	
	X	7549	6015	
3	X	2186	0871	
	ПК1	6972	5659	
4	ПК0+75			1583
	ПК1	1906	0884	
5	ПК1+38	6690	5669	
	ПК1+38	1253	2117	
6	ПК2	6039	6902	
	ПК1+60			1572
7	ПК2	1656	2018	
	ПК3	6442	6804	
8	ПК3	2301	2003	
	ПК4	7086	6789	
9	ПК3+59			2181
	ПК4	2581	1315	
10	ПК5	7367	6099	
	ПК4+77			1568
11	ПК5	2213	1711	
	ПК6	6997	6496	
12	ПК5+57			1583
	ПК6	1913	1711	
13	ПК7	6697	6496	
	ПК7	0634	1782	
14	ПК8	5420	6569	
	ПК8	1905	1488	
15	P13	6690	6272	
		$H_{P12} = 156,889 \text{ м}$	$l_1 = 73 \text{ м}$	
		$H_{P13} = 159,832 \text{ м}$	$l_2 = 124 \text{ м}$	

Вариант 13

№ стан-ций	№ точек	Отсчеты		
		зад-ний	перед-ний	проме-жу-точный
1	2	3	4	5
1	P13	2068	1516	
	ПК0	6757	6205	
2	ПК0	731	1999	
	ПК1	5417	6685	
	ПК0+75			1866
3	ПК1	1586	1749	
	ПК2	6272	6438	
	ПК120			1619
4	ПК2	2384	1779	
	ПК3	7072	6465	
5	ПК3	2138	947	
	ПК4	6826	5633	
	ПК3+59			1563
6	ПК4	1981	1672	
	ПК5	6670	6361	
	ПК4+40			1679
	ПК4+77			1680
7	ПК5	968	1372	
	ПК6	5655	6058	
8	ПК6	846	1825	
	ПК6+75	5534	6514	
	ПК6+36			1173
9	ПК6+75	2385	1274	
	ПК7	7071	5962	
10	ПК7	2758	1402	
	X	7445	6090	
11	X	2108	535	
	ПК8	6774	5201	
12	ПК8	2380	1214	
	P14	7065	5903	
		H _{P13} = 159,832 м		l ₁ = 95 м
		H _{P14} = 164,851 м		l ₂ = 86 м

Вариант 14

№ стан-ций	№ точек	Отсчеты		
		зад-ний	перед-ний	проме-жу-точный
1	2	3	4	5
1	P14	944	2145	
	ПК0	5646	6846	
2	ПК0	2409	1058	
	ПК1	7110	5757	
3	ПК1	2005	1310	
	ПК1+48 ПК1+20	6704	6012	1780
4	ПК1+48	1278	1415	
	ПК2	5978	6116	
5	ПК2	1759	1993	
	ПК3	6460	6692	
6	ПК3	842	1783	
	ПК4	5544	6483	
	ПК3+59			1373
7	ПК4	2056	2197	
	ПК5 ПК4+40	6756	6898	2210
8	ПК5	1988	1484	
	ПК6	6687	6186	
9	ПК6	2482	1464	
	X	7182	6165	
10	X	2081	1596	
	ПК7 ПК6+75	6780	6297	1824
11	ПК7	1936	1337	
	ПК8 ПК7+70	6635	6039	1993
12	ПК8	2794	1268	
	P15	7495	5967	
		H _{P14} = 164,851 м		l ₁ = 110 м
		H _{P15} = 168,346 м		l ₂ = 75 м

Вариант 15

№ стан-ций	№ точек	Отсчеты		
		зад-ний	перед-ний	проме-жу-точный
1	2	3	4	5
1	P15 ПК0	2544	1526	
		7296	6276	
2	ПК0 ПК1	2032	1240	
		6781	5992	
3	ПК1 X	1988	1259	
		6736	6008	
4	X ПК2	2003	1212	
		6755	5960	
5	ПК2 ПК3 ПК3+43 ПК3+80	1786	1406	
		6534	6156	
				1441 1425
6	ПК3 ПК4	1455	1668	
		6204	6417	
7	ПК4 ПК5 ПК4+40	1355	2204	
		6107	6956	
				1768
8	ПК5 ПК6 ПК5+57	1786	2029	
		6533	6777	
				1893
9	ПК6 ПК6+53 ПК6+36	1959	2060	
		6707	6809	
				2018
10	ПК6+53 ПК7	2385	1763	
		7133	6513	
11	ПК7 ПК8	2533	1104	
		7282	5856	
12	ПК8 P16	2732	0945	
		7480	5694	
		$H_{P15} = 168,346 \text{ м}$	$l_1 = 85 \text{ м}$	
		$H_{P16} = 174,505 \text{ м}$	$l_2 = 96 \text{ м}$	

Вариант 16

№ стан-ций	№ точек	Отсчеты		
		зад-ний	перед-ний	проме-жу-точный
1	2	3	4	5
1	P16 ПК0	1357	2483	
		6009	7133	
2	ПК0 ПК1	1105	1745	
		5763	6398	
3	ПК1 ПК2 ПК1+60	2296	1624	
		6949	6275	
				1709
4	ПК2 ПК3	1983	1716	
		6632	6368	
5	ПК3 ПК3+18 ПК3+59	2004	1802	
		6656	6452	
				1946
6	ПК3+59 ПК4	1480	1739	
		6128	6388	
7	ПК4 ПК5	1251	2165	
		5901	6814	
8	ПК5 X ПК5+15	0856	1849	
		5504	6501	
9	X ПК6 ПК5+57	1013	1816	
		5663	6464	
10	ПК6 ПК7 ПК6+36	0951	1284	
		5600	5932	
11	ПК7 ПК8	2108	1359	
		6756	6011	
12	ПК8 P17	2388	1498	
		7036	6148	
		$H_{P16} = 174,505 \text{ м}$	$l_1 = 108 \text{ м}$	
		$H_{P17} = 172,171 \text{ м}$	$l_2 = 114 \text{ м}$	

Вариант 17

№ стан-ций	№ точек	Отсчеты		
		зад-ний	перед-ний	проме-жу-точный
1	2	3	4	5
1	P17	1351	2157	
	ПК0	5852	6659	
2	ПК0	0544	2326	
	ПК1	5042	6824	
	ПК0+75			1873
3	ПК1	1688	1816	
	ПК2	6188	6317	
4	ПК2	0782	1866	
	ПК3	5280	6367	
	ПК3+80			1043
5	ПК3	0533	2645	
	X	5031	7147	
6	X	0688	2496	
	ПК4	5188	6997	
7	ПК4	1453	1772	
	ПК5	5954	6270	
	ПК4+40			1800
8	ПК5	1542	1286	
	ПК6	6042	5786	
	ПК5+57			1388
9	ПК6	1411	1108	
	ПК6+53	5909	5609	
10	ПК6+53	2442	0708	
	ПК7	6941	5206	
	ПК6+75			1561
11	ПК7	2248	0565	
	ПК8	6747	5067	
12	ПК8	1730	2335	
	P18	6232	6833	
		H _{P17} = 172,171 м		l ₁ = 95 м
		H _{P18} = 167,483 м		l ₂ = 78 м

Вариант 18

№ стан-ций	№ точек	Отсчеты		
		зад-ний	перед-ний	проме-жу-точный
1	2	3	4	5
1	P18	2155	1270	
	ПК0	7003	6120	
2	ПК0	2041	1371	
	ПК1	6890	6219	
	ПК0+75			1346
3	ПК1	1451	1784	
	ПК2	6302	6632	
4	ПК2	0405	1651	
	X	5254	6502	
5	X	0880	1463	
	ПК3	5729	6313	
	ПК3+80			1172
6	ПК3	0744	1662	
	ПК4	5592	6511	
	ПК3+36			1360
	ПК3+59			1538
7	ПК4	1244	1407	
	ПК4+40	6092	6259	
8	ПК4+40	1523	1355	
	ПК5	6374	6204	
9	ПК5	2005	1672	
	ПК6	6856	6520	
	ПК5+57			1812
10	ПК6	1988	1373	
	ПК7	6837	6222	
11	ПК7	1323	1965	
	ПК8	6175	6814	
	ПК7+31			1277
12	ПК8	1488	1961	
	P19	6339	6811	
		H _{P18} = 167,483 м		l ₁ = 120 м
		H _{P19} = 165,776 м		l ₂ = 110 м

Вариант 19

№ стан-ций	№ точек	Отсчеты		
		зад-ний	перед-ний	проме-жу-точный
1	2	3	4	5
1	P19	1838	0431	
	ПК0	6394	4984	
2	ПК0	1907	1132	
	ПК1	6464	5688	
	ПК0+75			1352
3	ПК1	1483	1047	
	ПК1+60	6040	5604	
4	ПК1+60	2319	1048	
	ПК2	6874	5601	
5	ПК2	2544	0536	
	ПК3	7100	5091	
	ПК2+43			1488
6	ПК3	1783	1441	
	ПК4	6336	5994	
7	ПК4	1007	1402	
	ПК5	5562	5958	
	ПК4+40			895
	ПК4+77			775
8	ПК5	0434	2428	
	X	4990	6985	
9	X	0521	2497	
	ПК6	5078	7050	
10	ПК6	1003	2020	
	ПК7	5558	6576	
	ПК6+36			1934
	ПК6+75			2269
11	ПК7	1616	1762	
	ПК8	6169	6318	
12	ПК8	0221	2850	
	P20	4774	7405	
		H _{p19} = 165,776 м		l ₁ = 105 м
		H _{p20} = 163,868 м		l ₂ = 90 м

Вариант 20

№ стан-ций	№ точек	Отсчеты		
		зад-ний	перед-ний	проме-жу-точный
1	2	3	4	5
1	P20	1346	1564	
	ПК0	5794	6014	
2	ПК0	1738	1530	
	ПК1	6189	5982	
	ПК0+75			1586
3	ПК1	1841	1696	
	ПК1+60	6290	6146	
4	ПК1+60	1433	2052	
	ПК2	5884	6503	
5	ПК2	1653	1554	
	ПК3	6105	6002	
	ПК3+80			1398
6	ПК3	1432	2072	
	ПК4	5883	6524	
7	ПК4	0741	2030	
	ПК5	5192	6478	
	ПК4+40			934
8	ПК4+77			1125
	ПК5	0848	2246	
9	X	5298	6697	
	ПК6	0699	2193	
10	ПК6	5150	6644	
	ПК6	0870	1898	
11	ПК7	5318	6350	
	ПК6+36			1641
12	ПК7	1643	1415	
	ПК8	6095	5866	
12	ПК8	2344	1217	
	P21	6795	5667	
		H _{p20} = 163,868 м		l ₁ = 80 м
		H _{p21} = 158,969 м		l ₂ = 135 м

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №16

Задание 28. Вычертить рельеф участка местности горизонталями по высотным отметкам.

Рекомендации по выполнению задания. В данном задании необходимо по измеренным высотным пунктам определить расположение горизонталей и вычертить их на плане. При этом предполагают, что местность между пунктами имеет равномерный уклон. Нахождение горизонтали, проходящей между двумя точками, производится способом *интерполирования*. Исходные данные для выполнения задания представлены на рис. 58 и в табл. 22.

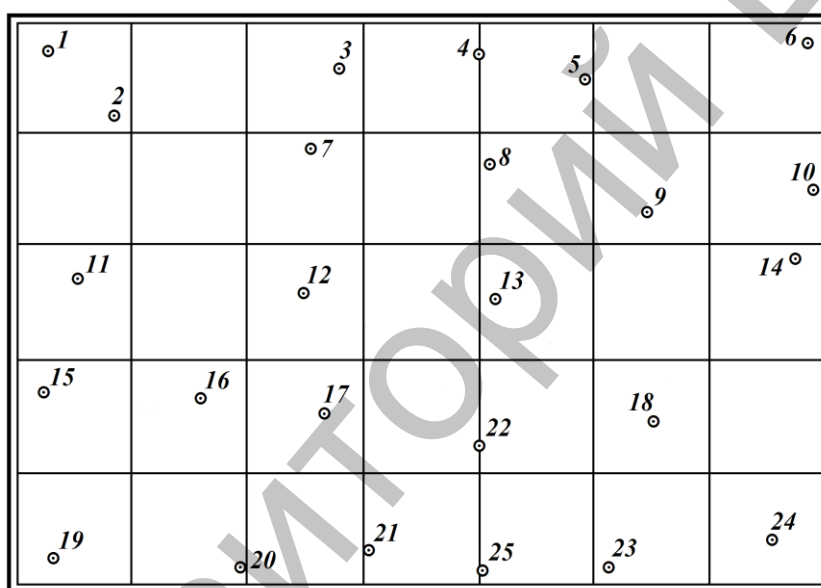


Рис. 58. Расположение точек на местности.

На листе чертежной бумаги формата А4, на котором выполняется задание, вычертите прямоугольник размером 100×140 мм с сеткой квадратов 20×20 мм. В квадраты сетки на глаз с рис. 58 перенесите точки и вместо их номеров из табл. 23 выпишите отметки, согласно полученному варианту.

Произведите интерполяцию для определения положения горизонталей согласно заданной высоте сечения рельефа (табл. 22).

Для интерполирования применяют аналитический и графический методы. При аналитическом, последовательно соединяя каждую пару соседних точек прямой линией, измеряют расстояние между ними и определяют разность высот. Затем, составив пропорцию, вычисляют расстояние до искомым горизонталей.

Таблица 22

Таблица отметок точек местности для выполнения задания

Номер точки	Вариант																			
	Высота сечения, м																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	150.0	118.5	154.0	150.0	141.2	130.0	124.0	116.0	144.5	116.3	127.1	119.2	115.2	151.0	117.0	120.0	144.5	116.3	127.1	119.2
2	149.6	119.3	153.2	148.4	143.3	128.4	125.0	117.1	143.4	118.5	129.0	121.4	115.5	149.3	119.3	121.7	142.3	116.8	126.2	119.6
3	147.9	120.5	152.8	147.6	144.8	125.6	125.8	118.0	142.3	120.3	130.9	123.2	117.0	148.6	121.1	124.1	140.1	118.0	124.8	121.0
4	147.8	121.4	152.7	147.5	146.2	125.0	126.5	118.9	142.0	122.1	132.1	125.0	117.5	148.6	122.9	125.7	139.5	118.5	124.5	121.5
5	145.3	122.6	150.5	143.1	149.2	121.4	128.3	120.5	140.1	125.4	135.7	128.3	119.3	144.2	126.1	128.2	135.7	120.3	122.6	123.4
6	145.1	113.1	150.4	142.8	150.2	120.6	129.3	120.7	140.0	125.8	137.8	128.7	119.5	143.7	126.6	129.3	135.5	120.6	122.3	123.5
7	144.8	123.6	149.9	141.8	151.2	119.8	129.1	121.2	139.2	126.9	137.0	129.5	120.2	142.8	127.4	130.3	133.8	121.2	121.8	124.2
8	146.9	122.5	151.4	144.9	148.2	122.6	127.7	119.8	140.5	124.0	134.5	127.0	118.5	145.9	124.8	127.8	136.5	119.6	123.4	122.5
9	142.2	125.6	147.6	137.2	155.4	115.6	131.6	123.8	136.8	131.8	142.3	134.7	122.6	138.2	132.5	134.3	129.2	123.5	114.2	126.6
10	145.3	122.7	150.1	142.3	149.8	121.2	128.6	120.4	137.0	125.2	136.3	128.1	119.2	143.3	125.8	128.2	129.4	120.3	122.5	123.3
11	147.5	121.1	152.6	147.2	145.8	125.0	126.5	118.6	141.9	121.5	132.2	124.4	117.3	148.2	122.3	125.2	139.3	118.4	124.5	121.3
12	140.3	127.7	145.1	132.3	159.4	111.0	128.3	125.2	134.8	134.7	145.6	137.6	124.2	133.3	135.5	138.4	125.2	125.5	117.4	128.3
13	144.7	124.4	149.8	141.7	152.8	118.6	130.7	121.2	138.6	127.7	138.5	130.6	120.5	142.7	128.4	131.8	132.8	121.5	121.3	124.5
14	145.6	122.8	150.7	143.5	149.4	121.0	128.5	120.6	137.0	125.4	136.0	128.4	119.7	144.6	126.2	128.5	129.6	120.5	122.4	123.7
15	148.7	119.9	153.6	149.5	143.8	127.2	125.5	117.6	142.8	119.5	130.1	122.4	116.6	150.1	120.3	122.7	141.0	117.6	125.5	120.6
16	145.1	123.4	150.0	141.1	150.8	120.0	129.1	121.0	139.4	126.3	137.0	129.2	119.7	143.2	127.0	129.7	134.2	120.9	122.1	123.7
17	143.3	125.1	148.6	139.3	153.6	117.0	130.4	122.7	137.9	129.6	139.9	132.5	121.4	140.3	130.4	133.4	131.3	122.5	121.4	125.4
18	143.9	124.7	148.8	139.5	153.8	117.6	130.3	121.9	138.0	128.1	139.7	131.0	120.6	140.4	128.7	132.5	131.6	121.6	120.8	124.7
19	148.8	119.9	153.5	144.8	143.4	127.4	125.7	117.6	142.8	119.6	130.5	122.5	116.5	150.0	120.4	122.7	141.1	117.5	125.6	120.5
20	148.3	120.1	153.4	144.3	143.6	127.0	125.5	117.9	142.9	120.1	130.1	123.0	116.7	149.7	120.9	123.2	141.4	117.8	125.7	120.7
21	147.3	121.2	152.6	143.3	145.8	125.2	126.6	118.6	141.9	121.6	132.3	124.5	117.6	148.3	122.4	125.4	139.3	118.5	124.6	121.5
22	145.8	122.9	150.7	141.8	149.4	121.2	127.2	120.3	140.2	124.8	133.5	127.7	119.3	144.2	125.6	128.7	135.8	120.2	122.6	123.3
23	147.8	120.9	152.8	143.8	146.2	125.0	126.8	118.7	141.8	121.7	132.7	124.6	117.5	142.8	122.5	124.8	139.1	118.6	124.5	121.6
24	146.5	121.9	151.7	142.5	148.9	122.8	126.6	119.8	139.8	123.9	132.2	126.8	118.4	144.7	124.6	126.7	135.2	119.5	123.3	122.4
25	147.7	121.2	152.9	139.5	145.8	125.4	128.8	118.1	142.2	120.5	131.9	123.4	117.3	145.9	121.3	125.4	139.8	118.3	124.9	121.3

Например, пусть требуется найти, где проходит горизонталь между точками 178,6 и 179,2 м. Допустим, что расстояние между данными точками составляет 26,2 мм., при разности высот $178,6 - 179,2 = 0,6$ м. При заданной высоте сечения рельефа 1 м, горизонталь 179 м пройдет выше нижней точки на 0,4 м. Пропорция будет иметь вид:

$$\frac{26,2}{x} = \frac{0,6}{0,4} \Rightarrow x = \frac{26,2 \cdot 0,4}{0,6} \approx 17,5 \text{ мм.}$$

Отложив на линии, соединяющей две точки, отрезок в 17,5 мм в сторону повышения, получим точку расположения горизонтали 179 м.

Графическое интерполирование, по сравнению с аналитическим, позволяет выполнить работу быстрее, с обеспечением необходимой точности. На кальке размером 8×10 см следует провести несколько (8–10) параллельных и равноотстоящих (через 5–7 мм) друг от друга линий (калька с параллельными линиями называется *палеткой*) (рис. 59).

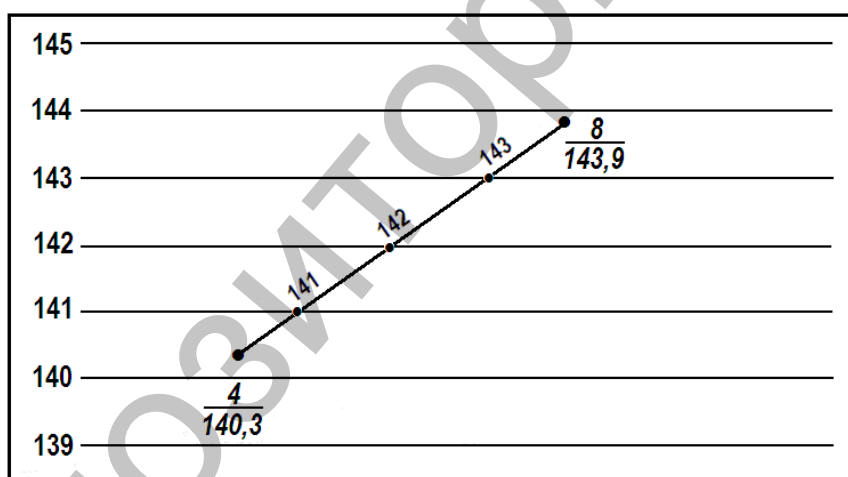


Рис. 59. Интерполирование горизонталей.

Точки 4 ($H_4 = 140,3$ м) и 8 ($H_8 = 143,9$ м) находятся на однородном склоне. Наложим палетку на линию 4–8 и установим точку 4 (мысленно разделив отрезок между линиями 140 и 141 на 10 частей) в положение, соответствующее ее высоте (140,3 м). Затем это положение зафиксируем иглой измерителя и провернем палетку до тех пор, пока точка 8 не установится в положение, соответствующее ее высоте (143,9 м) на шкале высот палетки. Иглой измерителя переколоть на план все точки пересечения параллельных линий палетки с линией 4–8 и подписать места уколов соответствующими высотами.

Аналогично выполняют интерполирование по другим линиям однородных склонов, указанных на абрисах линиями со стрелками (в сторону понижения рельефа).

Горизонтали необходимо провести плавными линиями толщиной 0,1 мм вначале карандашом, а затем коричневой тушью либо чертежным пером, либо особым рейсфедером («кривоножкой»).

Каждую пятую горизонталь утолщают до 0,25 мм. Утолщаются горизонтали с отметками, кратными 5 м, при высоте сечения рельефа через 1 м и с отметками, кратными 10 м, при высоте сечения рельефа через 2 м. На замкнутых горизонталях, а также по линиям водоразделов и тальвегов надо указать направления скатов с помощью берг-штрихов.

Отметки горизонталей наносят своим основанием в сторону падения уклона. Обычно линия горизонтали прерывается на месте подписи отметки. Необходимо на плане отметить наиболее высокие и низкие пункты местности (рис. 60).

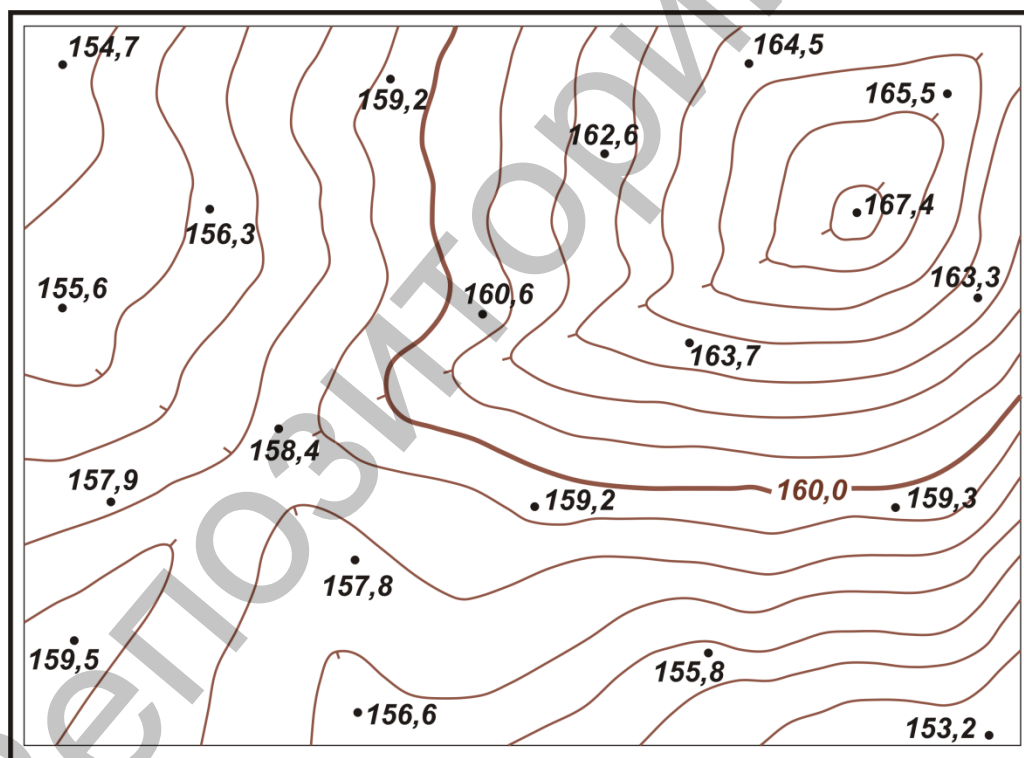


Рис. 60. Рельеф участка местности в горизонталях.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 17

Задание 29. По полевым материалам теодолитной съемки, журналу тахеометрической съемки и абрисам произвести необходимые вычисления и составить план участка в масштабе 1:1000 с высотой сечения рельефа горизонталями 1 м. Измерения выполнялись теодолитом 2Т30П.

Рекомендации по выполнению задания. Тахеометрическая съемка (съемка ситуации и рельефа) выполнена со всех точек теодолитного хода в *полярной системе координат*, в которой полюсом служит одна из точек хода, *полярной осью* является выбранное с полюса направление на другую точку теодолитного хода. *Полярный угол* отсчитывают по часовой стрелке от направления полярной оси до направления на съёмочную точку. Расстояние (*горизонтальное проложение*) определяют как проекцию на горизонтальную плоскость линии местности, соединяющей точку полюса со съёмочной точкой.

Съёмочными точками являются точки рельефа на линиях водоразделов и водосливов, седловин, перегибов рельефа, на границах ситуации и др. Во время съемки ведется *абрис* (рис. 61–64) на который наносят схематичное расположение съёмочных точек относительно полярной оси и станции, а также и другую информацию, необходимую для построения плана.

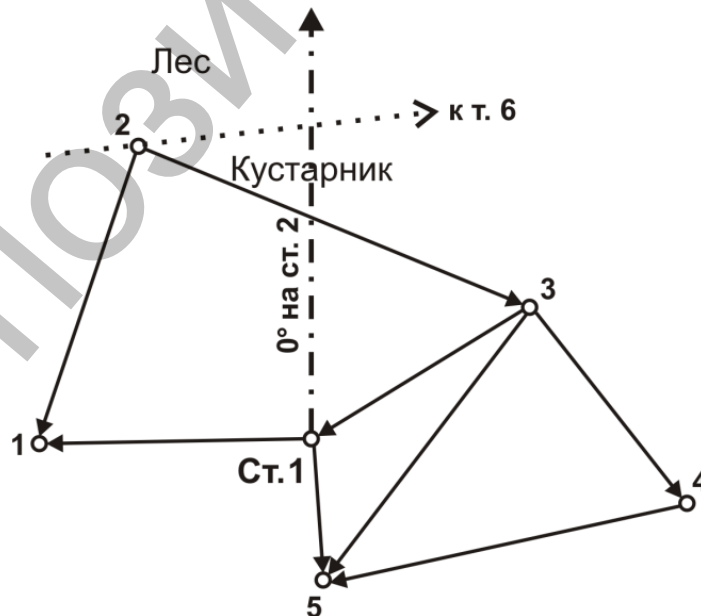


Рис. 61. Абрис тахеометрической съемки на станции 1.

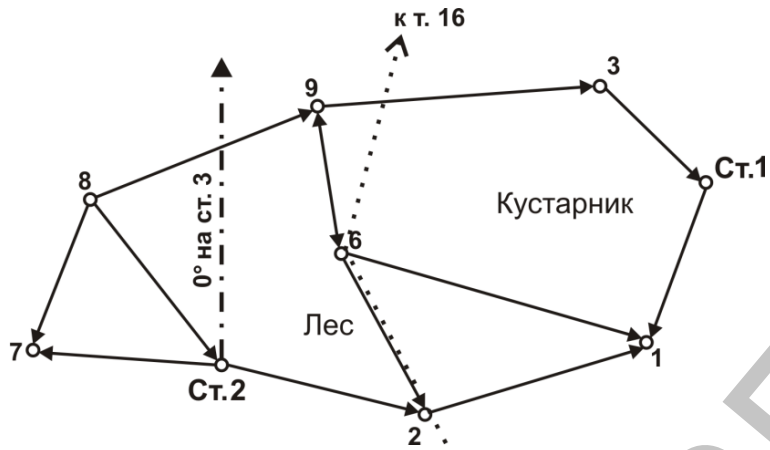


Рис. 62. Абрис тахеометрической съемки на станции 2.

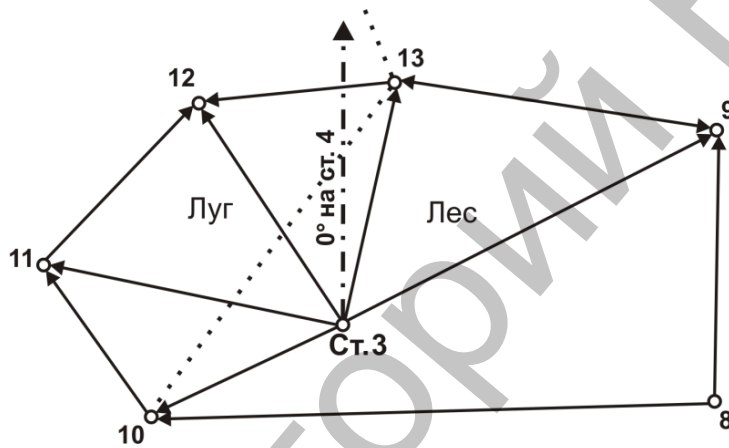


Рис. 63. Абрис тахеометрической съемки на станции 3.

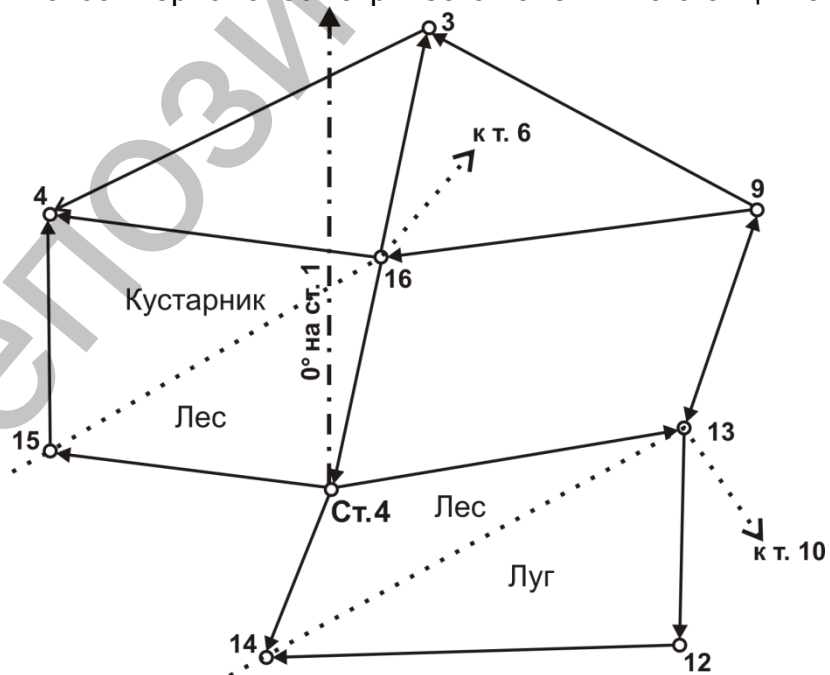


Рис. 64. Абрис тахеометрической съемки на станции 4.

Журнал тахеометрической съемки
(Исходные данные и пример обработки)

№ точек	kl м	Отсчеты		ν °	d м	h м	H м	Примечания
		ГК	ВК					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Станция 1. 0° на ст. 2 $i = 1,40$ м $V = i$							МО = +0° 30'	H _{Ст1} = 164,33 м
1	23,8	271°36'	-2°35'	-3°05'	23,7	-1,28	163,1	Кустарник
2	48,3	340°06'	+3°40'	+3°10'	48,2	+2,66	167,0	Граница кустарника и леса
3	27,7	63°47'	+2°54'	+2°24'	27,6	+1,16	165,5	Кустарник
4	57,2	127°24'	-2°10'	-2°40'	57,1	-3,76	160,6	V = 2,5 м Кустарник
5	36,5	171°33'	-1°46'	-2°16'	36,4	-1,44	162,9	Кустарник
Станция 2. 0° на ст. 3 $i = 1,45$ м $V = i$							МО = +0° 30'	H _{Ст2} = 169,68 м
6	29,3	47°34'	+1°41'	+1°11'	29,3	+0,61	170,3	Граница леса и кустарника
7	14,7	300°15'	+3°59'	+3°29'	14,6	+0,89	170,6	Лес
8	30,1	340°29'	+8°18'	+7°48'	29,5	+3,49	173,2	V = 2,0 м Лес
9	33,8	15°54'	+7°19'	+6°49'	33,3	+0,67	170,4	V = 3,0 м Лес
Станция 3. 0° на ст. 4 $i = 1,47$ м $V = i$							МО = -0° 30'	H _{Ст3} = 171,57 м
10	21,3	237°05'	-1°36'	-1°06'	21,3	-0,41	171,2	Граница леса и луга
11	35,8	275°11'	-3°30'	-3°00'	35,7	-1,87	169,7	Луг
12	27,6	315°25'	-8°16'	-7°46'	27,1	-3,7	167,9	Луг
13	18,8	36°38'	-4°12'	-3°42'	18,7	-1,21	170,4	Граница леса и луга
Станция 4. 0° на ст. 1 $i = 1,41$ м $V = i$							МО = -0° 30'	H _{Ст4} = 164,15 м
14	29,5	184°51'	-3°36'	-3°06'	29,4	-1,59	162,6	Граница леса и луга
15	42,7	283°08'	-4°03'	-3°33'	42,5	-2,65	161,5	Граница леса и кустарника
16	35,6	10°04'	+4°53'	+5°23'	35,3	+3,74	167,9	V = 1,0 м Граница леса и кустарника

В ходе тахеометрической съемки получена следующая информация, занесенная в тахеометрический журнал (табл. 23):

- колонка 1: номера съемочных точек. Нумерация точек сквозная, независимо от числа станций;
- колонка 2: дальномерное расстояние kl до съемочной точки от станции, в метрах (количество сантиметров между дальномерными нитями сетки нитей зрительной трубы теодолита, умноженное на коэффициент дальномера – 100);
- колонка 3: отсчет по горизонтальному кругу теодолита, соответствующий *полярному углу* направления на съемочную точку;
- колонка 4: отсчет по вертикальному кругу теодолита (при круге лево – КЛ);

- колонка 9: дополнительная информация о съемочной точке одновременно с зарисовкой на абрисе.

Исходные данные тахеометрической съемки для всех вариантов приведены в табл. 23. Колонки 1–4 заполняют данными вариантов обработки материалов теодолитной съемки (см. задание 26), колонки 5–8 вычисляют в ходе обработки журнала. Место нуля вертикального круга равно $\pm 0^\circ \text{№}_{\text{вар.}'}$, для станций 1–2 знак +, 3–4 знак –.

Последовательность обработки журнала тахеометрической съемки следующая.

1. Вычисление углов наклона

Угол наклона ν вычисляют по формуле:

$$\nu = KL - M0,$$

где KL – отсчет по вертикальному кругу теодолита на съемочную точку при круге лево; $M0$ – место нуля вертикального круга теодолита.

Пример. Вычисление углов наклона.

$$\nu_1 = -2^\circ 35' - (+0^\circ 30') = -3^\circ 05',$$

$$\nu_3 = +2^\circ 54' - (+0^\circ 30') = +2^\circ 24',$$

$$\nu_{10} = -1^\circ 36' - (-0^\circ 30') = -1^\circ 06',$$

$$\nu_{16} = +4^\circ 53' - (-0^\circ 30') = -5^\circ 23'.$$

2. Вычисление горизонтальных проложений

При тахеометрической съемке значение горизонтального проложения d получают из произведения:

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

где kl – дальномерное расстояние ($k=100$ – коэффициент дальномера теодолита, l – отсчет по рейке между дальномерными нитями, см); ν – угол наклона.

Значения горизонтального проложения округляют до 0,1 м.

Пример. Вычисление горизонтальных проложений.

$$d_1 = 23,8 \times \cos^2 3^\circ 05' = 23,7 \text{ м},$$

$$d_3 = 27,7 \times \cos^2 2^\circ 24' = 27,6 \text{ м},$$

$$d_{10} = 21,3 \times \cos^2 1^\circ 06' = 21,3 \text{ м},$$

$$d_{16} = 35,6 \times \cos^2 5^\circ 23' = 35,3 \text{ м}.$$

Необходимо отметить, что для углов наклона до $1^\circ 30'$ величина горизонтального проложения практически равна дальномерному расстоянию.

3. Определение превышений

Для определения превышений используется формула:

$$h = d \operatorname{tg} \nu + i - V,$$

где d – горизонтальное проложение; ν – угол наклона; i – высота прибора; V – высота наведения на рейке центральной горизонтальной нити сетки нитей зрительной трубы теодолита (указывается в примечаниях журнала тахеометрической съемки; если такого указания для точки нет, то это значит, что $V = i$).

При $V = i$ формула упрощается:

$$h = d \operatorname{tg} \nu.$$

Значения превышений следует округлить до 0,01 м.

Пример. Вычисление превышений.

$$h_1 = 23,7 \times \operatorname{tg} (-3^\circ 05') = -1,28 \text{ м},$$

$$h_3 = 27,6 \times \operatorname{tg} (+2^\circ 24') = +1,16 \text{ м},$$

$$h_4 = 57,1 \times \operatorname{tg} (-2^\circ 40') + 1,40 - 2,50 = -3,76 \text{ м},$$

$$h_{16} = 35,3 \times \operatorname{tg} (+5^\circ 23') + 1,41 - 1,00 = +3,74 \text{ м}.$$

Вычисление высот точек

Формула для вычисления абсолютных высот H_i точек тахеометрической съемки имеет следующий вид:

$$H_i = H_{\text{Ст.}} + h_i,$$

где $H_{\text{Ст.}}$ – абсолютная высота станции, т.е. абсолютная высота точки (полюса), на которой установлен теодолит для производства тахеометрической съемки; h_i – превышение съёмочной точки над полюсом.

Абсолютные высоты съёмочных точек 1–5 следует определять относительно станции 1, съёмочных точек 6–9 – относительно станции 2 и т.д.

Значения абсолютных высот точек необходимо округлить до 0,1 м.

Пример. Вычисление абсолютных высот точек хода.

$$H_1 = 164,33 + (-1,28) = 163,05 = 163,1 \text{ м},$$

$$H_2 = 164,33 + (+2,66) = 166,99 = 167,0 \text{ м},$$

$$H_6 = 169,68 + (+0,61) = 170,29 = 170,3 \text{ м},$$

$$H_{10} = 171,57 + (-0,41) = 171,16 = 171,2 \text{ м},$$

$$H_{14} = 164,15 + (-1,59) = 162,56 = 162,6 \text{ м и т.д.}$$

Аналогичный расчет высот производится и с других станций с учетом их абсолютных высот.

4. Построение плана

Для составления плана тахеометрической съемки используется полигон теодолитной съемки (см. задание 26).

Нанесение на план точек тахеометрической съемки.

Поскольку тахеометрическая съемка выполнялась в полярной системе координат, то и графическое нанесение точек тахеометрической съемки производится в той же системе. Данные для графического построения точек необходимо взять из журнала тахеометрической съемки (табл. 23).

Для построения используются:

- полярный угол (угол, отсчитываемый от направления полярной оси по часовой стрелке до направления на точку, равен по величине отсчету ГК по горизонтальному кругу);
- расстояние – горизонтальное проложение до точки от станции (записано в столбце 6 табл. 23);
- номер точки и ее абсолютная высота – соответственно 1 и 8 столбцы.

Очевидно, что все полярные углы для направлений на точки 1–5 необходимо откладывать по часовой стрелке от направления 1–2 (вершина угла в точке 1), для точек 6–9 – по часовой стрелке от направления 2–3 (вершина угла в точке 2) и т.д. (рис. 64).

В месте положения точки, построенной указанным способом, необходимо сделать накол иглой измерителя, подписать карандашом номер точки и ее абсолютную высоту.

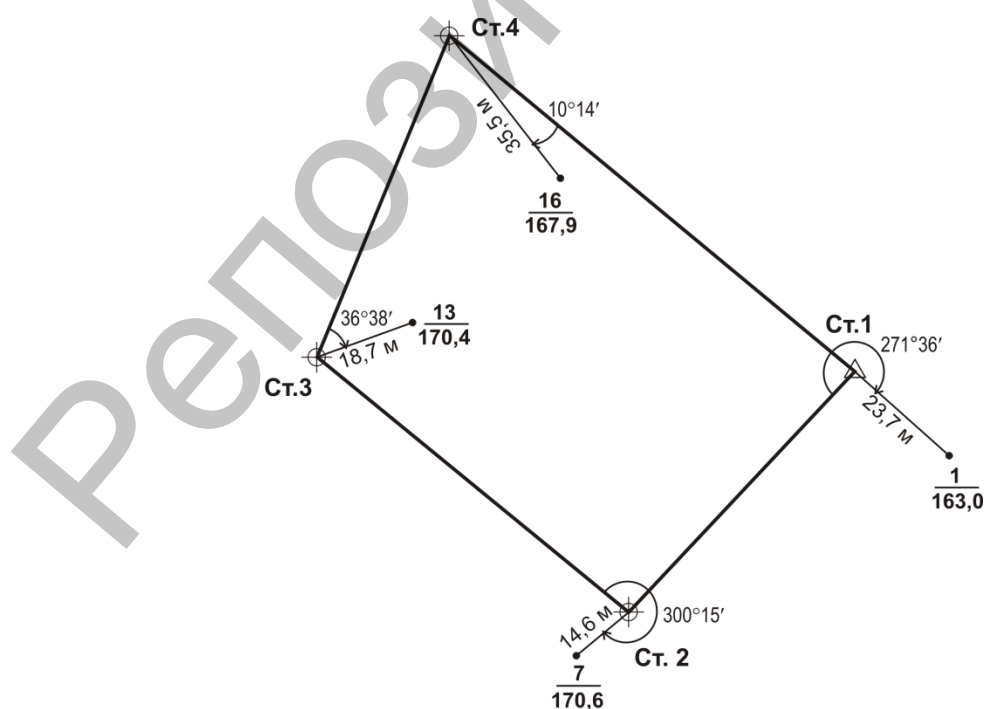


Рис. 65. Нанесение точек тахеометрической съемки на план.

В ходе нанесения точек на план необходимо:

1. Горизонтальные углы (ГК) откладывать в соответствии с точностью транспортира.
2. Направление на съемочные точки от станции на чертеже не прочерчивать.
3. Используемые для построения величины горизонтальных углов (ГК) и горизонтальных проложений на чертеже не подписывать.

Величины горизонтальных проложений по отмеченному направлению на точку откладывают с помощью измерителя и поперечного масштаба.

5. Построение рельефа

На абрисах тахеометрической съемки (рис. 61–64) стрелками указаны линии однородных скатов (склонов) в сторону понижения рельефа. По указанным однородным скатам можно выполнять интерполирование горизонталей, кратных высоте сечения рельефа. Интерполировать можно только по линиям однородных склонов.

Линии, соединяющие точки теодолитного хода в задании интерполировать нельзя, поскольку направления по ним не являются однородными.

После интерполирования всех однородных отрезков, указанных в абрисах, приступают к рисовке горизонталей. Проводят плавные кривые линии через одинаковые высотные отметки, полученные в результате интерполяции.

Допускается при укладке горизонталей несколько смещать их плановое положение (если это необходимо) относительно точек интерполяции (допускается смещение до $1/4$ от величины сечения рельефа).

6. Нанесение на план ситуации

Для нанесения ситуации следует использовать информацию, приведенную в примечаниях журнала тахеометрической съемки, абрисах тахеометрической съемки. Граница ситуации (лес, луг, кустарник) строится по соответствующим точкам тахеометрической съемки.

7. Оформление плана

План местности оформляется тушью по принятым условным обозначениям.

ПЛАН

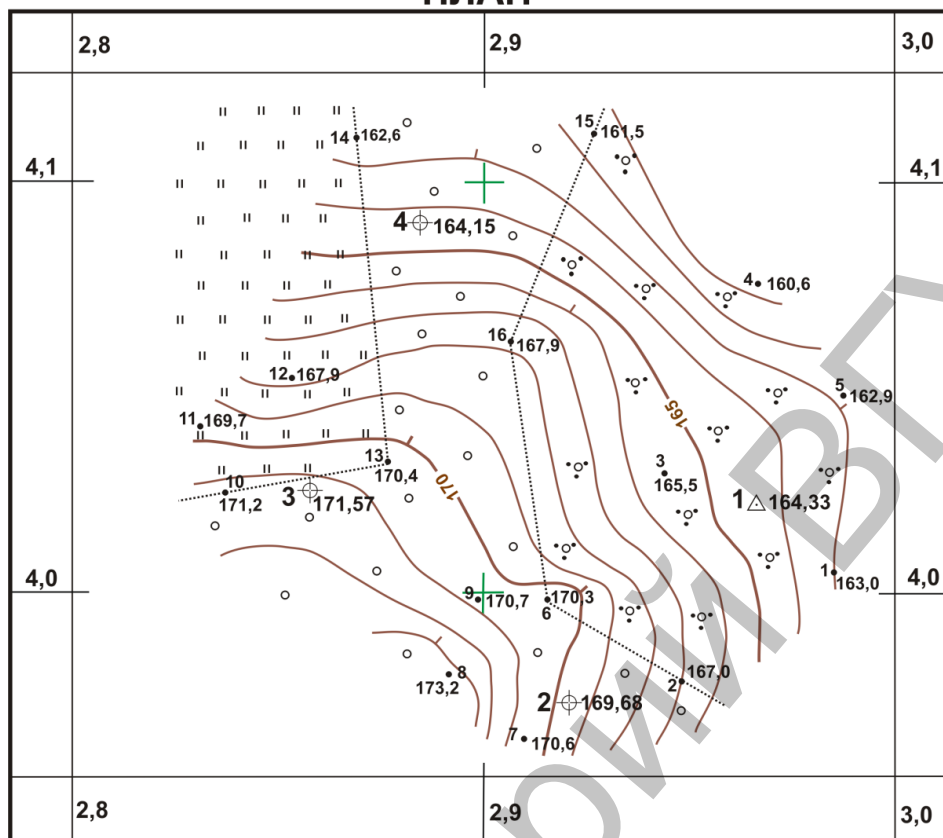


Рис. 66. Образец оформления топографического плана.

Оригинал изображения – черно-белый. Горизонталы – коричневым цветом. Координатная сетка (места пересечения координатных линий) – зеленый цвет.

Все линии проводят толщиной 0,1 мм. Внешняя рамка плана – линией 0,7 мм. Горизонталы, кратные 5 м, провести утолщенными линиями (0,3 мм) и подписать в соответствии с формой рельефа. У части горизонталей поставить бергштрихи (всего 5–6 бергштрихов).

Для изображения объектов пользоваться «Условными знаками топографических планов масштабов 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000» [8]. Все записи на плане выполняют чертежным шрифтом.

В правом верхнем углу плана ставится аббревиатура вуза, посередине – «Учебный план». Внизу по центру рисунка указать масштаб плана, ниже запись «Сплошные горизонталы проведены через 1 м». Еще ниже: «Система координат и высот условная». (рис. 66).

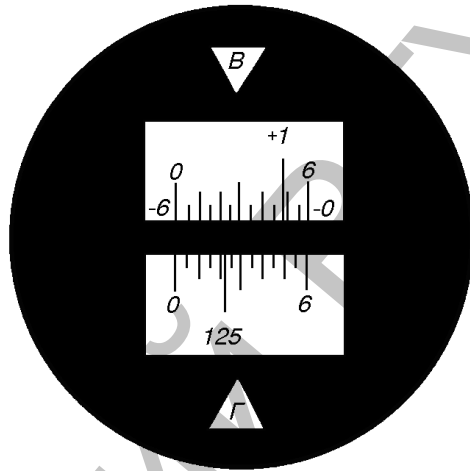
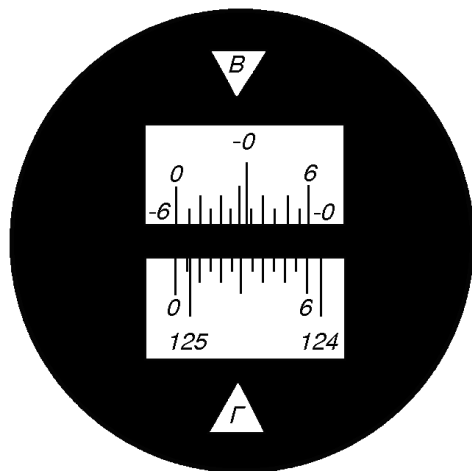
ЛИТЕРАТУРА

1. Курашев Г.Д., Смирнов Л.Е. Геодезия и топография. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 176 с.
2. Топография с основами геодезии: учебник для студ. географ. спец. ун-тов / А.П. Божок, К.И. Дрич, С.А. Евтифеев и др.; под ред. А.С. Харченко и А.П. Божок. – М.: Высшая школа, 1986. – 304 с.
3. Курдин С.И. Картография с основами топографии: лабораторный практикум. – Минск: Экоперспектива, 2006. – 206 с.
4. Найдин И.Н., Найдина К.В. Руководство к практическим занятиям по геодезии: учеб. пособие для техникумов. – М.: Недра, 1991. – 208 с.
5. Неумывакин Ю.К., Смирнов А.С. Практикум по геодезии. – М.: Картгеоцентр - Геодезиздат, 1995. – 315 с.
6. Чекалин С.И. Топографические и специальные карты: учеб. пособие по курсу «Картография». – М.: РГГРУ, 2007. – 126 с.
7. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. – М.: Недра, 1983.
8. Условные знаки для топографической карты масштаба 1:10000. – М.: Недра, 1977. – 143 с.
9. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. – М.: ФГУП Картгеоцентр, 2004.
10. Топографо-геодезические термины: справочник / Б.С. Кузьмин, Ф.Я. Герасимов, В.М. Молоканов и др. – М.: Недра, 1989. – 261 с.
11. Машенцева Л.Д., Осауленко Л.Е., Первухин Г.А. Картографическое черчение и оформление карт: учеб. пособие. – Киев: Вища школа, 1986. – 176 с.

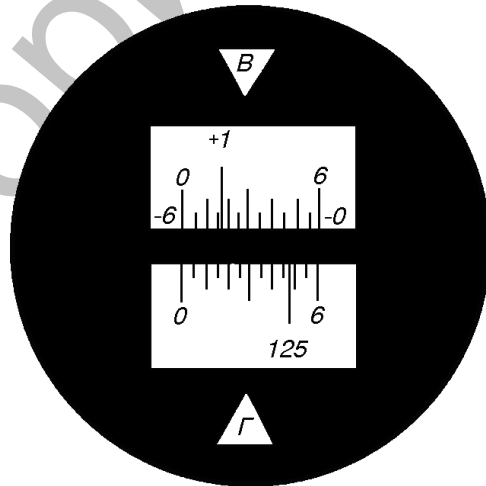
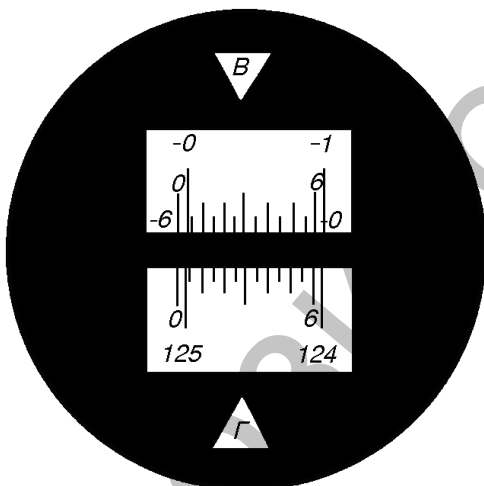
ПРИЛОЖЕНИЕ

Варианты к заданию 22

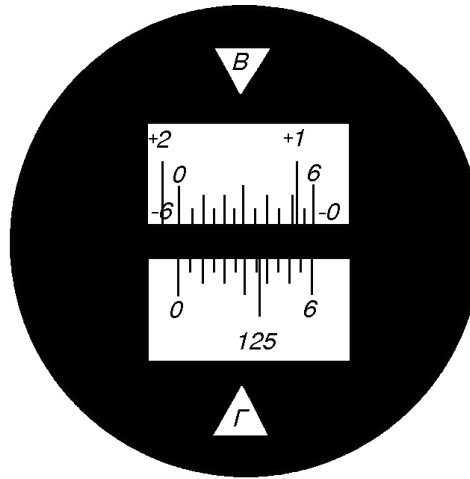
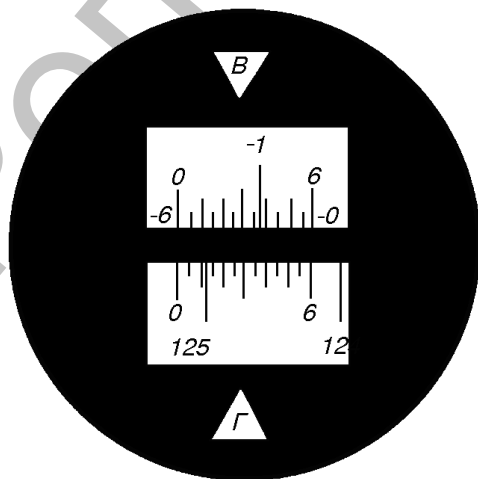
Теодолит 2Т30П



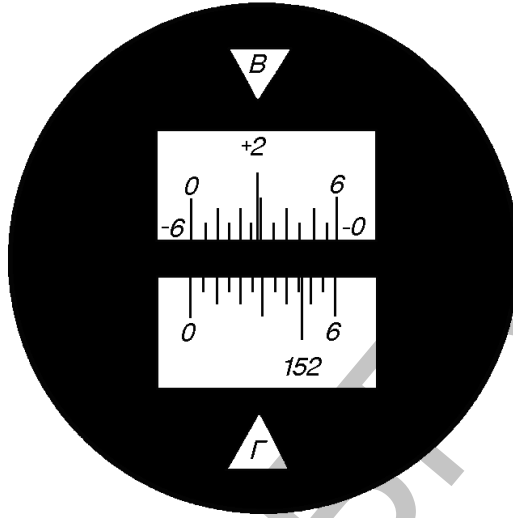
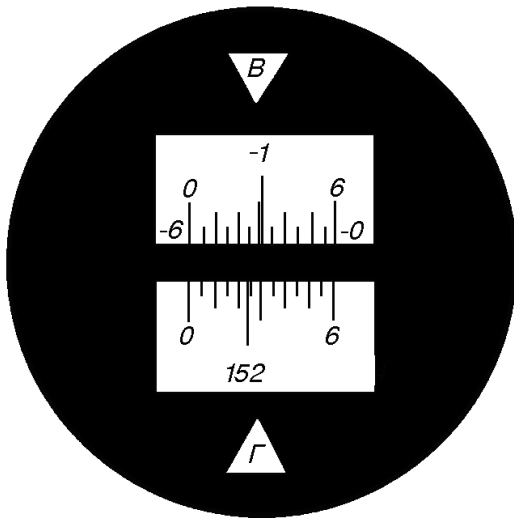
1



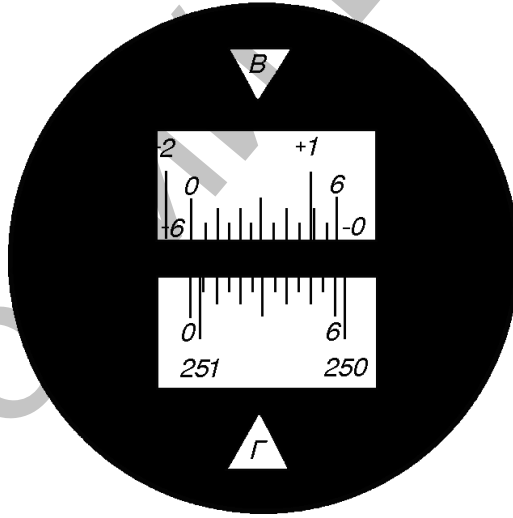
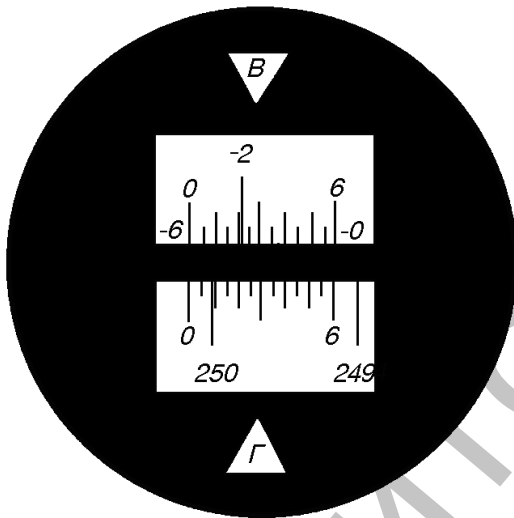
2



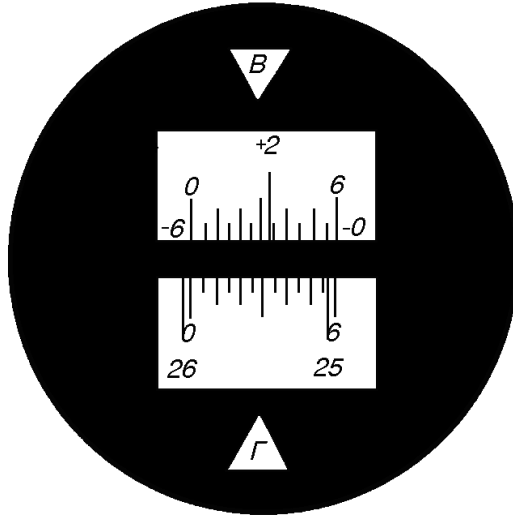
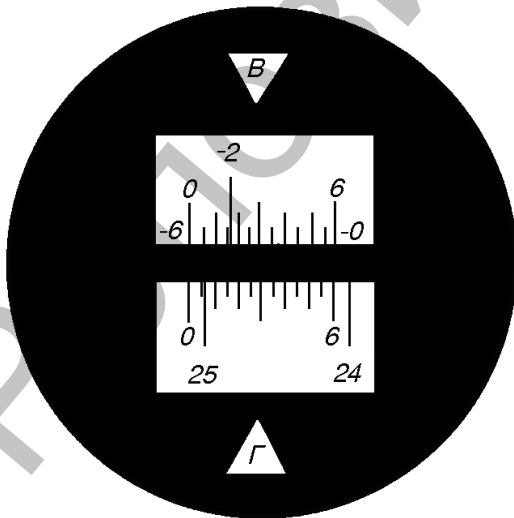
3



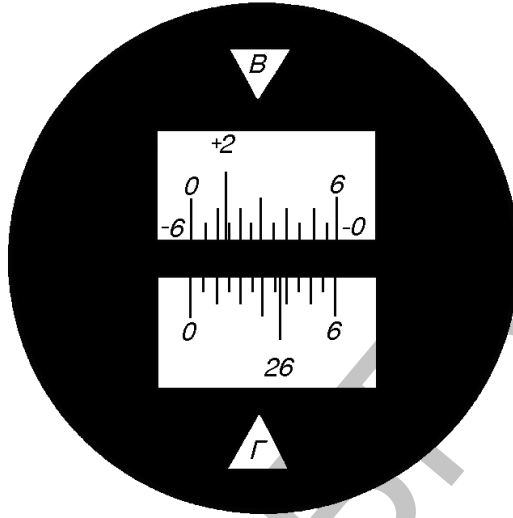
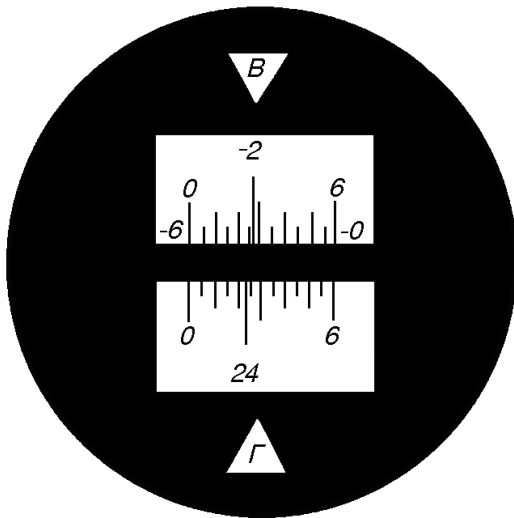
4



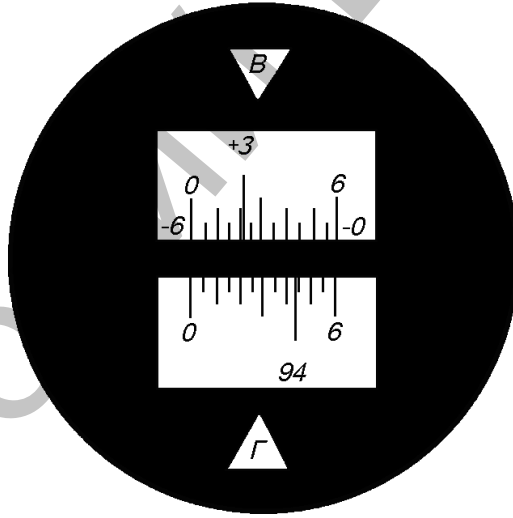
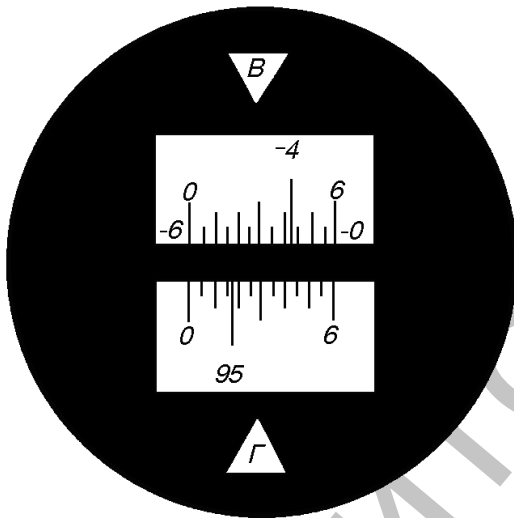
5



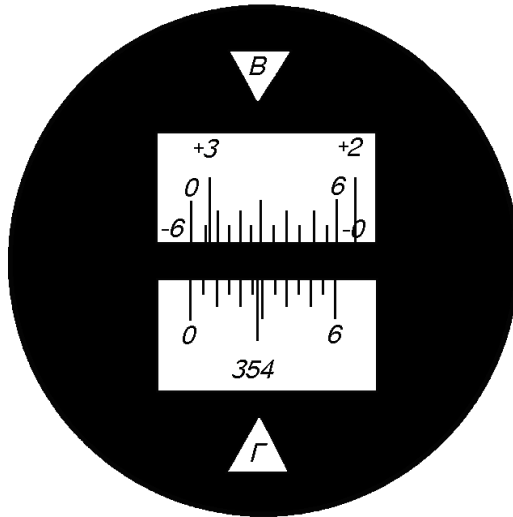
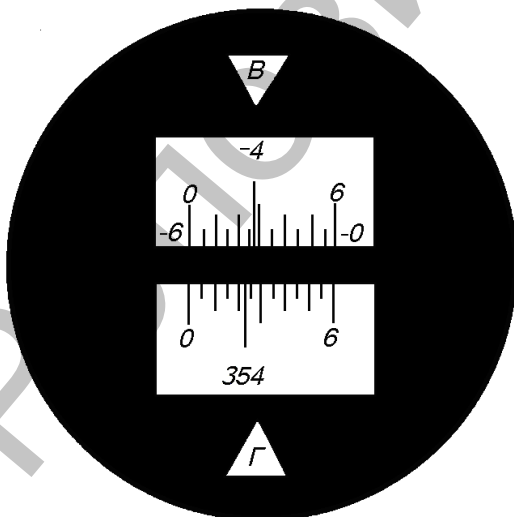
6



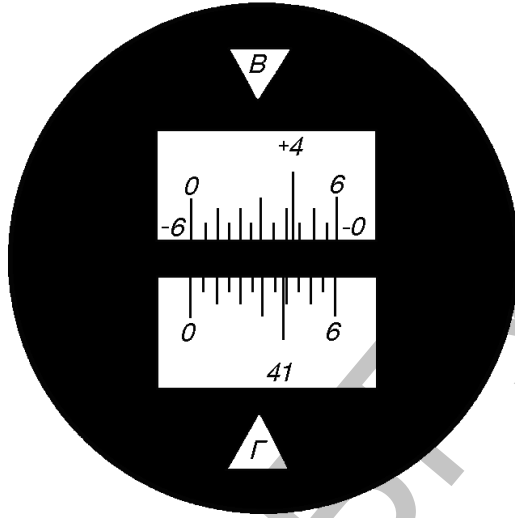
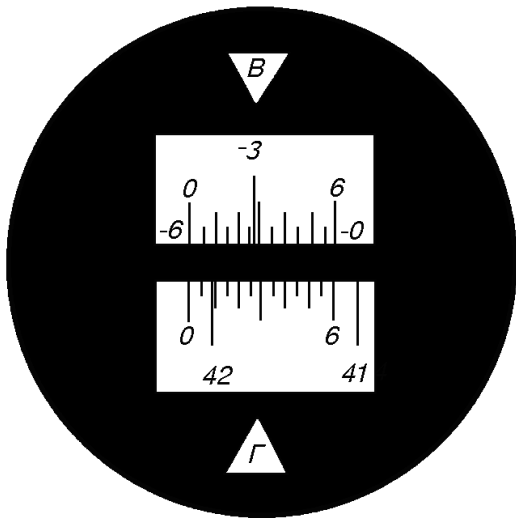
7



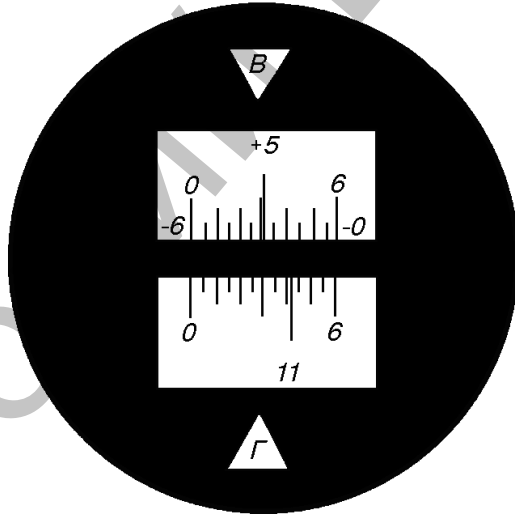
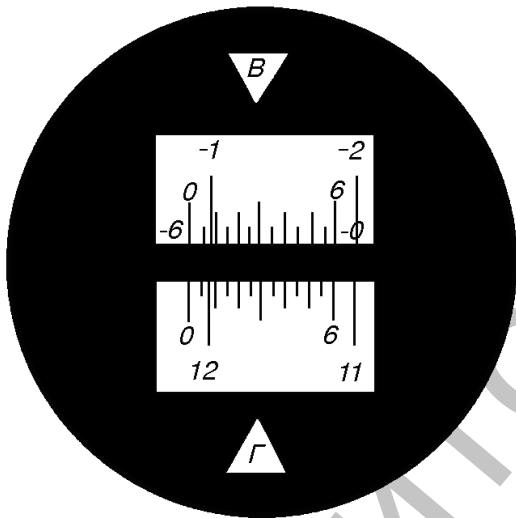
8



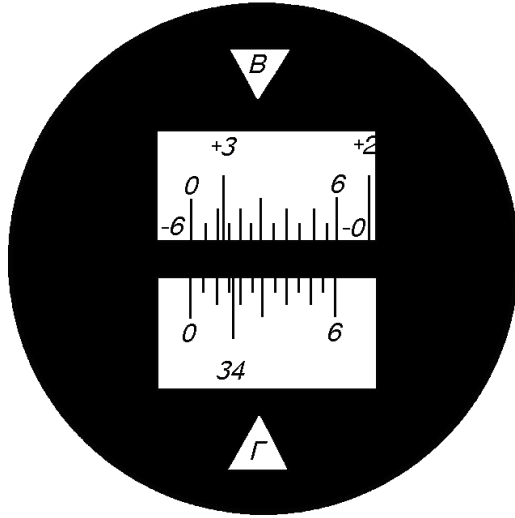
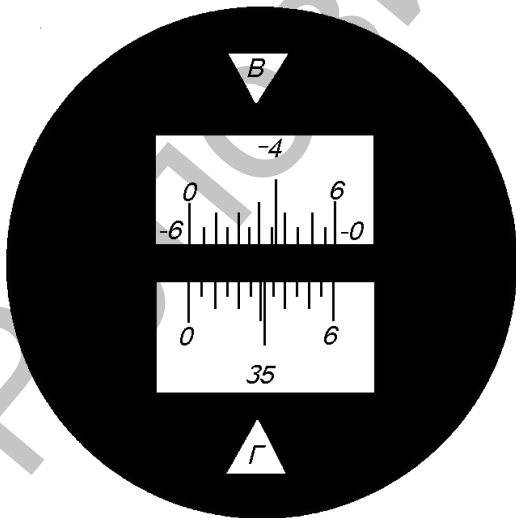
9



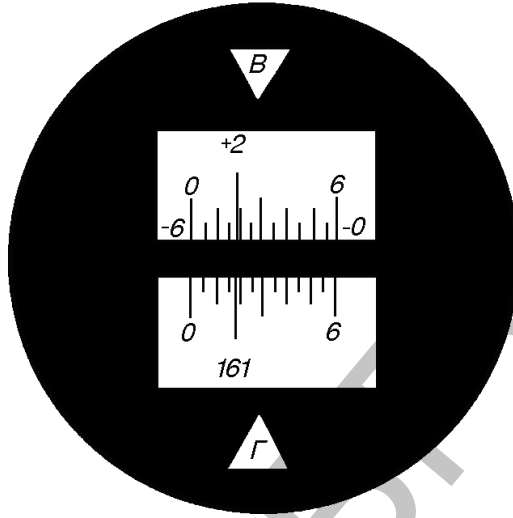
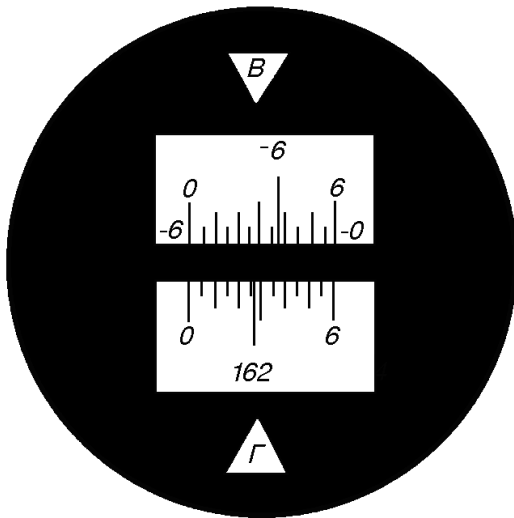
10



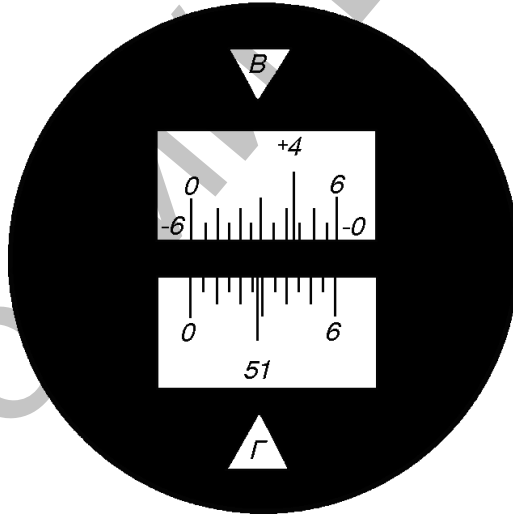
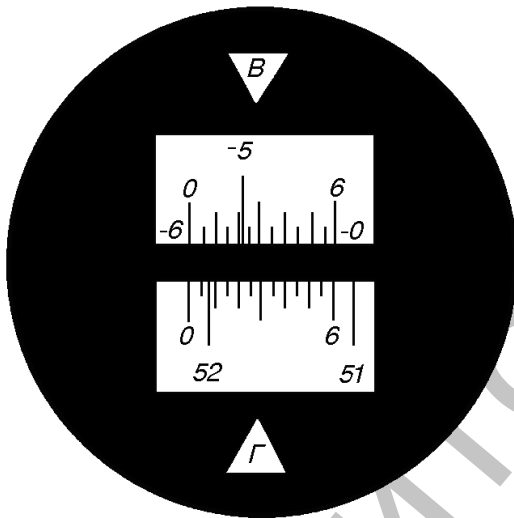
11



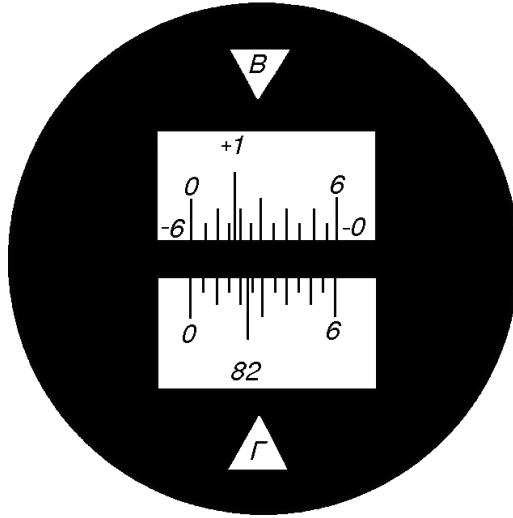
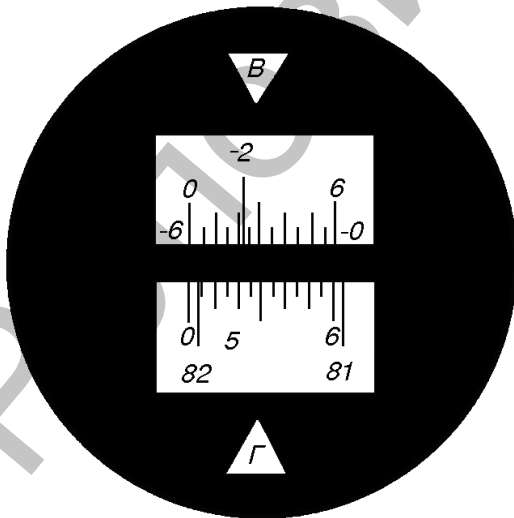
12



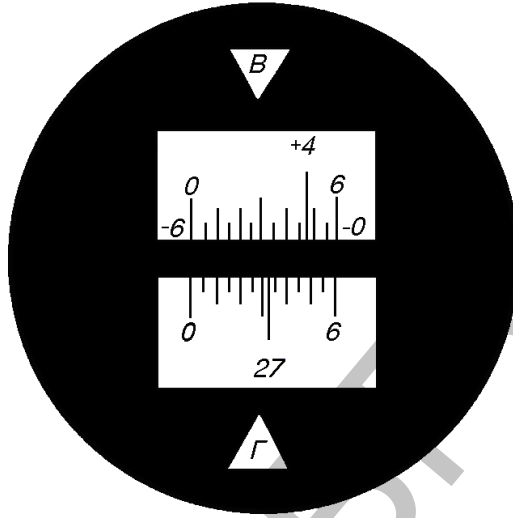
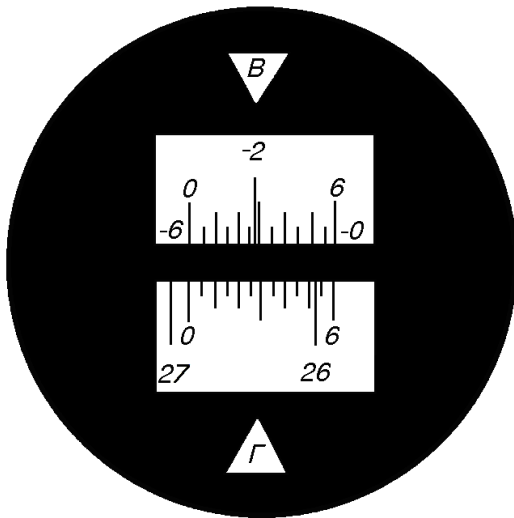
13



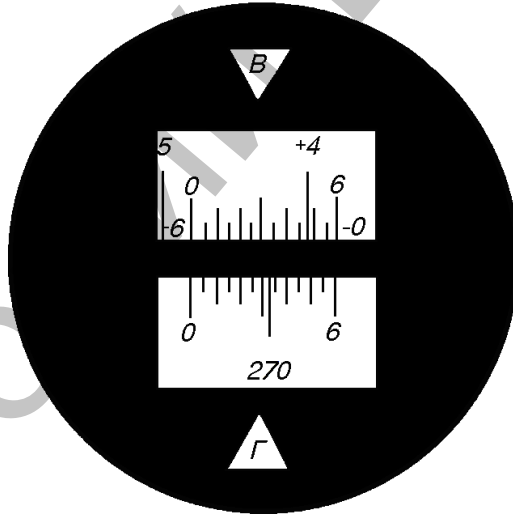
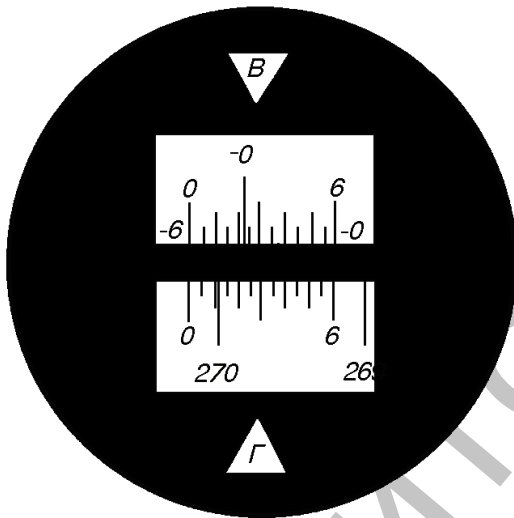
14



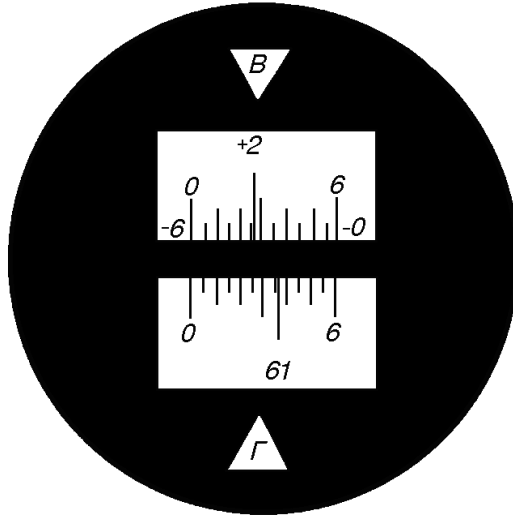
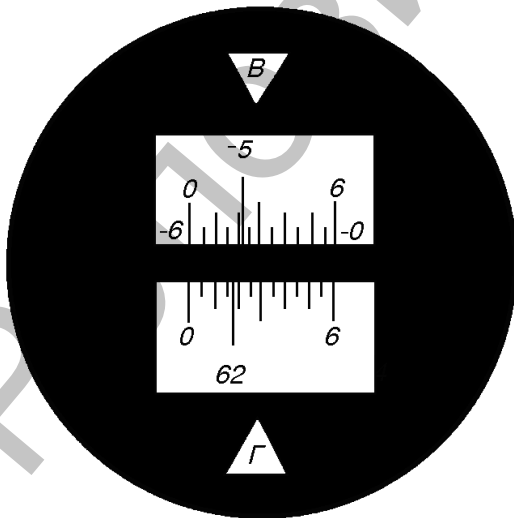
15



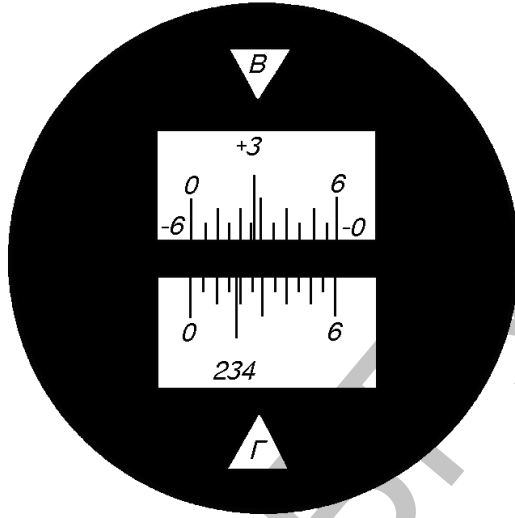
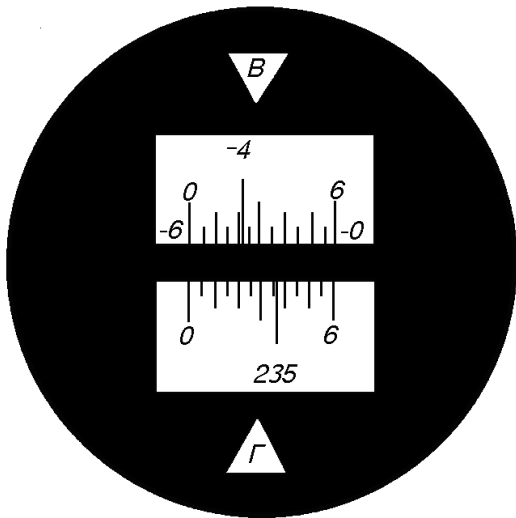
16



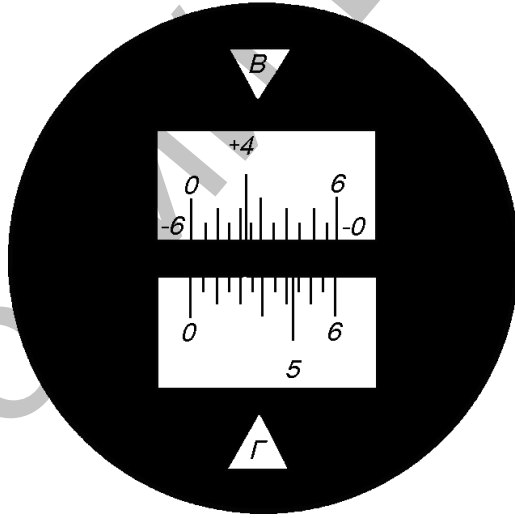
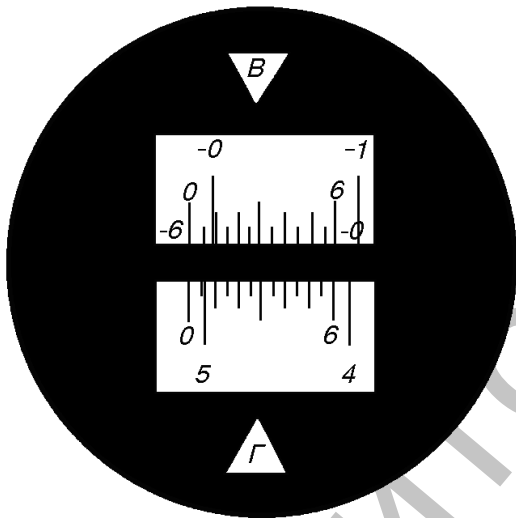
17



18



19

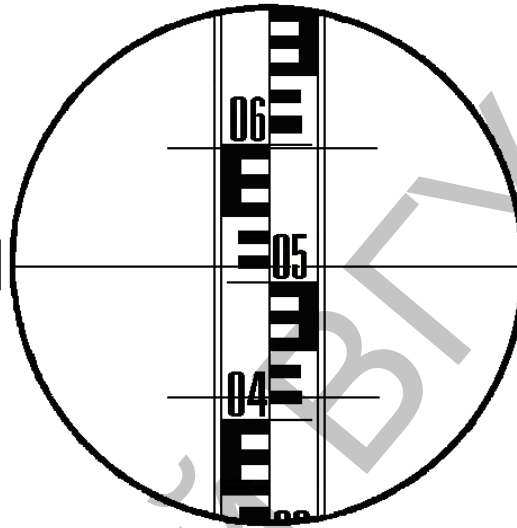
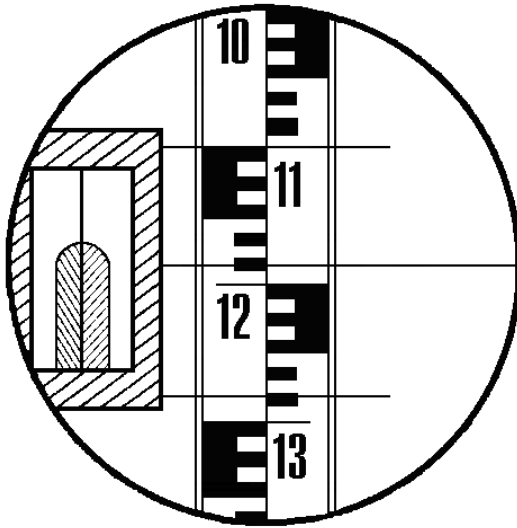


20

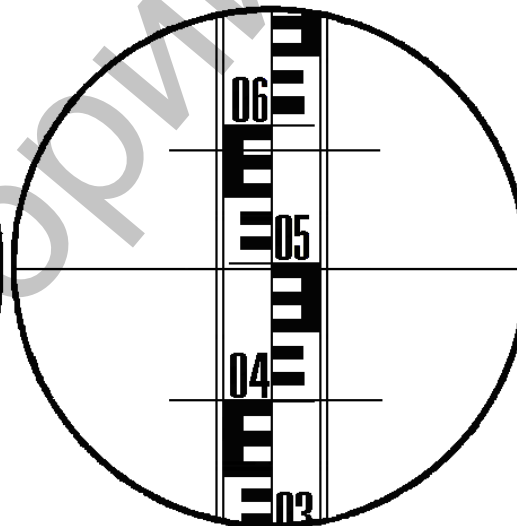
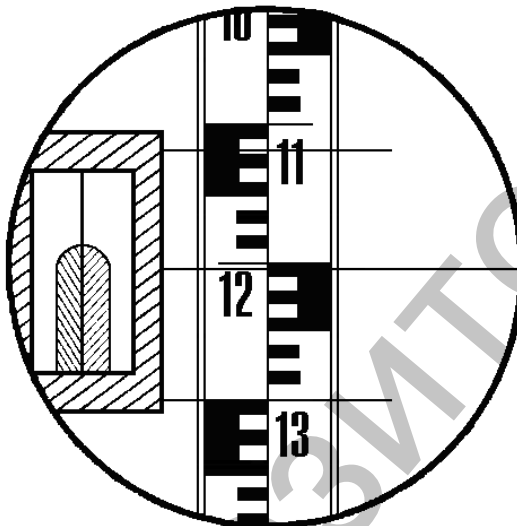
Варианты к заданию 23

Нивелир НЗ

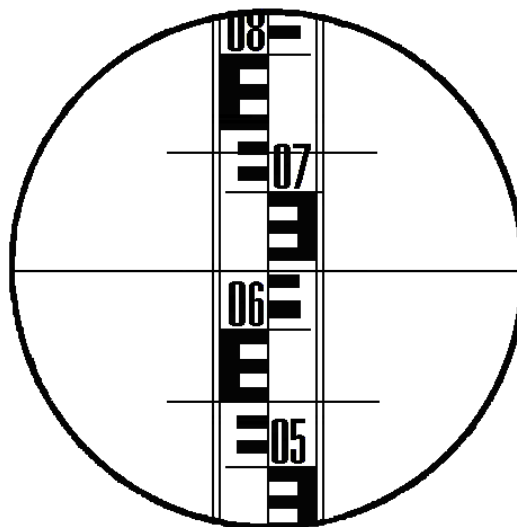
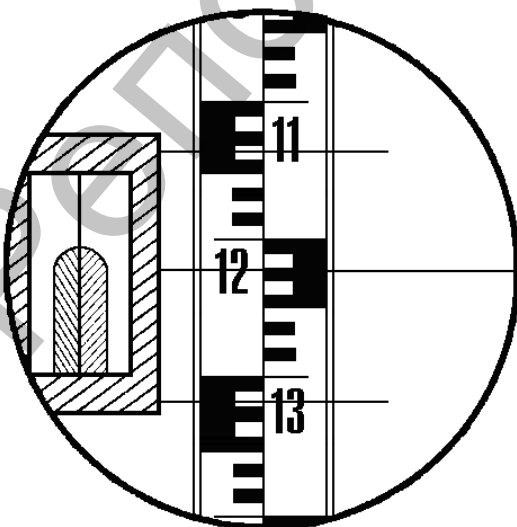
Нивелир НЗ-5Л



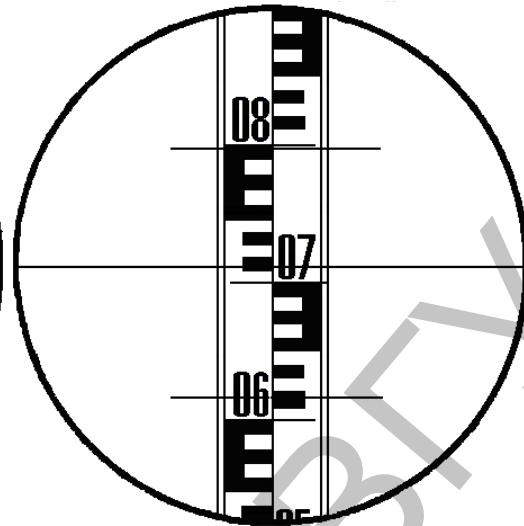
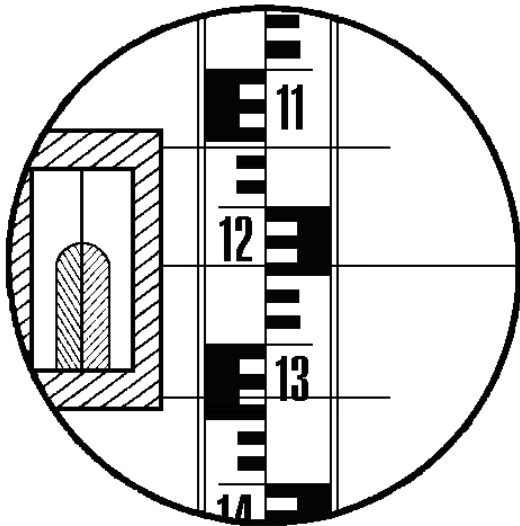
1



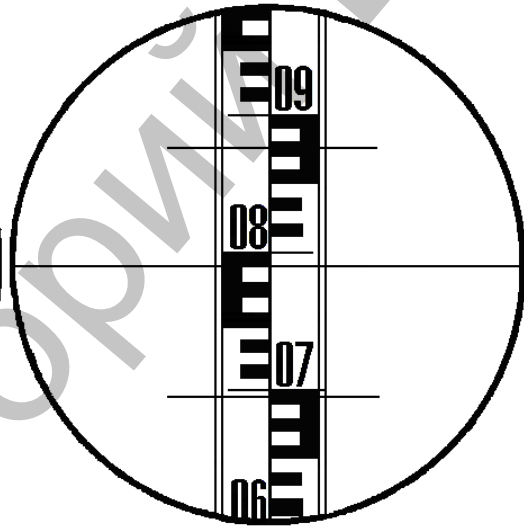
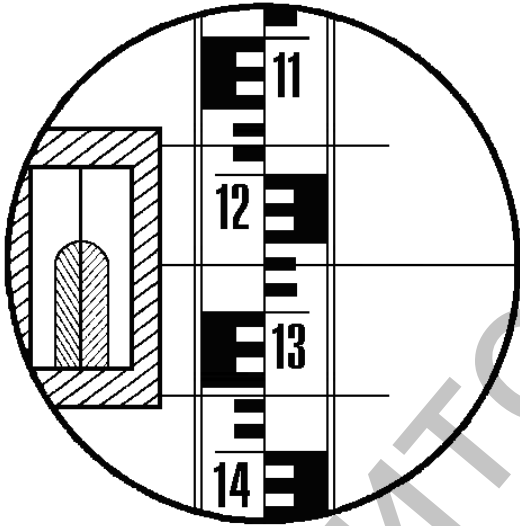
2



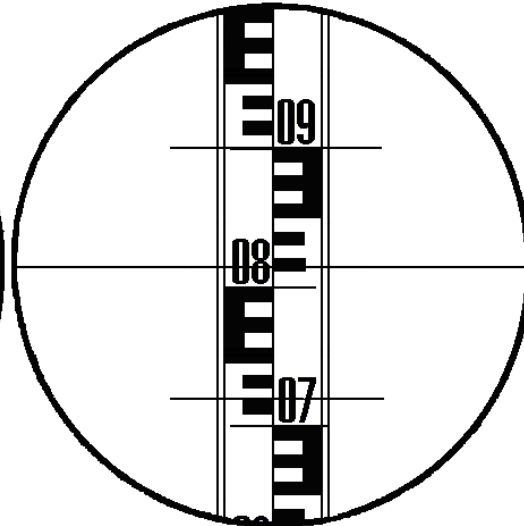
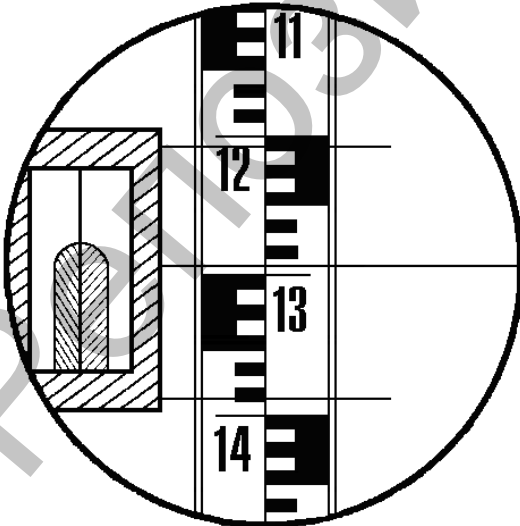
3



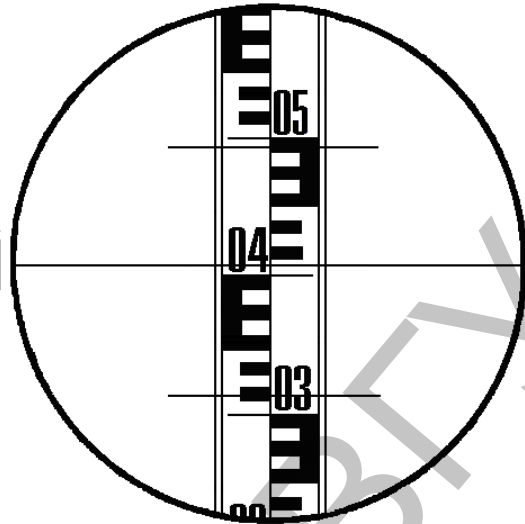
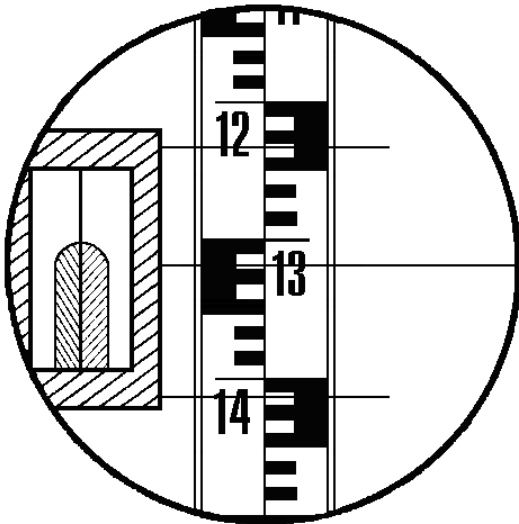
4



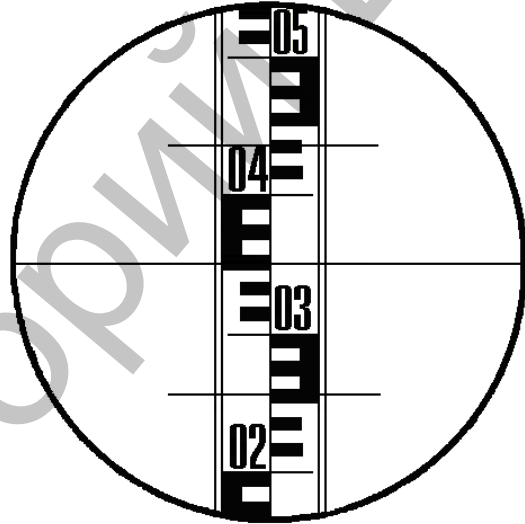
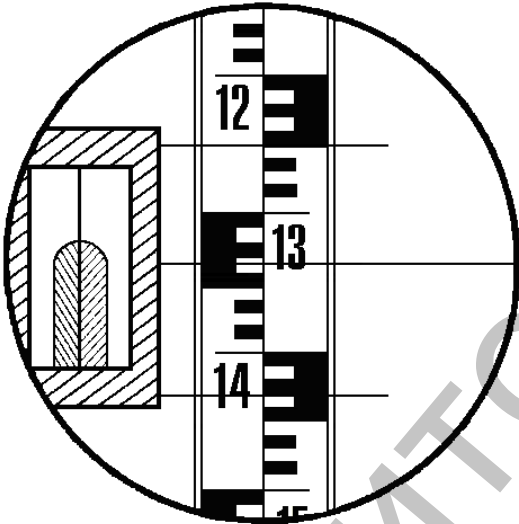
5



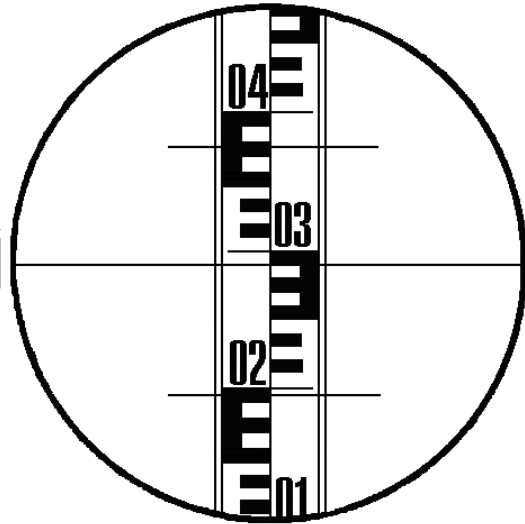
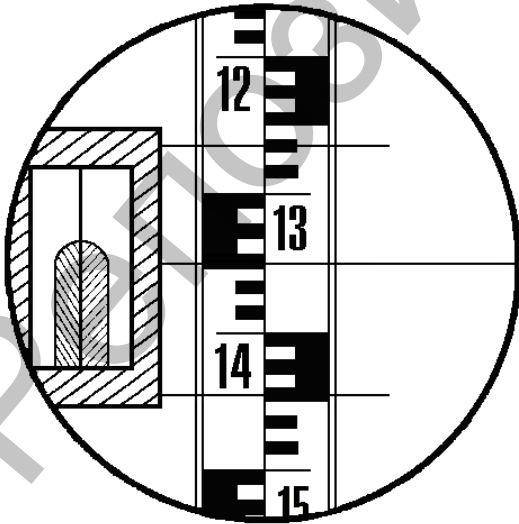
6



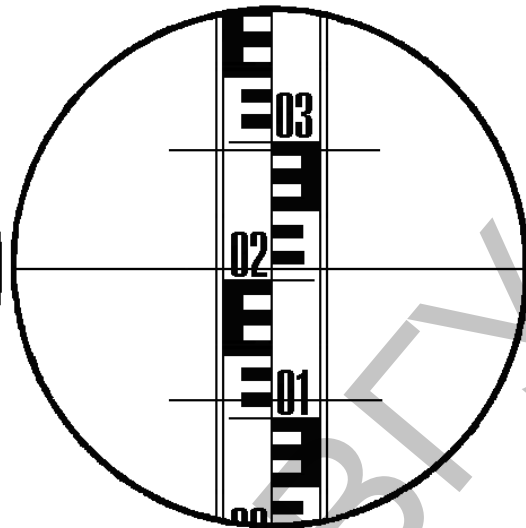
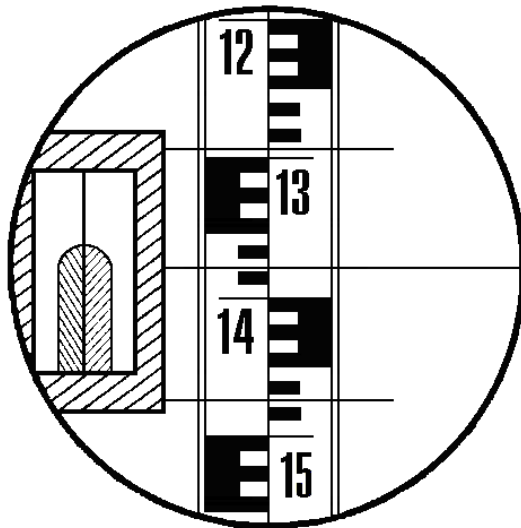
7



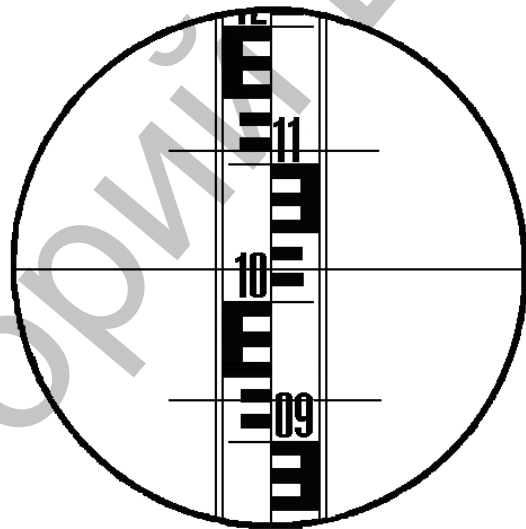
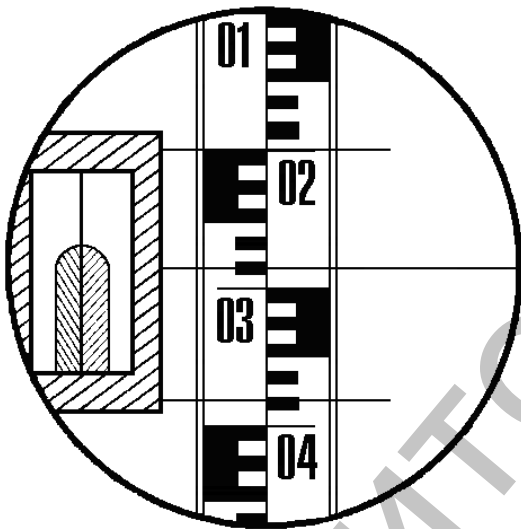
8



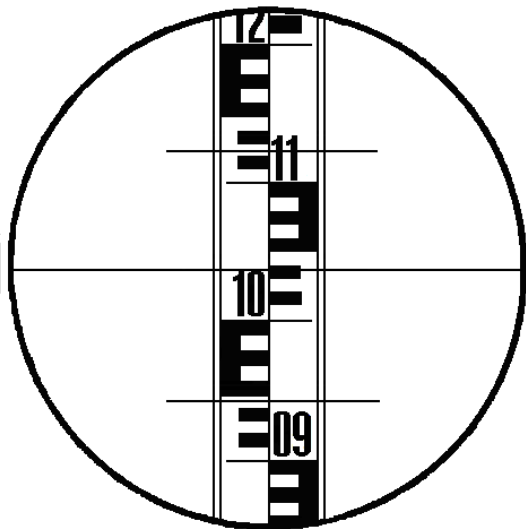
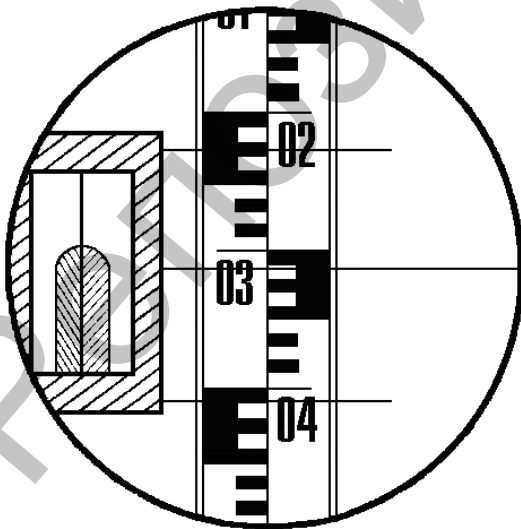
9



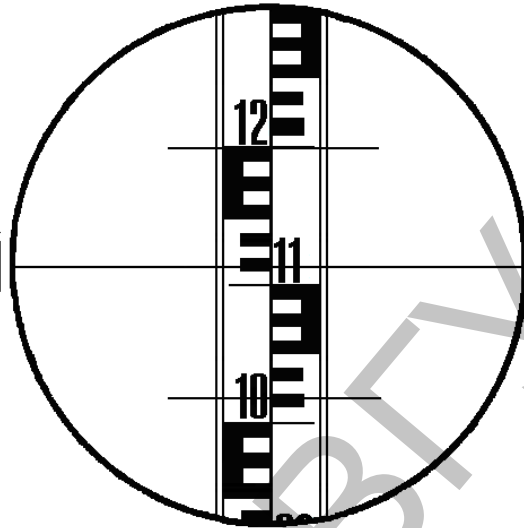
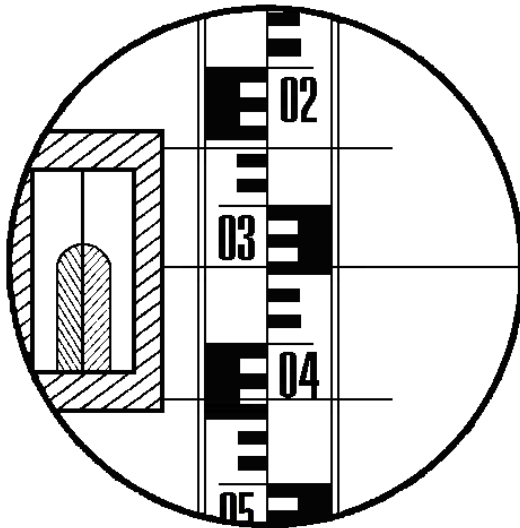
10



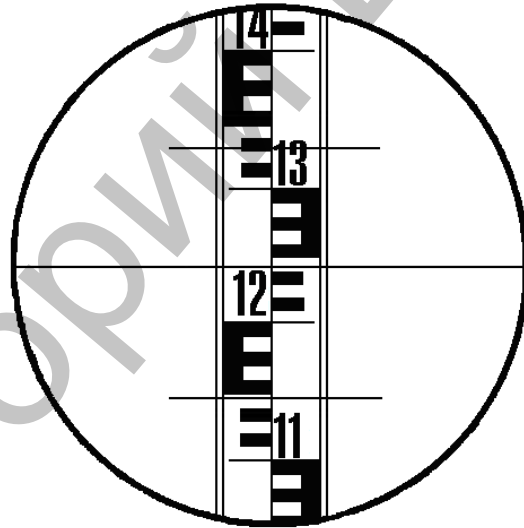
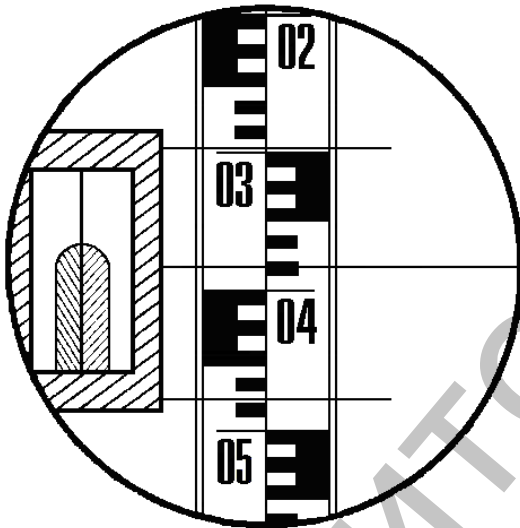
11



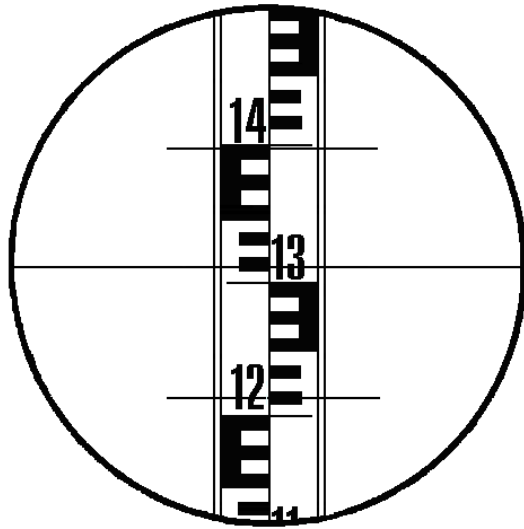
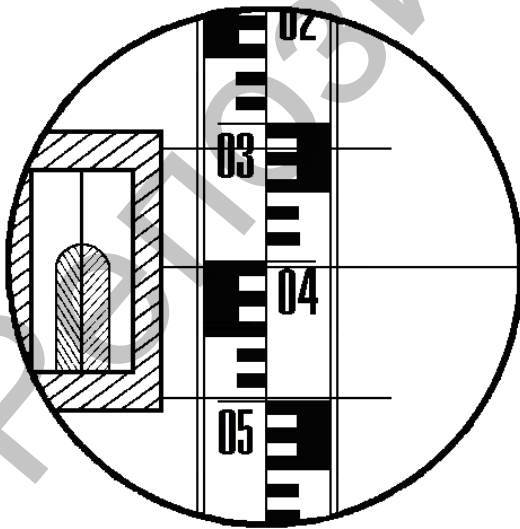
12



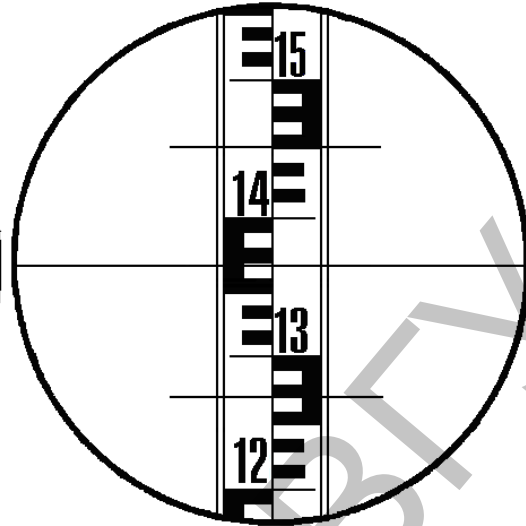
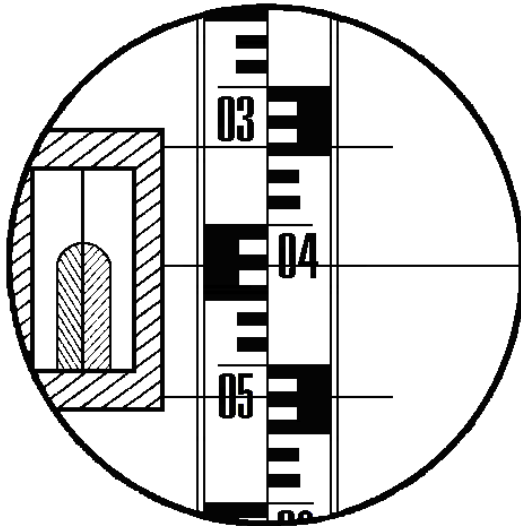
13



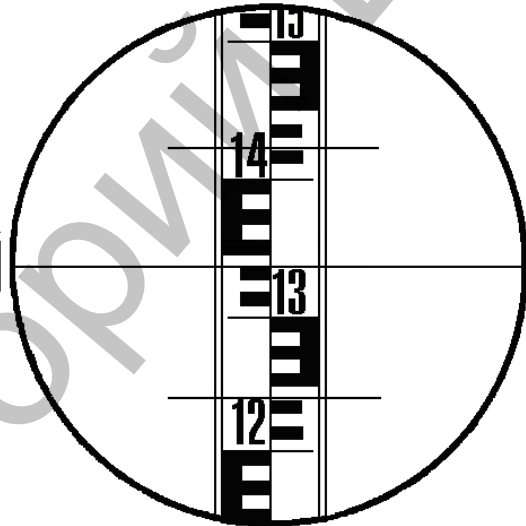
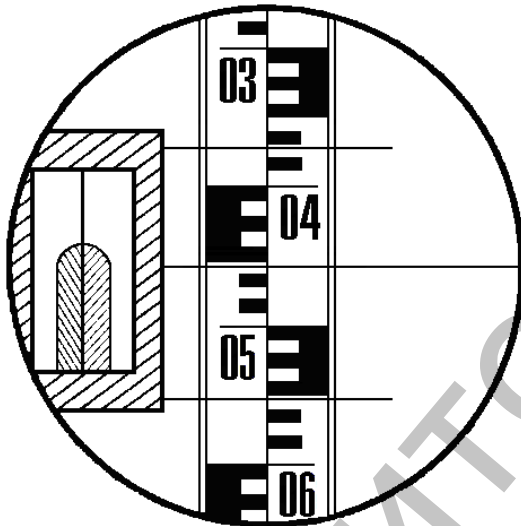
14



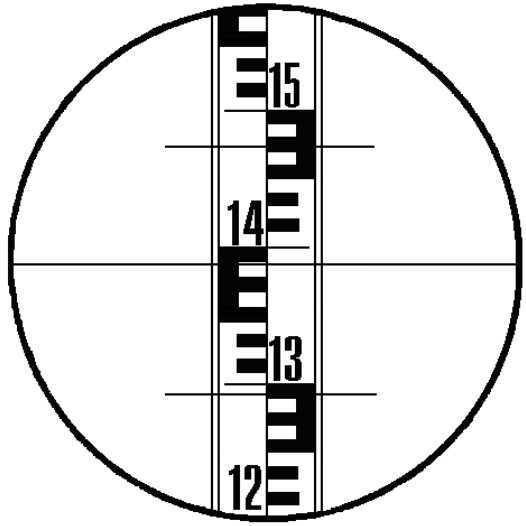
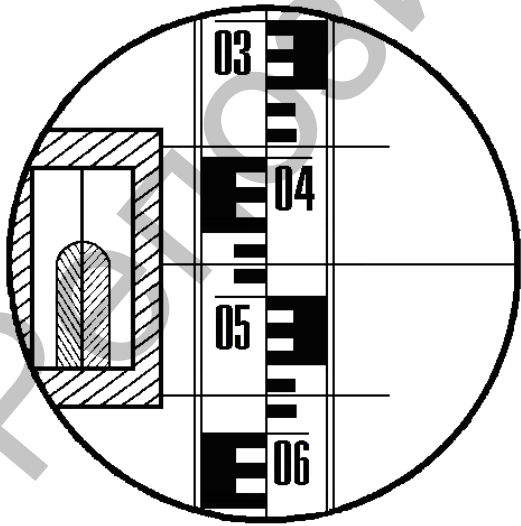
15



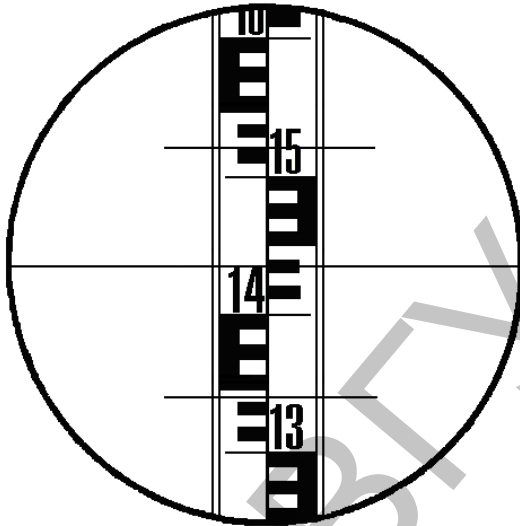
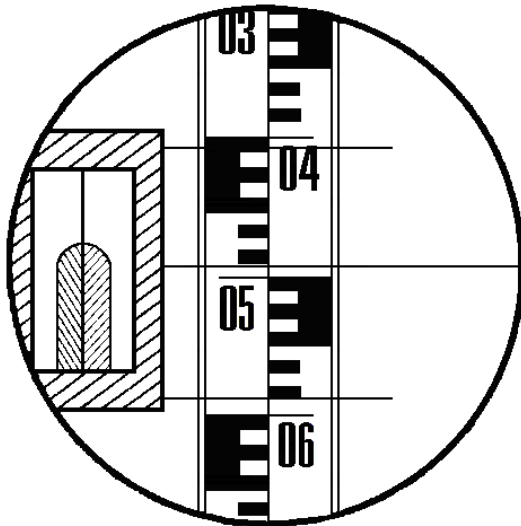
16



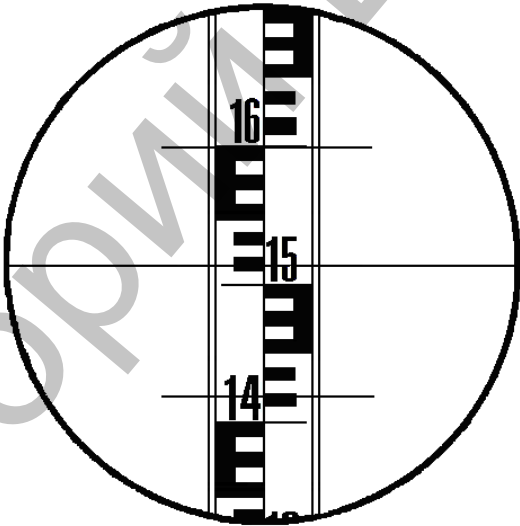
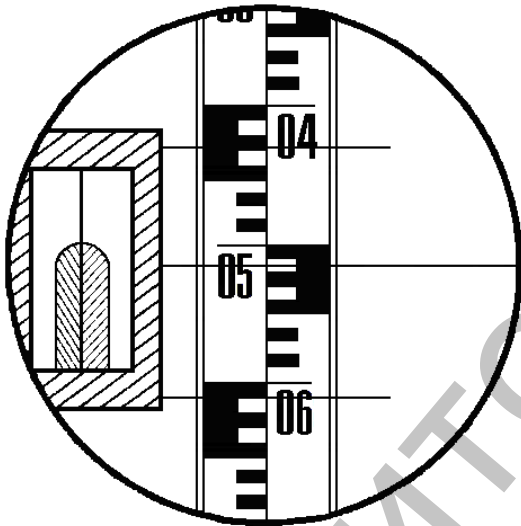
17



18



19

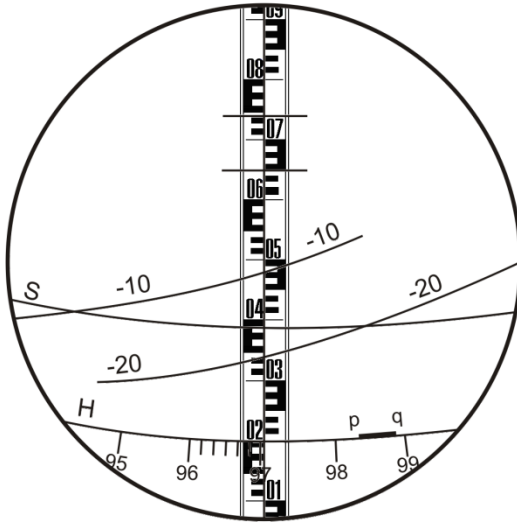


20

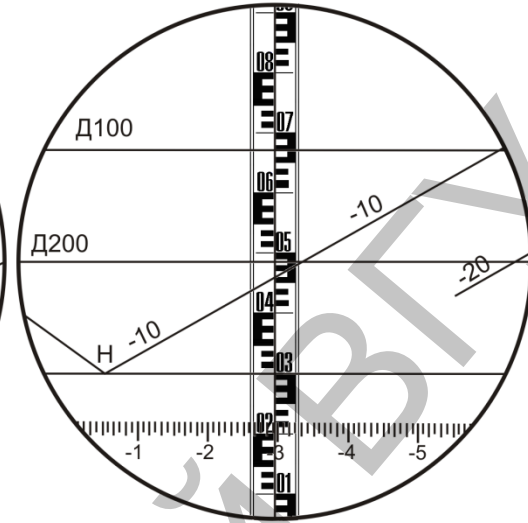
РЕПОЗИТОРИУМ БГУ

Варианты к заданию 24

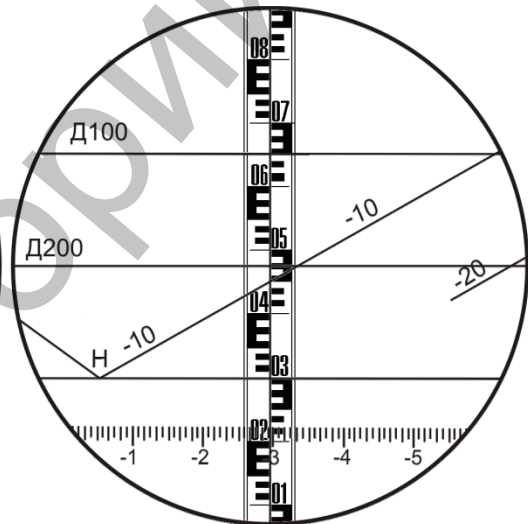
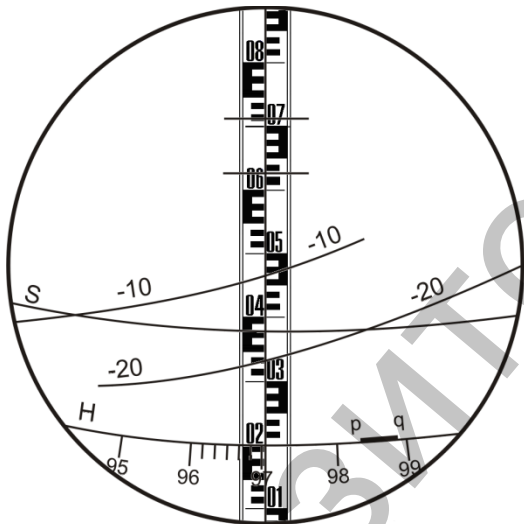
Кипрегель КБ-1



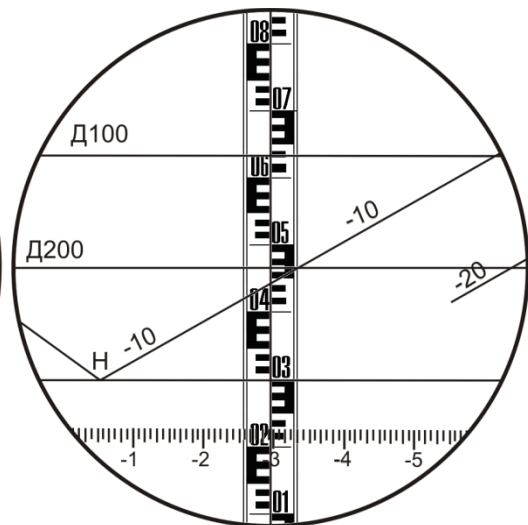
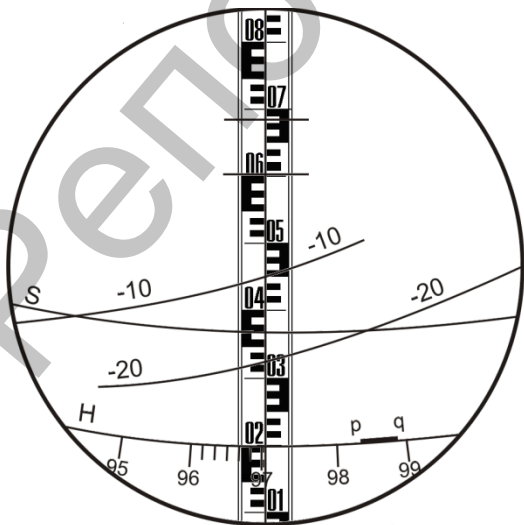
Кипрегель КН



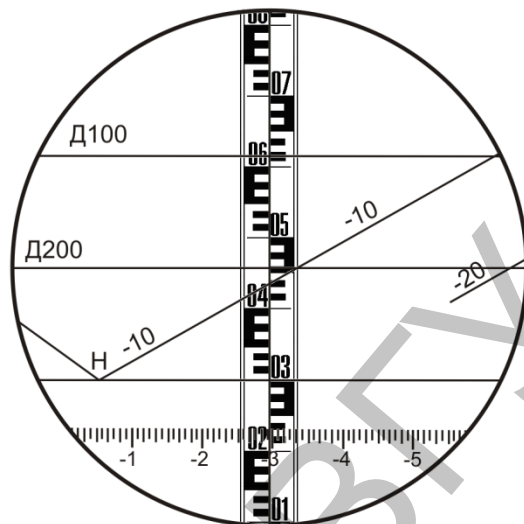
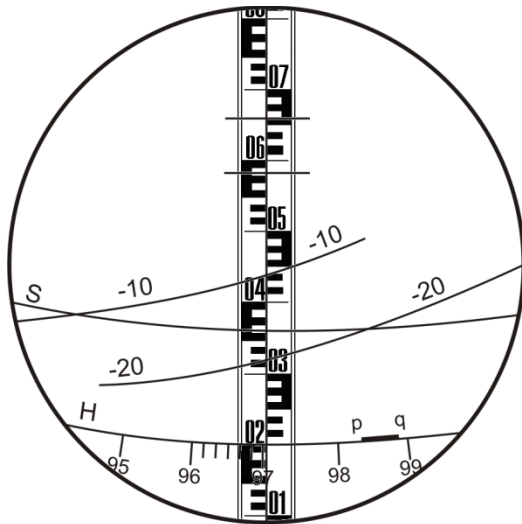
1



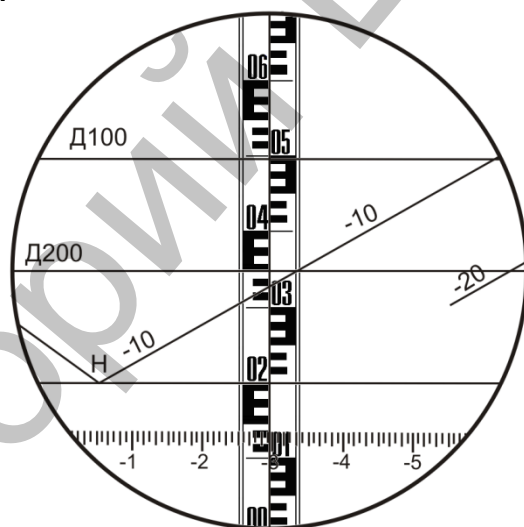
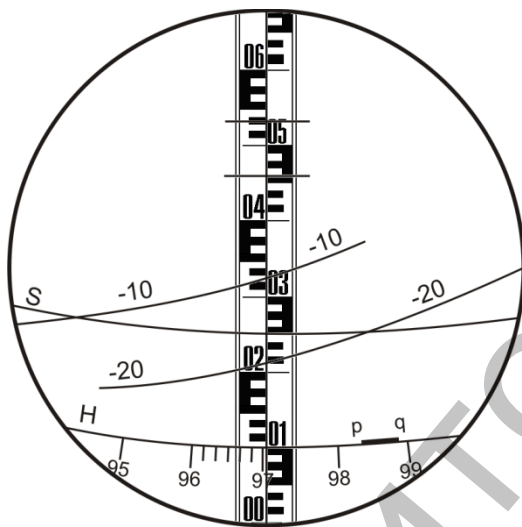
2



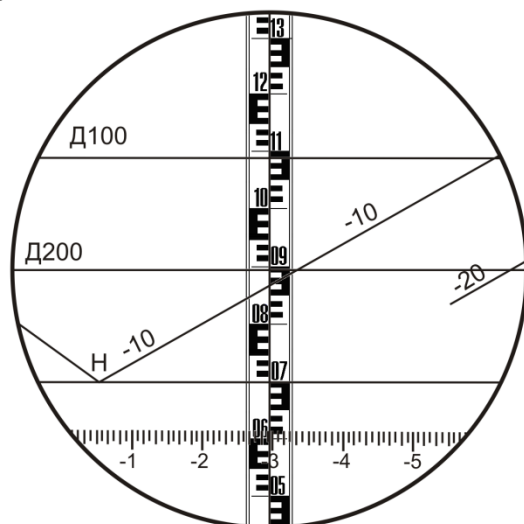
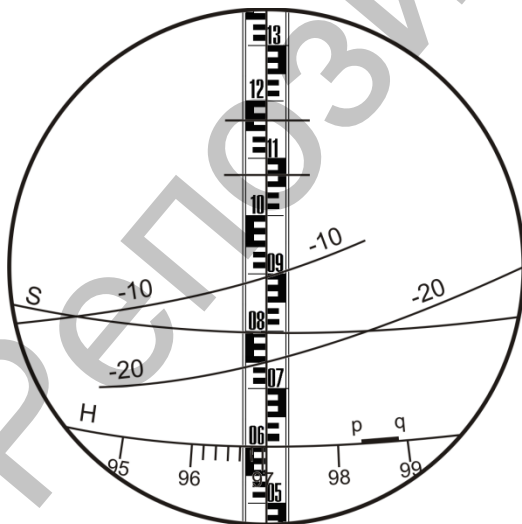
3



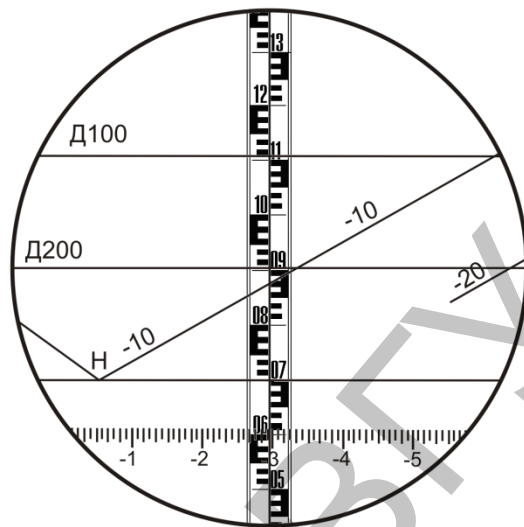
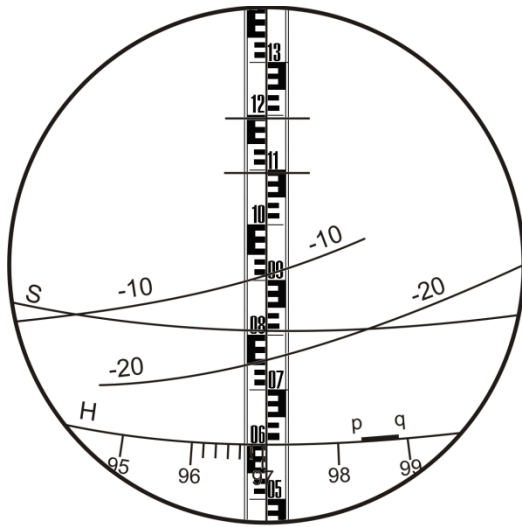
4



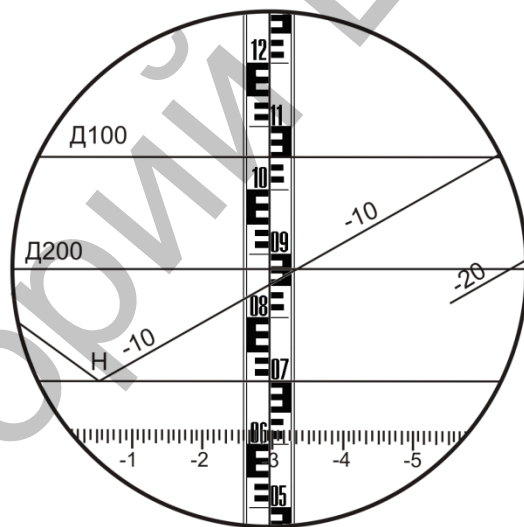
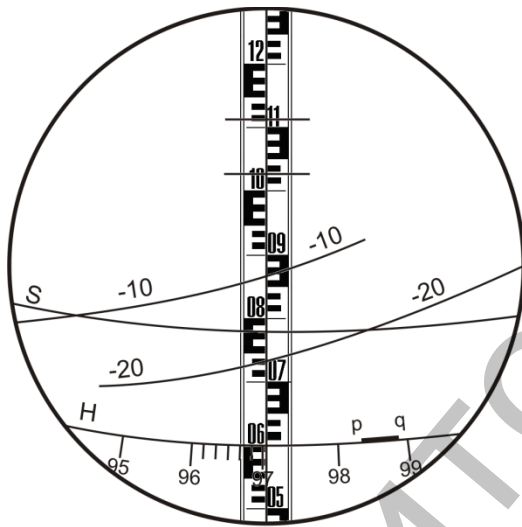
5



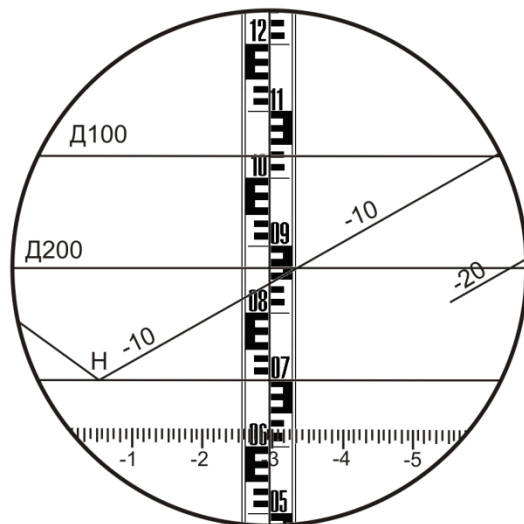
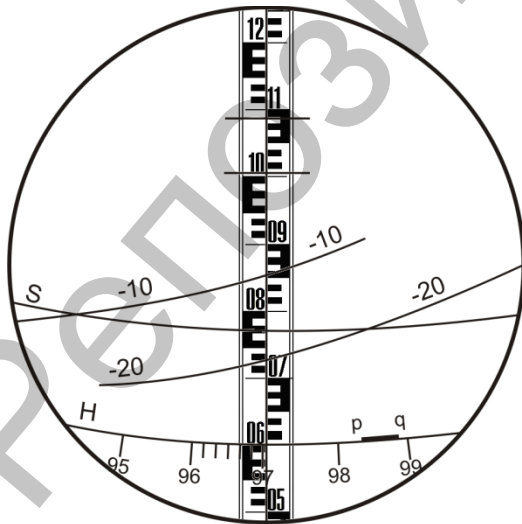
6



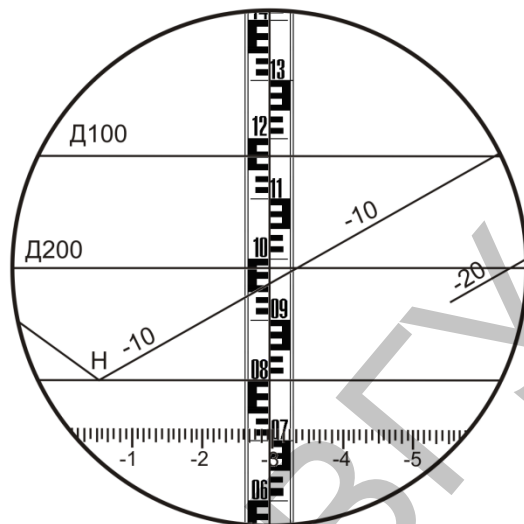
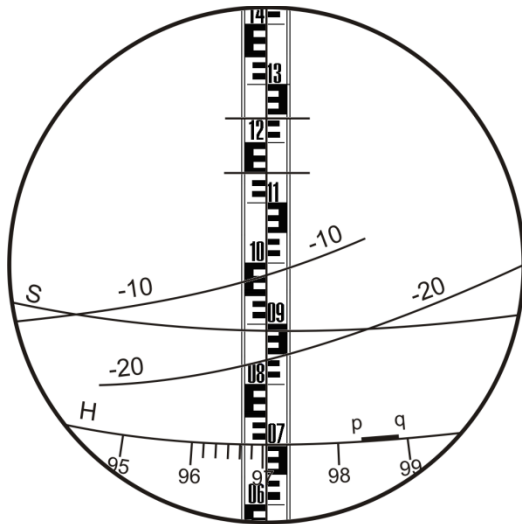
7



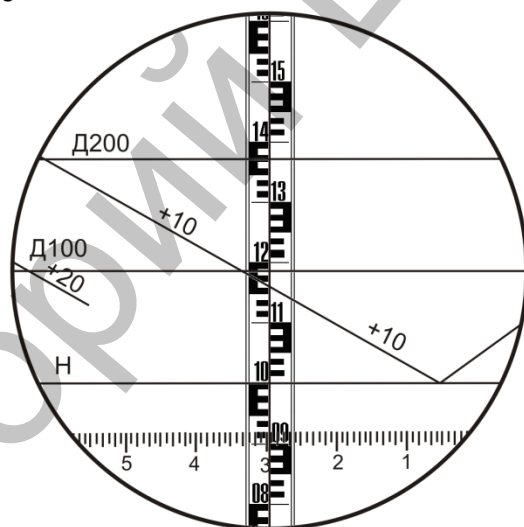
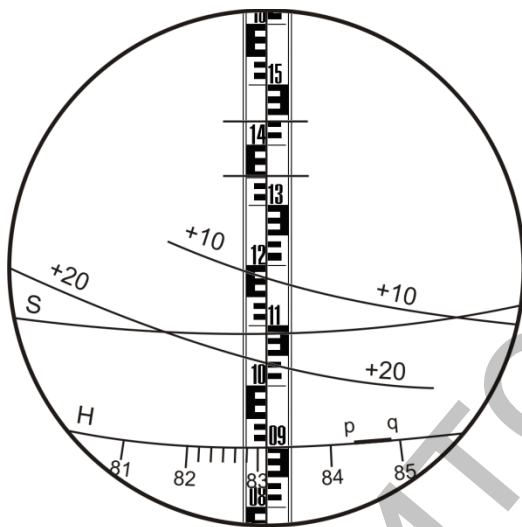
8



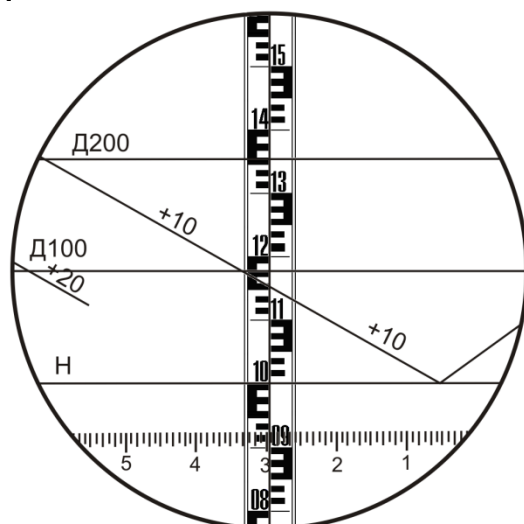
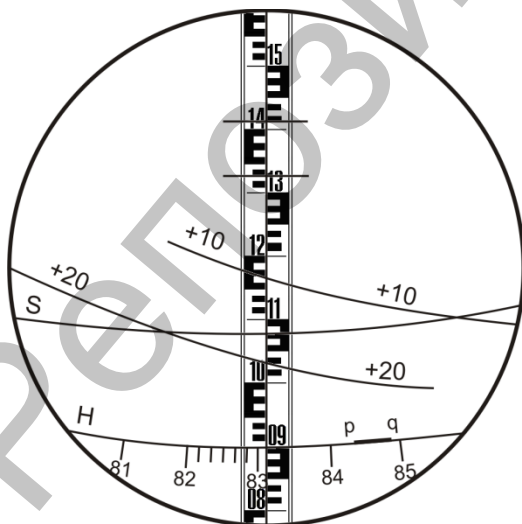
9



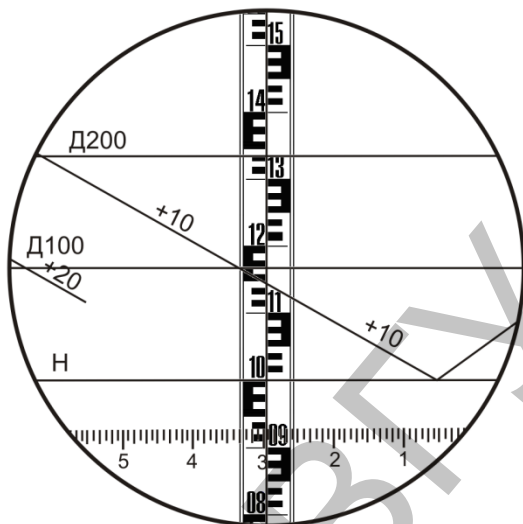
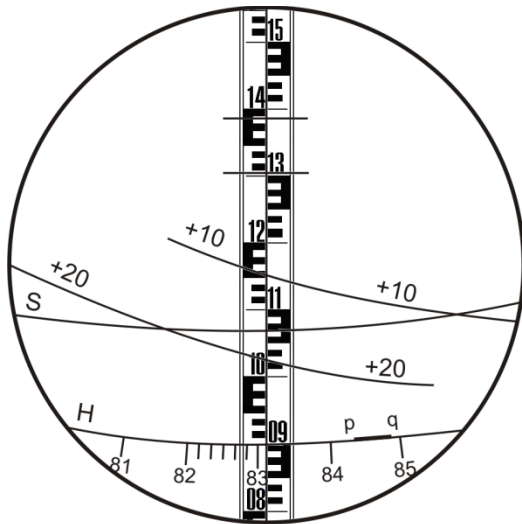
10



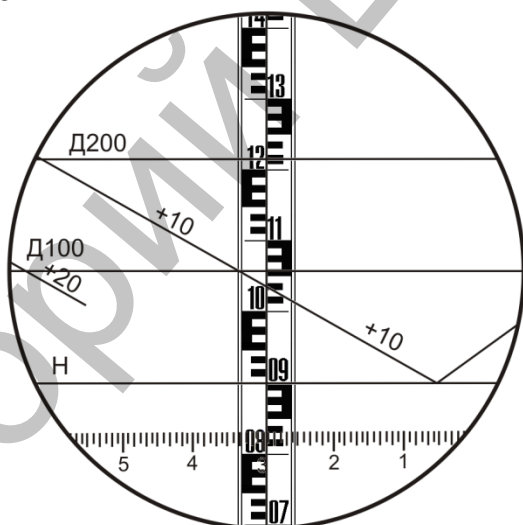
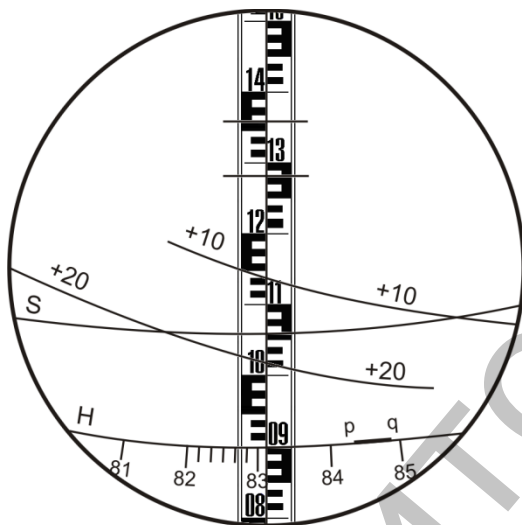
11



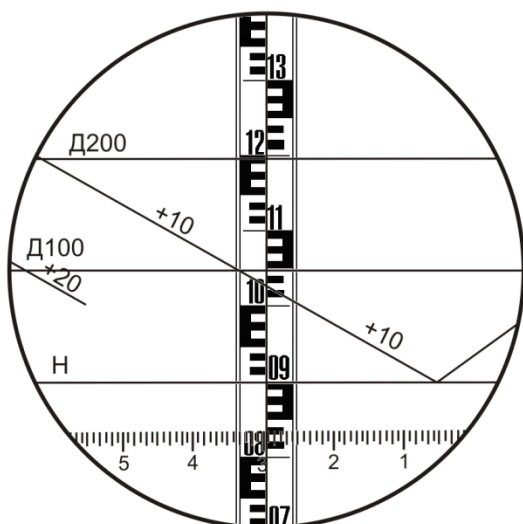
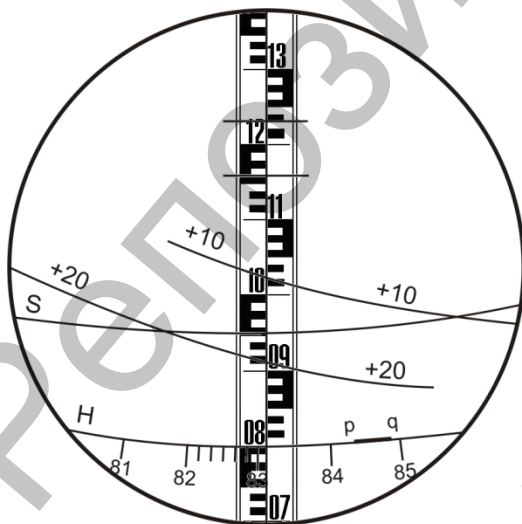
12



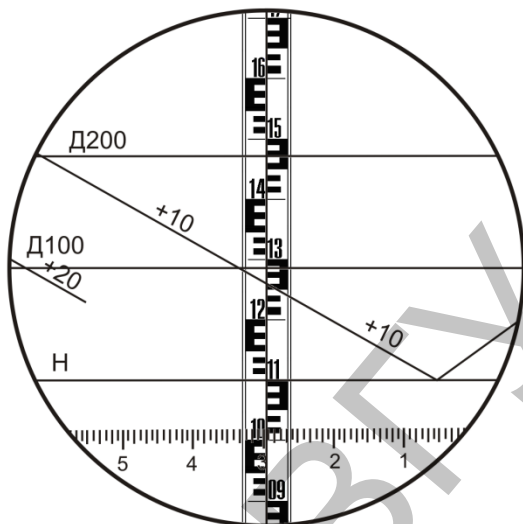
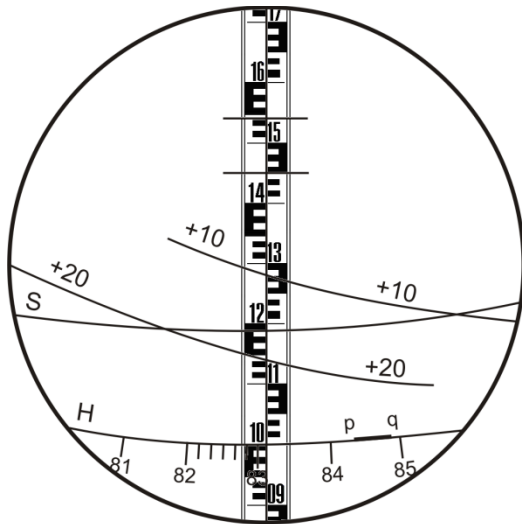
13



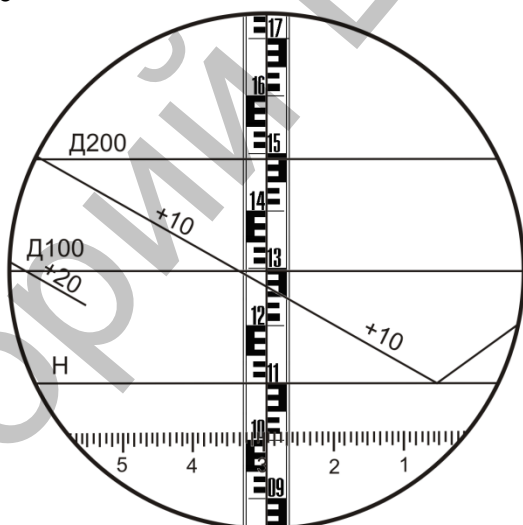
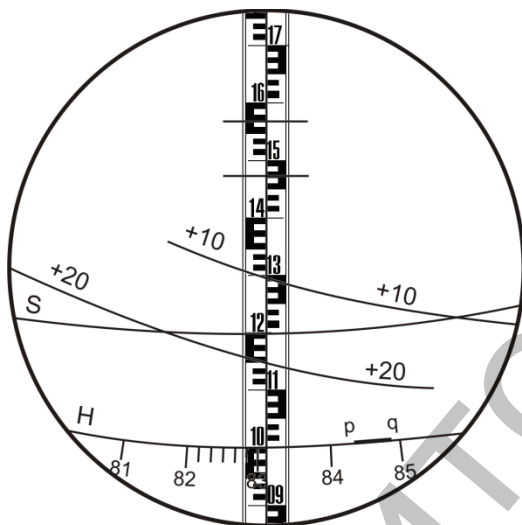
14



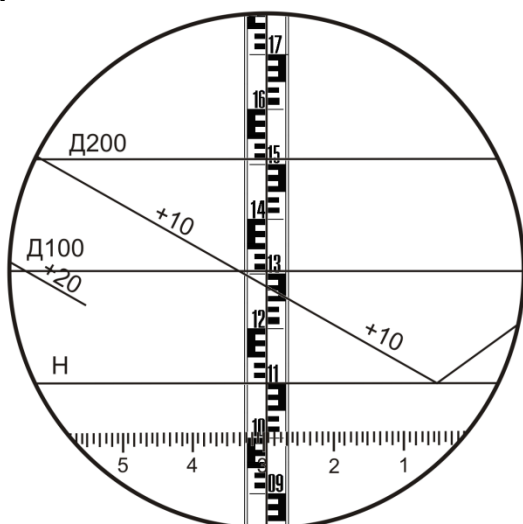
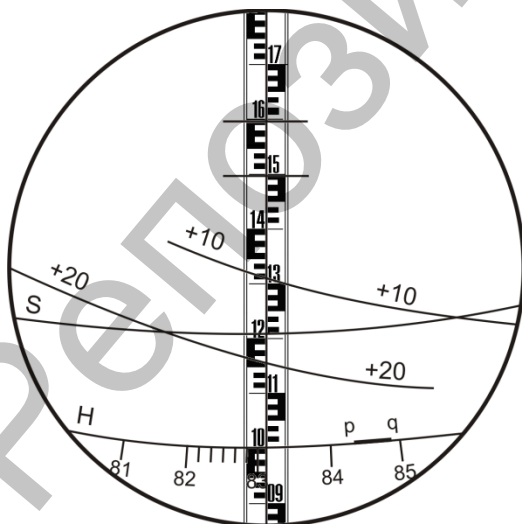
15



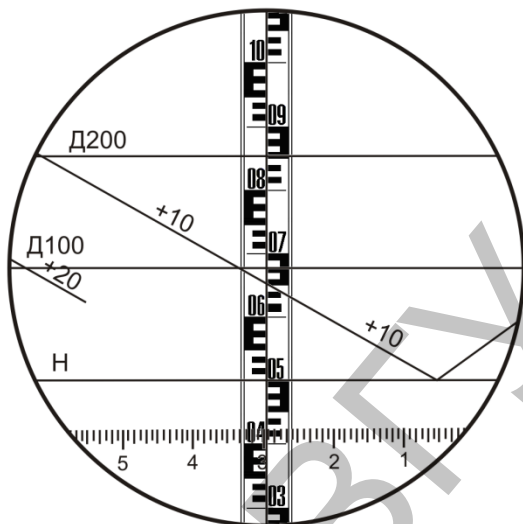
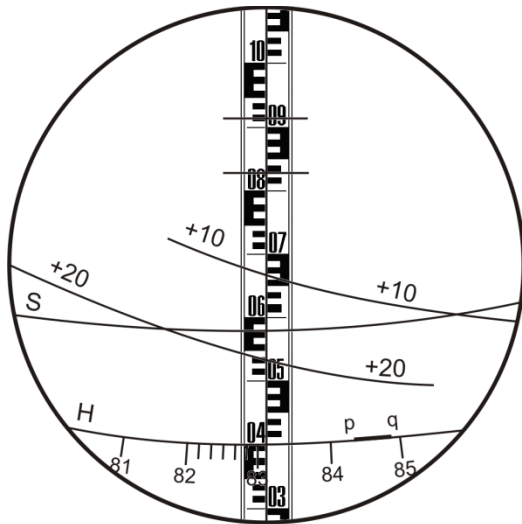
16



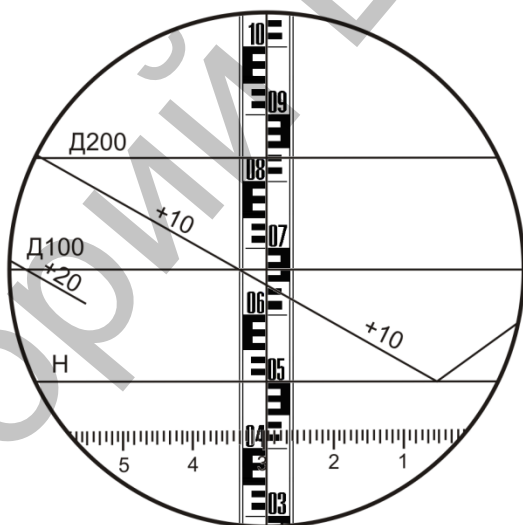
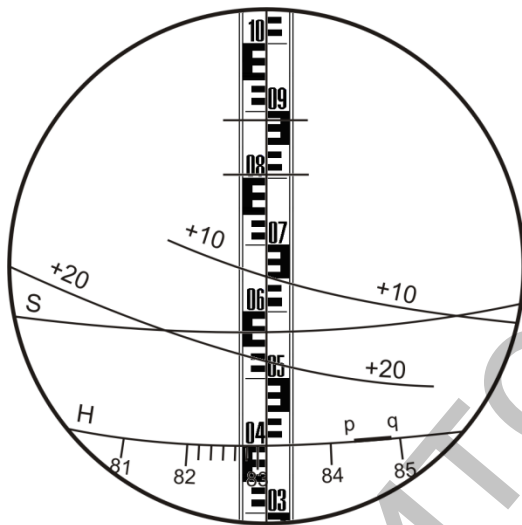
17



18



19



20

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
ЧАСТЬ I. ТОПОГРАФИЯ	4
Тема: Построение шрифтов	4
<i>Лабораторная работа № 1</i>	13
Тема: Масштаб. Виды масштабов. Измерение по картам длин линий и площадей	15
<i>Лабораторная работа № 2</i>	15
<i>Лабораторная работа № 3</i>	19
Тема: Определение географических и прямоугольных координат	29
<i>Лабораторная работа № 4</i>	29
Тема: Углы направлений	35
<i>Лабораторная работа № 5</i>	38
Тема: Номенклатура листов топографических карт	40
<i>Лабораторная работа № 6</i>	44
Тема: Изображение рельефа на топографических картах	46
<i>Лабораторная работа № 7</i>	47
<i>Лабораторная работа № 8</i>	52
Тема: Чтение топографической карты	56
<i>Лабораторная работа № 9</i>	58
Тема: Условные знаки	61
<i>Самостоятельная работа</i>	63
ЧАСТЬ II. ОСНОВЫ ГЕОДЕЗИИ	66
Тема: Геодезические инструменты	66
<i>Лабораторная работа № 10</i>	67
<i>Лабораторная работа № 11</i>	76
<i>Лабораторная работа № 12</i>	84
Тема: Съемки местности	89
<i>Лабораторная работа № 13</i>	90
<i>Лабораторная работа № 14</i>	93
<i>Лабораторная работа № 15</i>	107
<i>Лабораторная работа № 16</i>	125
<i>Лабораторная работа № 17</i>	129
ЛИТЕРАТУРА	137
ПРИЛОЖЕНИЕ	138

Учебное издание

КУРДИН Сергей Иванович

ТОПОГРАФИЯ С ОСНОВАМИ ГЕОДЕЗИИ

Лабораторный практикум

Технический редактор	<i>Г.В. Разбоева</i>
Корректор	<i>Л.В. Моложавая</i>
Компьютерный дизайн	<i>Т.Е. Сафранкова</i>

Подписано в печать Формат 60x84¹/₁₆. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 9,30. Уч.-изд. л. 10,01. Тираж экз. Заказ .

Издатель и полиграфическое исполнение – учреждение образования
«Витебский государственный университет им. П.М. Машерова».

ЛИ № 02330/0494385 от 16.03.2009.

Отпечатано на ризографе учреждения образования
«Витебский государственный университет им. П.М. Машерова».

210038, г. Витебск, Московский проспект, 33.