МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Колледж СамГТУ

А.Н. ЦАРЕВА

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ

Методические указания
к практическим занятиям

Самара
Самарский государственный технический университет
2024

Печатается по решению методической комиссии Колледжа СамГТУ (протокол № 3 от 22.11.2024 г.).

Составитель: Царева А.Н.

Инженерная геодезия: методические указания к практическим занятиям для студентов СПО / *А.Н. Царева.*– Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2024. – 50с.

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по специальности среднего профессионального образования 08.02.02 Строительство и эксплуатация инженерных сооружений.

Методические указания включают в себя комплект методических материалов, необходимых для успешной подготовки и участия в проведении практических работ по ОП.04 «Инженерная геодезия» студентам СПО.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Практическое занятие №1 Решение задач на масштабы	4
Практическое занятие №2. Чтение топографического плана	10
Практическое занятие №3. Определение ориентированных углов линий по планам, картам	12
Практическое занятие №4. Обработка материалов линейных измерений	16
Практическое занятие №5. Изучение теодолита	18
Практическое занятие №6. Измерение горизонтальных и вертикальных углов	22
Практическое занятие №7. Работа с нивелиром	26
Практическое занятие №8. Составление плана теодолитной съемки	30
Практическое занятие №9. Составление плана тахеометрической съемки	35
Практическое занятие №10. Обработка материалов нивелирования. Построение продольного профиля инженерного сооружения	38
Практическое занятие №11. Вычисление элементов проектной линии	44
Практическое занятие №12. Составление плана нивелируемой поверхности	47
Библиографический список	50

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по специальности 08.02.02 Строительство и эксплуатация инженерных сооружений и осваивающих ОП.04 «Инженерная геодезия».

Практическое занятие №1

Тема: Решение задач на масштабы

Цель занятия:

1. Научиться определять длины отрезков на плане в мерах длины на местности и откладывать заданные длины на плане.
2. Развить навыки выполнения метрических измерений на топографическом плане (карте).
3. Научиться рассчитывать точность масштаба.

Основные теоретические положения.

Геодезия – слово греческого происхождения, образовано из двух греческих слов **ge (гео) земля** и **daizo (дайдзо) разделяю**, что в переводе означает **землеразделение**. Такое буквальное определение геодезии говорит только лишь о том, что она является одной из древнейших наук о Земле. Возникла эта наука с началом земледелия. В процессе исторического развития содержание каждой науки непрерывно меняется, в связи, с чем неизбежен разрыв между названием науки и её содержанием. Так, например, **геометрия** буквально определяется как **землеизмерение**.

Однако в наше время измерения на Земле не являются предметом геометрии. Данной проблемой занимается **геодезия** – наука об измерениях на земной поверхности и в околоземном пространстве, а также о вычислениях и графических построениях, проводимых:

– для определения фигуры и размеров Земли как планеты в целом;
– исследования движения земной коры;
– изображения земной поверхности и отдельных её частей в виде планов, карт и профилей (вертикальных разрезов);
– решения разнообразных научных и практических задач по созданию и эксплуатации искусственных сооружений на земной поверхности и в околоземном пространстве;
– создания геодезических опорных сетей как основы для выполнения вышеперечисленных задач.

Таким образом, предметом геодезии является геометрическое изучение физической поверхности Земли и происходящих с ней изменений.

Поверхность Земли характеризуется многообразием форм. На ней находятся всевозможные объекты естественного и искусственного происхождения, геометрическое моделирование которых имеет для человека исключительно важное значение.

Размеры участков земной поверхности и предметов, на них расположенных, так велики, что они не могут быть изображены на бумаге без соответствующего

уменьшения. Чтобы изображение местности на плане было подобно самой местности, все горизонтальные проекции линий местности изображают на плане уменьшенными в одинаковое число раз. Степень такого уменьшения называется масштабом плана.

Топографическая карта— географическая карта универсального назначения, на которой подробно изображена местность. Топографическая карта содержит сведения об опорных геодезических пунктах, рельефе, гидрографии, растительности, грунтах, хозяйственных и культурных объектах, дорогах, коммуникациях, границах и других объектах местности.

Топографическая карта - основной графический документ о местности, содержащей точное, подробное и наглядное изображение местных предметов и рельефа.

План местности—разновидность топографической карты; чертёж небольшого участка местности в крупном масштабе. Планы применяются туристами, коммунальными и аварийными службами, в сельском хозяйстве и в других местах, где нужно ориентироваться на местности и изучать участки.

Контурные (масштабные) условные знаки служат для изображения местных предметов, выражающихся в масштабе карты (плана). При этом сначала пунктиром или сплошной линией вычерчивается контур предмета, который затем заполняется значками.

Внемасштабные условные знаки служат для изображения важных местных предметов, не изображающихся в масштабе карты из-за малости своих размеров. Определённая точка в каждом знаке соответствует положению предмета на местности (это может быть центр, вершина, основание, угол знака).

Пояснительные условные знаки дополняют характеристику изображённых на карте предметов. К ним относят значки, стрелки, кружки, штрихи, надписи и цифровые обозначения.

Линейные условные знаки показывают объекты линейного характера, длина которых выражена в данном масштабе (дороги, реки, линии связи и т.д.).

Условные знаки рельефа вычерчиваются всегда коричневым цветом. Они включают горизонтали, бергштрихи и специальные знаки для отдельных форм рельефа (овраги, скалы, террасы, промоины и т.д.), невыражаемых горизонталями.

На картах и планах изображение объектов местности (ситуации) представлено в картографических условных знаках. **Картографические условные знаки** – система символических графических обозначений, применяемая для изображения на картах различных объектов и явлений, их качественных и количественных характеристик. Условные знаки иногда также называют «легенда карты».

Для удобства чтения и запоминания многие условные знаки имеют начертания, напоминающие вид изображаемых ими местных предметов сверху или сбоку. Например, условные знаки заводов, нефтяных вышек, отдельно стоящих деревьев, мостов по своей форме сходны с внешним видом перечисленных местных предметов.

Картографические условные знаки принято делить на масштабные (контурные), внемасштабные и пояснительные. В некоторых учебниках в отдельную группу выделяют линейные условные знаки.

Линейные условные знаки (разновидность масштабных условных знаков) применяются при изображении объектов линейного характера – дорог, линий электропередачи, границ и т. п.

1. Определить по диаграмме поперечного масштаба длину отрезка на плане в мерах длины на местности в масштабе 1:500.

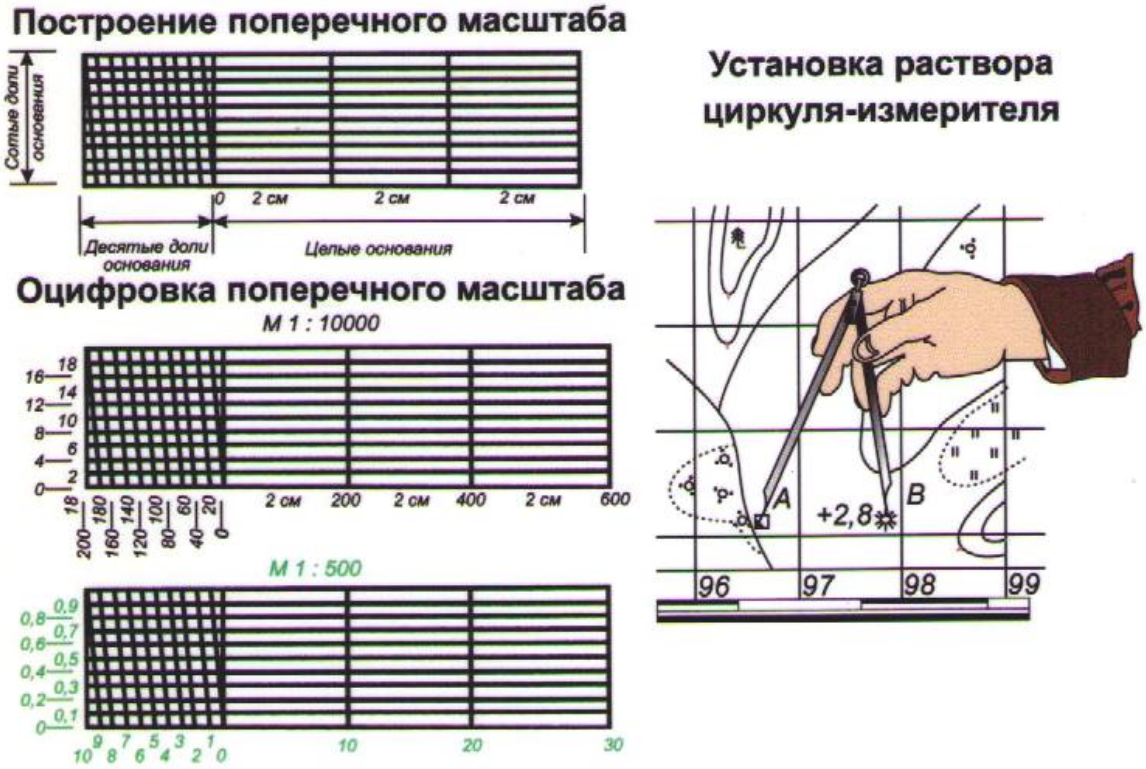


Рисунок 1-Поперечный масштаб

Поперечный масштаб применяют для измерений и построений повышенной точности.

Обычно поперечный масштаб гравируют на металлических пластинах, линейках, или на транспортирах, а также он может быть построен на чертеже для заданного числового масштаба.

Поперечный масштаб строят следующим образом. На прямой линии откладывают несколько раз основание масштаба равное 2см, называемое основанием масштаба. Первое основание делят на 10 равных частей и на правом конце его пишут нуль, а на левом – то число метров или километров, которому на местности соответствует в данном масштабе основание. Вправо от нуля над каждым делением надписывают значения соответствующих расстояний на местности (см. рис. 1). Из каждой точки подписанного деления восставляют перпендикуляры, на которых откладывают десять отрезков, равных десятой доли основания. Через точки, полученные на перпендикулярах, проводят прямые линии, параллельные основанию. Верхнюю линию над первым основанием делят также на десять равных частей. Полученные точки верхних и нижних делений на первом отрезке соединяют, как показано на рисунке 1. Полученные линии называются трансверсалями. Расстояние между смежными трансверсалями составляют десятую долю основания, а между нулевой вертикальной линией и смежной с ней трансверсалью – от одной сотой доли до десятой.

Длину линии на плане берут в раствор циркуля и переносят его на нижнюю линию масштаба. Если иглы ножек циркуля точно совпадают с делениями масштаба, делают отсчет расстояния.

Если ножки циркуля не точно совпадают с делением масштаба, его перемещают вверх от одной параллели к другой, пока игла левой ножки будет точно лежать на наклонной прямой, а игла правой ножки – на вертикали справа от нуля или на нуле.

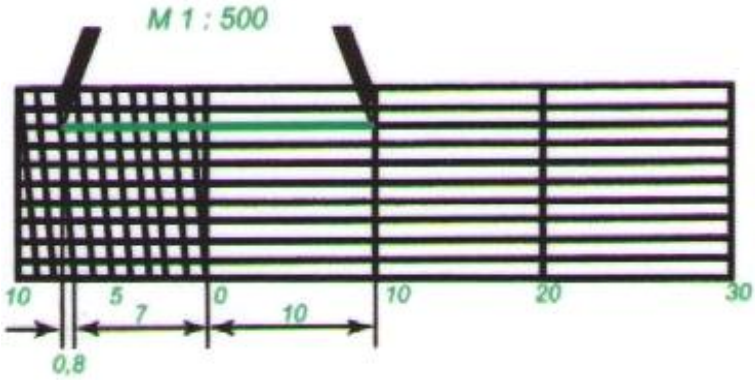


Рисунок 2 - Длина отрезка на плане в мерах длины на местности (см. рис. 2) в масштабе 1: 500 составляет 17,8 м.

2. Отложить заданную длину на диаграмме поперечного масштаба.

Требуется на план масштаба 1: 2000 наложить линию местности, равную 110,8 м (см. рис. 3). Рассуждаем так. Вправо от нуля до второй вертикали имеем 80 м, семь делений слева от нуля дают (7*4) 28 м; 2,8 м получим, поднимаясь вверх по наклонной прямой до седьмой горизонтали (7*0,4). Поставим на этой горизонтали иглы ножек циркуля, получим в растворе циркуля отрезок на плане, равный 110,8 м на местности. Не меняя раствора циркуля, этот отрезок и накладываем на план.

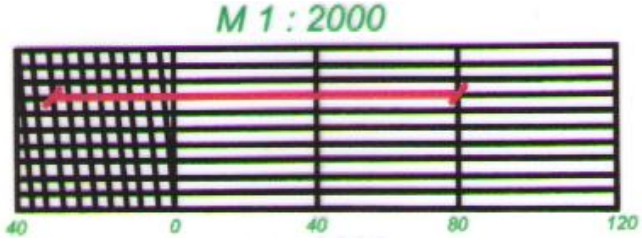


Рисунок 3 – Диаграмма поперечного масштаба

3. Определить длину отрезка по диаграмме линейного масштаба в мерах длины на местности, в масштабе 1: 500, 1: 10000.

Линейный масштаб представляет собой прямую линию, на которой отложен ряд равных отрезков, называемых основанием масштаба. Чаще всего основание масштаба принимают равным 2 см.

Масштаб строят так. Проводят прямую, на ней откладывают несколько отрезков, равных 2 см. Первый отрезок делят на 10 частей. В конце каждого основания справа и слева от нуля подписывают длину линии соответственно численному масштабу (рис. 4).

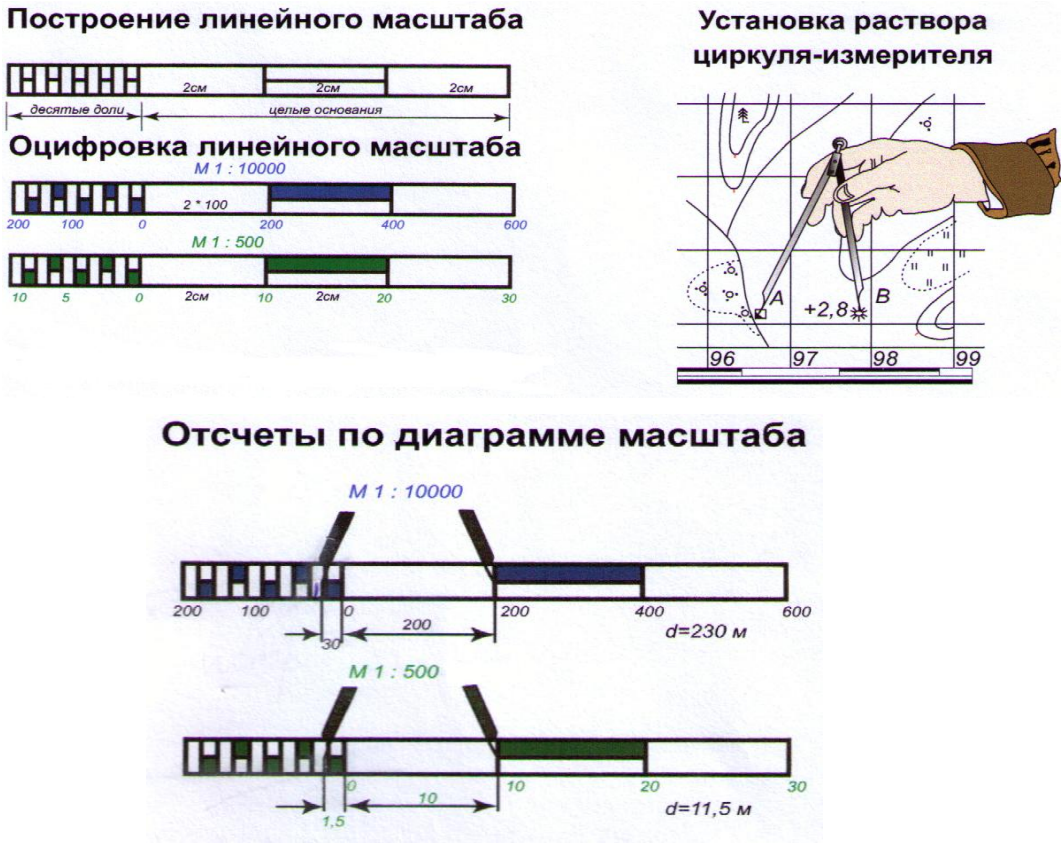


Рисунок 4- Линейный масштаб

Пусть требуется по карте определить расстояние между точками А и В. Устанавливают циркуль на карте так, чтобы игла одной его ножки была в точке А, второй – в точке В. Затем раствор циркуля прикладывают к линейному масштабу так, чтобы правая ножка совпала с делением основания, а левая ножка попала на левое основание, по которому и делают отчет расстояния. Отрезки на плане, которые больше длины линейного масштаба, измеряют по частям.

Длина отрезка на плане в мерах длины на местности (см. рис. 4) в масштабе 1: 500 составляет 11,5 м; в масштабе 1:10000 составляет 230 м.

4. Определить размеры спортивной площадки, расположенной на топографическом плане № 1. Масштаб плана 1: 2000

ДАНО: РЕШЕНИЕ:

Sp_1 = 19 мм. $S_{m1} = Sp_1 \cdot m$

Sp_2 = 11 мм. $S_{m2} = Sp_2 \cdot m$

М 1 : 2000

НАЙТИ:

$Sм_1$ = ? $S_{m1} = 19 \cdot 2000 = 38000$ мм = 38 м

$Sм_2$ = ? $S_{m2} = 11 \cdot 2000 = 22000$ мм = 22 м

ОТВЕТ: Спортивная площадка имеет размеры на местности 38; 22 м.

5. Вычертить в отведенном месте в масштабе 1: 2000 здание с размерами на местности 20х20 м:

Ширина и длинна здания на местности составляет 20 м. Найти величину изображения этого здания на чертеже масштаба 1: 2000.

S_p = 20 м / 2000 = 0,01 м = 10 мм.

6. Определите точность масштабов:

Точность масштаба имеет большое практическое значение.

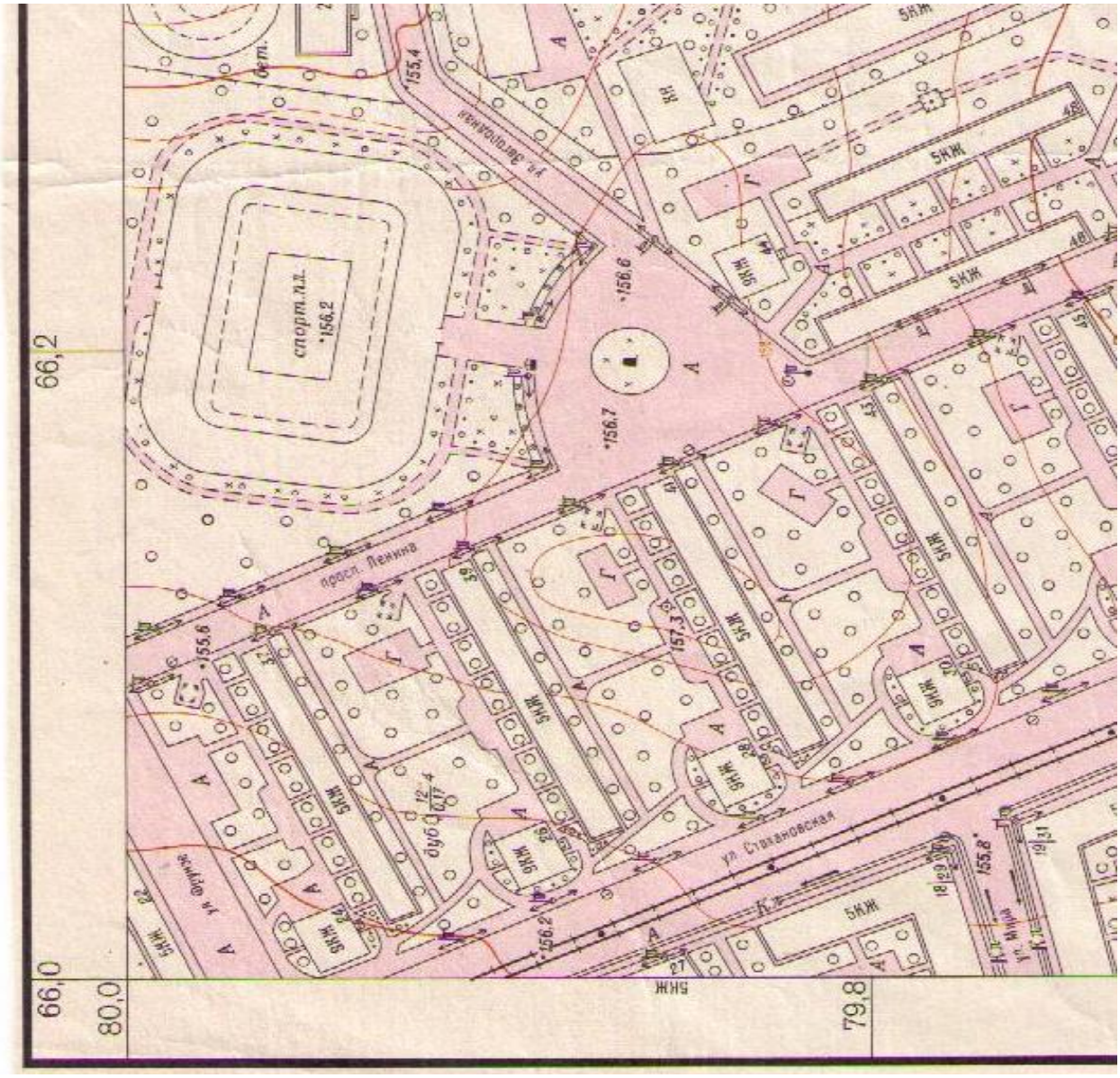
По точности масштаба устанавливают, при изображении каких объектов на плане можно сохранить подобие, какие объекты в данном масштабе не изображаются.

Например, объекты размером менее 2,5 м не могут быть нанесены на план масштаба 1: 25000, их опускают или изображают внемасштабными условными знаками.

Точность масштаба 1: 25000 равна 2,5 м.

Расчет можно вести следующим образом:

В 1 см – 250 м; в 1 мм – 25 м; в 0,1 мм – 2,5 м или tm = 0,1 мм * 25000 = 2,5 м.



Топографический план № 1

Практическое занятие №2

Тема: Чтение топографического плана

Цель занятия:

1. Развить навыки чтения карт и планов.
2. Научиться применять условные знаки при изображении ситуации.

Основные теоретические положения.

Читать карту – это значит правильно и полно воспринимать символику ее условных знаков, быстро и безошибочно распознавая по ним не только тип и разновидности изображаемых объектов, но и их характерные свойства.

Изучение местности по карте (чтение карты) включает определение общего ее характера, количественных и качественных характеристик отдельных элементов (местных предметов и форм рельефа), а также определение степени влияния данной местности на организацию и ведение боя.

Изучая местность по карте, следует помнить, что со времени ее создания на местности могли произойти изменения, которые не отражены на карте, т. е. содержание карты в какой-то мере не будет соответствовать действительному состоянию местности на данный момент. Поэтому изучение местности по карте рекомендуется начинать с ознакомления с самой картой.

Общие правила и последовательность изучения местности по карте.

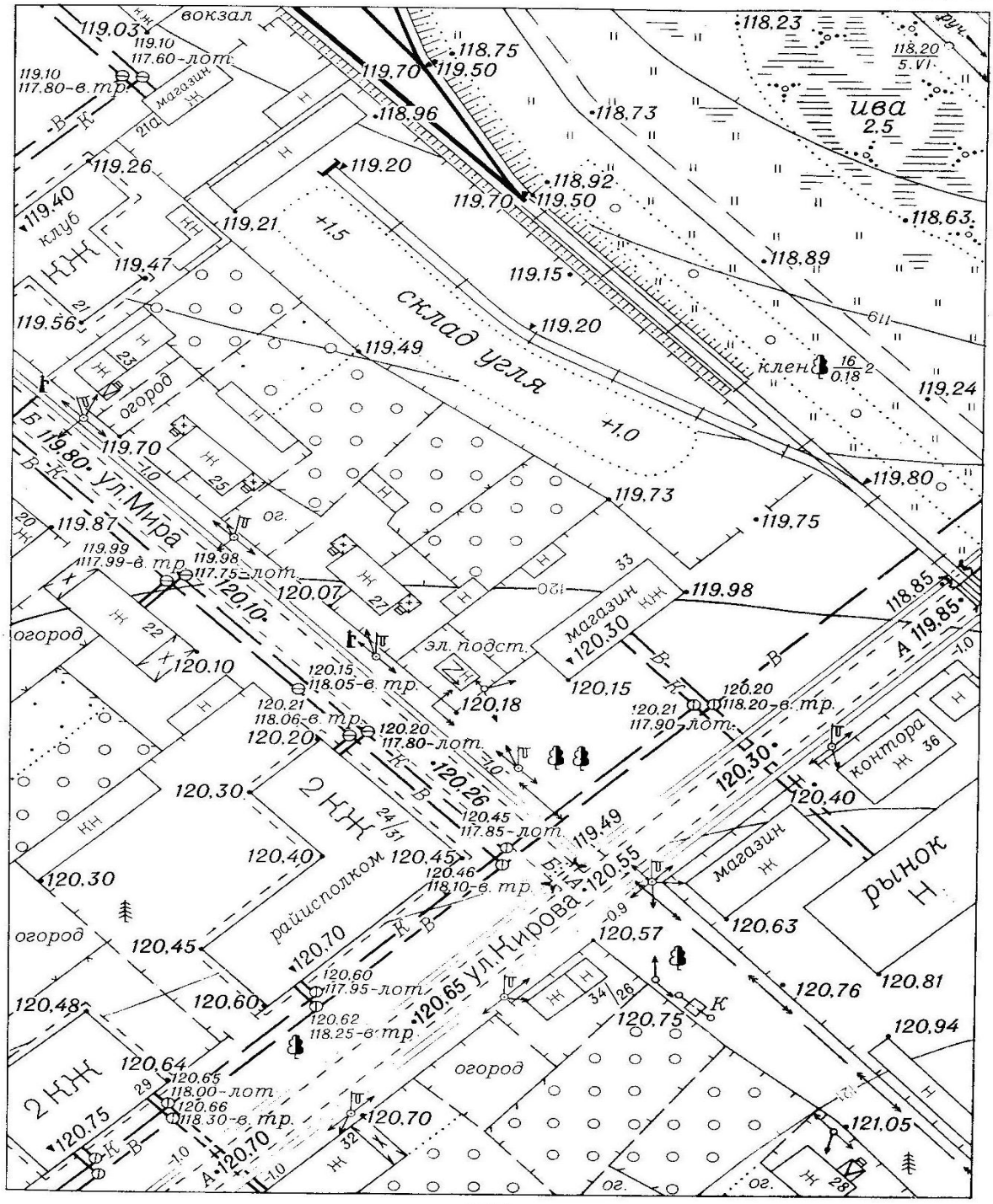
Последовательность и степень подробности изучения местности определяется конкретными условиями боевой обстановки, характером боевой задачи подразделения, а также сезонными условиями и тактико-техническими данными боевой техники, применяемой при выполнении поставленной боевой задачи. При организации обороны в городе важное значение имеет определение характера его планировки и застройки, выявление прочных зданий с подвальными помещениями и подземных сооружений. В том случае, когда по городу проходит маршрут движения подразделения, изучать с такой подробностью особенности города нет необходимости. При организации наступления в горах основными объектами изучения являются перевалы, горные проходы, теснины и ущелья с прилегающими к ним высотами, формы скатов и их влияние на организацию системы огня.

Изучение местности, как правило, начинают с определения ее общего характера, а затем детально изучают отдельные местные предметы, формы и детали рельефа, их влияние на условия наблюдения, маскировки, проходимость, защитные свойства, условия ведения огня и ориентирования.

Определение общего характера местности имеет целью выявление важнейших особенностей рельефа и местных предметов, оказывающих существенное влияние на выполнение поставленной задачи. При определении общего характера местности на основе ознакомления с рельефом, населенными пунктами, дорогами, гидрографической сетью и растительным покровом выявляют разновидность данной местности, степень ее пересеченности и

закрытости, что дает возможность предварительно определить ее тактические и защитные свойства.

1. Изображение ситуации выполняется с применением учебного пособия «Условные знаки». Пример изображения части поселка сельского типа (районный центр), выполненный в масштабе 1:1000.



Практическое занятие №3

Тема: Определение ориентированных углов линий по планам, картам

Цель занятия:

1. Развить навыки чтения рельефа.
2. Научиться определять высоту сечения рельефа; высоты точек, лежащих между горизонталями; уклоны линий.
3. Развить навыки построения продольного профиля по линии заданной на учебном плане.

Основные теоретические положения

Ориентированием линий называется определение линий относительно начальных направлений.

За начальное направление принимаются:

1. Истинный меридиан (Nи)
2. Магнитный меридиан (Nм)
3. Осевой меридиан (No)

Истинный (географический) азимут — это угол, который отсчитывается по ходу часовой стрелки от северного направления истинного меридиана точки до данной линии.

Магнитный азимут — это угол, отсчитанный по ходу часовой стрелки от северного направления магнитного меридиана точки до направления линии.

Склонение магнитной стрелки — это угол между истинным (географическим) меридианом и магнитным меридианом.

Если северный конец магнитной стрелки отклоняется к востоку от географического меридиана, то склонение считается восточным и положительным, если к западу — то западным и отрицательным.

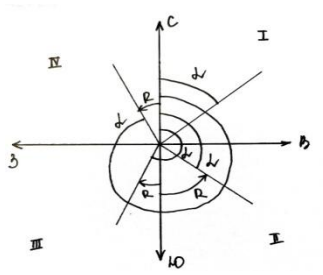
Смещением магнитного меридиана относительно истинного называется склонением магнитной стрелки (δ), которое может быть западным или восточным.

Смещением осевого меридиана относительного истинного называется сближением меридианов.

Румбом линий называется угол, отсчитываемый от ближайшего северного или южного направления меридиана до ориентируемой линии.

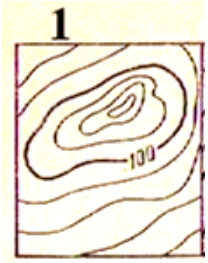
Румбы не принимают значение более 90˚.

Для ориентирования с помощью румбов обязательно знать в какой четверти лежит линия (γ), которое может быть западным или восточным.



Четверть	α	R
СВ	$0° < \alpha < 90°$	$R = a$
ЮВ	$90° < \alpha < 180°$	$R = 180° - \alpha$
ЮЗ	$180° < \alpha < 270°$	$R = \alpha - 180°$
СЗ	$270° < \alpha < 360°$	$R = 360° - \alpha$

1. Подпишите название формы рельефа:



1 - гора

Изображение основных форм рельефа представлено на рисунке 5.

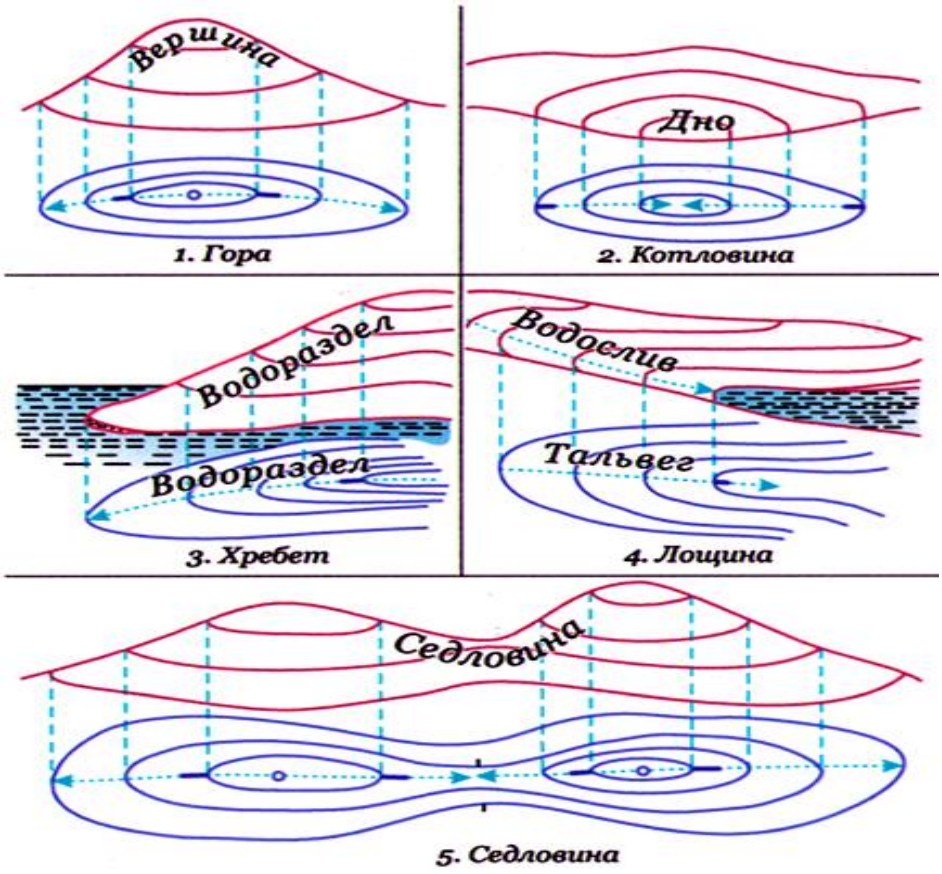
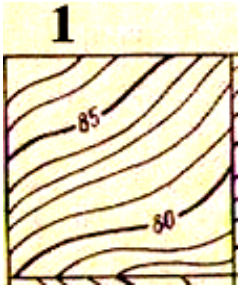


Рисунок 5- Изображение основных форм рельефа горизонталями

2. Дан план с горизонталями. Определите высоту сечения рельефа:



1 – 1 м.

При высоте сечения 0,5 и 1 м утолщают каждую горизонталь, кратную 5 м

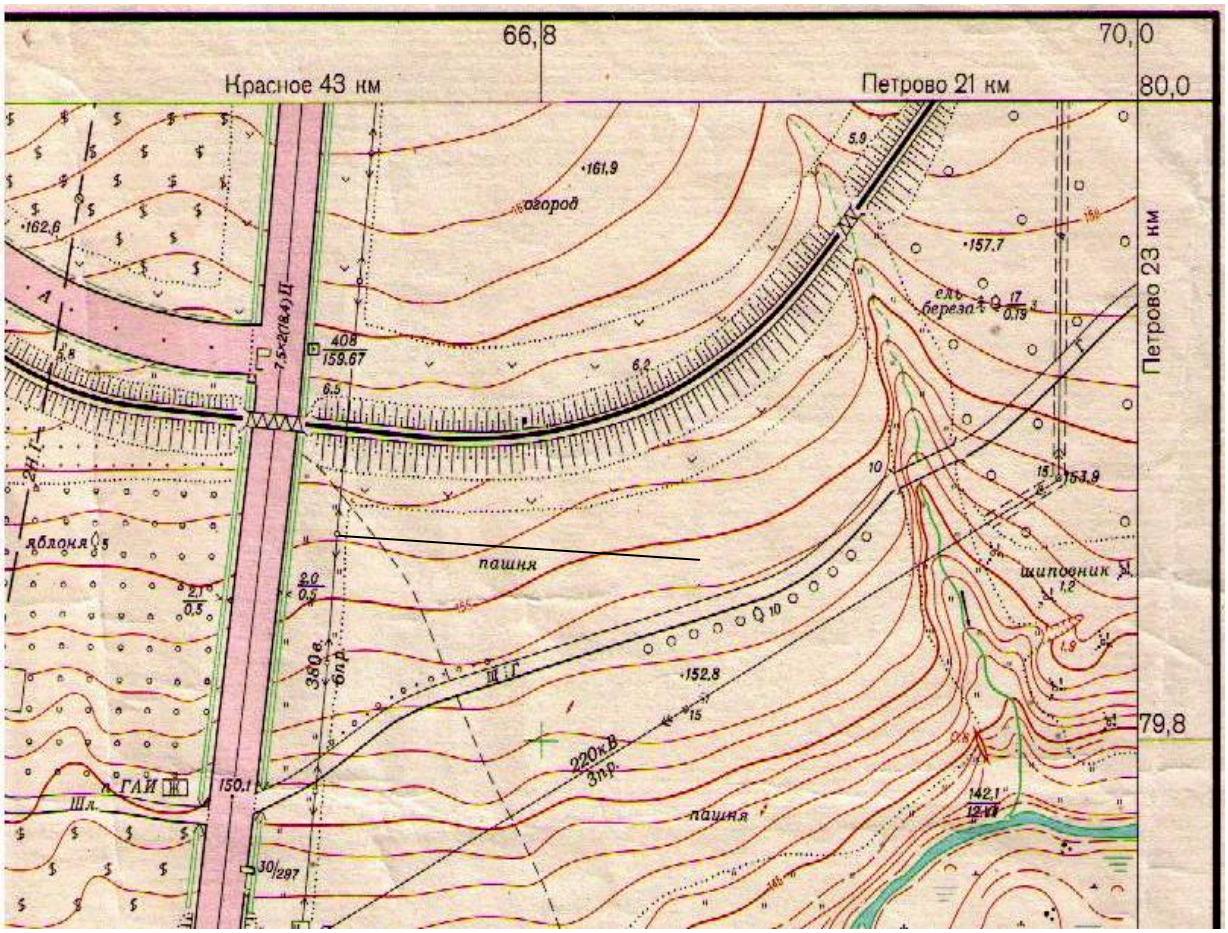
(5, 10 …, 115, 120 м и т.д.), при сечении рельефа через 2,5 м – горизонтали, кратные 10 м (10, 20, …, 100 м и т. д.), при сечении 5 м утолщают горизонтали, кратные 25 м.

Для определения высоты рельефа в разрывах утолщенных и некоторых других горизонталей подписывают их отметки. При этом основания цифр отметок горизонталей ставят в сторону понижения ската.

3. Определить на топографическом плане № 2 отметки точка 1 и точка 2.

Если точка расположена на горизонтали, то ее отметка равна отметке горизонтали. Когда точка находится между горизонталями с разными высотами, ее отметка определяется интерполированием (нахождением промежуточных значений величин). Точка 1 и точка 2 расположены между горизонталями. Поэтому чтобы определить отметки этих точек необходимо через т.1 и т.2 провести прямую линию от наименьшей горизонтали данной точки до наибольшей.

Топографический план № 2



- отметка точки 1 определяется по формуле:

$$H_1 = H_{мг.} + h \cdot (c / d),$$

где $H_{мг.}$ – отметка малой горизонтали;
h - высота сечения рельефа;
c - расстояние от точки 1 до малой горизонтали;
d - расстояние между горизонталями.

Исходные данные точка 1:
$H_{мг.}$ = 156 м;
h = 1 м;
c = 3 мм на плане;
d = 7 мм на плане.
Если М 1:2000, то c = 3 мм на плане = 6 м на местности
d = 7 мм на плане = 14 м на местности
$H_1 = 156 + 1 \cdot (6 / 14) = 156, 43$ м
- отметку точки 2 определяем аналогично определению отметки точки 1

Исходные данные точка 2:

$H_{мг.}$ = 154 м;
h = 1 м;
c = 2 мм на плане;
d = 6 мм на плане.
Если М 1:2000, то c = 2 мм на плане = 4 м на местности
d = 6 мм на плане = 12 м на местности
$H_2 = 154 + 1 \cdot (4 / 12) = 154, 33$ м.
4. Определяем уклон линии по формуле:

$$i_{12} = (H_2 - H_1) / d \cdot 100\%,$$

где d – заложение, которое на плане равно 38 мм, на местности 76 м.

$$i_{21} = (H_1 - H_2) / d \cdot 100\%$$

$i_{12} = (154,33 - 156,43) / 76 \cdot 100\ \% = -2,76\ \% = -27,6$ ‰
$i_{21} = (156,43 - 154,33) / 76 \cdot 100\ \% = 2,76\ \% = 27,6$ ‰

5. Построить профиль местности по заданному на карте направлению.

Профилем называется чертеж, изображающий вертикальный разрез местности в уменьшенном виде. Физическая поверхность Земли в большинстве случаев имеет плавное, криволинейное очертание. Профиль вычерчивается в виде ломаных линий по отметкам характерных точек местности. Рассмотрим построение профиля на конкретном примере. Пусть требуется построить профиль местности по линии АВ. Для этого линию АВ переносят в масштабе карты на бумагу и отмечают на ней точки 1, 2, 4, 5, 7, 9, в которых она пересекает горизонтали, а также характерные точки рельефа (3, 6, 8). Линия АВ служит основанием профиля. Взятые с карты отметки точек откладывают на перпендикулярах (ординатах) к основанию профиля в масштабе, в 10 раз превышающем горизонтальный масштаб. Полученные точки соединяют плавной линией. Обычно ординаты профиля уменьшают на одну и ту же величину, т.е. строят профиль не от нуля высот, а от условного горизонта УГ (на рис. 6 за условный горизонт принята высота, равная 100 м)

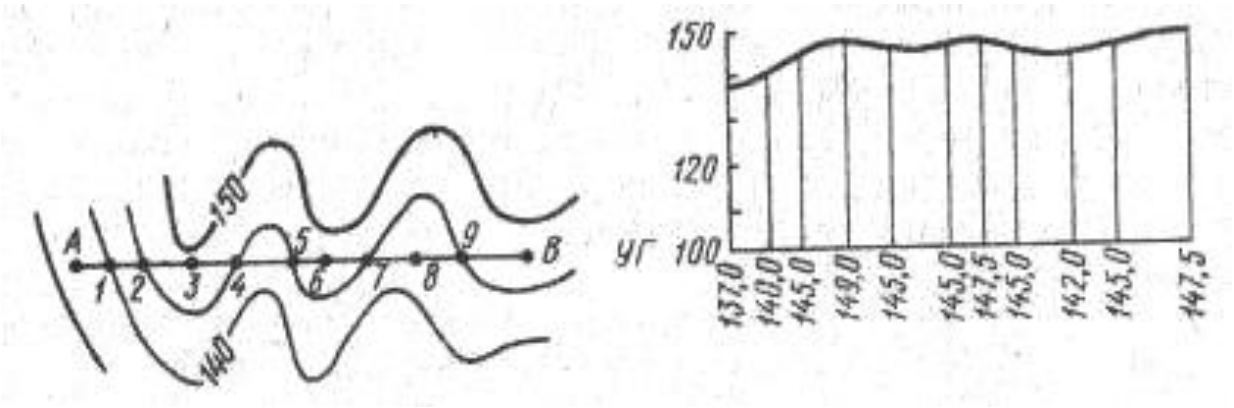


Рисунок 6 – План и профиль

Практическое занятие № 4

Тема: Обработка материалов линейных измерений

Цель занятия:

1. Научиться выполнять линейные измерений при помощи рулетки и лазерного дальномера.
2. Развить навыки вычерчивания плана помещения.

Основные теоретические положения.

Угловые измерения

Общие принципы измерения углов на местности. Для определения взаимного положения точек необходимо уметь измерять углы и расстояния. Для определения планового положения необходимо знать горизонтальные и вертикальные углы. Горизонтальным называют угол АОВ между проекциями линий (направлений на точки) ОА' и ОВ' на горизонтальную плоскость Q (рис. 3). Иначе: горизонтальный угол – это двугранный угол между отвесными плоскостями, проходящими через его стороны. Он отсчитывается по часовой стрелке. Вертикальным называют угол νa (νb) между линей ОА' (ОВ') и горизонтальной плоскостью. Он отсчитывается от горизонтальной плоскости к линии. Для измерения горизонтального угла над его вершиной на отвесной линии помещают центр градуированного круга – лимба, - установленного горизонтально. Тогда угол между направлениями на местности будет равен разности отсчетов между сечениями лимба (a и b) вертикальными плоскостями, проходящими через линии ОА' и ОВ' на местности. Если круг оцифрован по часовой стрелке, то $\beta = b - a$.

Линейные измерения

Непосредственный метод измерения. Мерные приборы. Измерение расстояний производят непосредственным или косвенным методом. При непосредственном измерении расстояния мерный прибор (рулетка, лента и т.п.) последовательно укладывают в створе измеряемого отрезка. При косвенном методе измеряют вспомогательные параметры (углы и базисы, время и т.п.), а длину находят по формулам, связывающим измеренные параметры и длину. Точность измерений в зависимости от метода колеблется в очень широких пределах (от 1:200 до 1:1000000). Закрепление концов отрезка в зависимости от назначения о сроков

использования производится колышками, деревянными столбами, железобетонными монолитами. Для непосредственного измерения используют землемерные ленты со шпильками. Перед измерениями производят рекогносцировку, т.е. ознакомление с местностью. Затем выполняют вешение лини, т.е. установку вешек в створе линии. Измерение производят два человека: задний прикладывает ноль прибора к начальной точке и закрепляет ленту шпилькой, а передний, уложив ленту в створ, натягивает ленту и закрепляет её шпилькой. Далее ленту снимают, причём заднюю шпильку вынимают. Операцию повторяют. Когда у переднего рабочего заканчиваются шпильки, задний передаёт ему 10 штук; передача отмечается в журнале. Остаток r измеряют по надписям на пластинках (целое число метров), по отверстиям (расположенным через дециметр) и сантиметры – на глаз. Длина линии вычисляется по формуле $D = nl + r$, где n – число целых отложений ленты, l – длина ленты. Все линии измеряют в прямом и обратном направлениях, за окончательное значение принимают среднее из них.

Задание 1. Нарисовать поле зрения зрительной трубы нивелира и теодолита.

2. Нарисовать дальномерную насадку.

3. Решение задач.

Задача № 1. Длина рабочей ленты при сравнении ее с нормальной оказалась Л м. Длина линии в результате измерения этой рабочей лентой получилась В м. Во время измерения ленту считали 20-метровой.

Определите: 1. Систематическую погрешность.

2. Общую поправку за неточность длины ленты.

3. Действительную длину линии.

Поясните: почему при определении длины линии Вы прибавили или отняли общую поправку.

Задача № 2. Линия местности состоит из 2 частей L_1 и L_2 с различными углами наклона $У_1$ и $У_2$. Определите общее горизонтальное проложение этой линии. Начертите схему задачи и решите, используя косинусы угла наклона.

Задача № 3. Определить расстояние на местности измеренное теодолитом и дальномерной рейкой при следующих условиях:

Таблица № 1

Нижняя нить	Верхняя нить
3132	0894

Решение:

Задача № 1.

1. Определяем систематическую ошибку мерной ленты $ΔЛ_{комп} = Л_р – Л_о$
2. Определяем систематическую ошибку на 1 метр мерной ленты $ΔЛ_{комп}$ 1 м = $ΔЛ_{комп} / Л_о$
3. Вычисляем общую поправку $ΔЛ_{общ} = ΔЛ_{комп}$ 1 м × В

4. Определяем действительную длину линии $В_{действ} = В + ΔЛ_{общ}$
Вывод: $ΔЛ_{общ}$ + , т. к. $Л_р > Л_о$ $ΔЛ_{общ}$ – , т. к. $Л_р < Л_о$

Задача № 2.

1. Определяем горизонтальное проложение первого участка 1 1 1 1 cosУ× λ = λ
2. Определяем горизонтальное проложение второго участка 2 2 1 2 cosУ× λ = λ
3. Общее горизонтальное проложение

Задача № 3.

1. Определяем разность отсчетов ℓост. = Отсчет Н – Отсчет В
2. Определяем длину линии Д = ℓост × 100

Практическое занятие № 5

Тема: Изучение теодолита

Цель занятия:

1. Изучить теодолит.
2. Развить навыки обращения с теодолитом: технику наведения, взятия отсчетов.
3. Научиться выполнять поверки и юстировки теодолита.

Основные теоретические положения.

1. Теодолит — геодезический инструмент для измерения на местности горизонтальных и вертикальных углов, углов наклона, расстояний (по нитяному дальномеру) и магнитных азимутов (при наличии буссоли).
2. **Устройство теодолита**. Прибор состоит из вращающегося на вертикальной оси горизонтального круга с алидадой и скреплённых с нею колонок, на которые опирается горизонтальная ось, несущая зрительную трубу и вертикальный круг.
3. **Поверки и юстировки теодолита**. Поверка — выявление правильности взаимного расположения отдельных частей и осей прибора, определяющих соблюдение его геометрической схемы. Юстировка — исправление нарушенных условий взаиморасположения частей теодолита.

1. Подготовить теодолит к работе (см. рис. 1).

До начала работы с теодолитом внешним осмотром проверяют его устойчивость на штативе, плавность хода подъемных и наводящих винтов, прочность фиксации вращающихся частей закрепительными винтами.

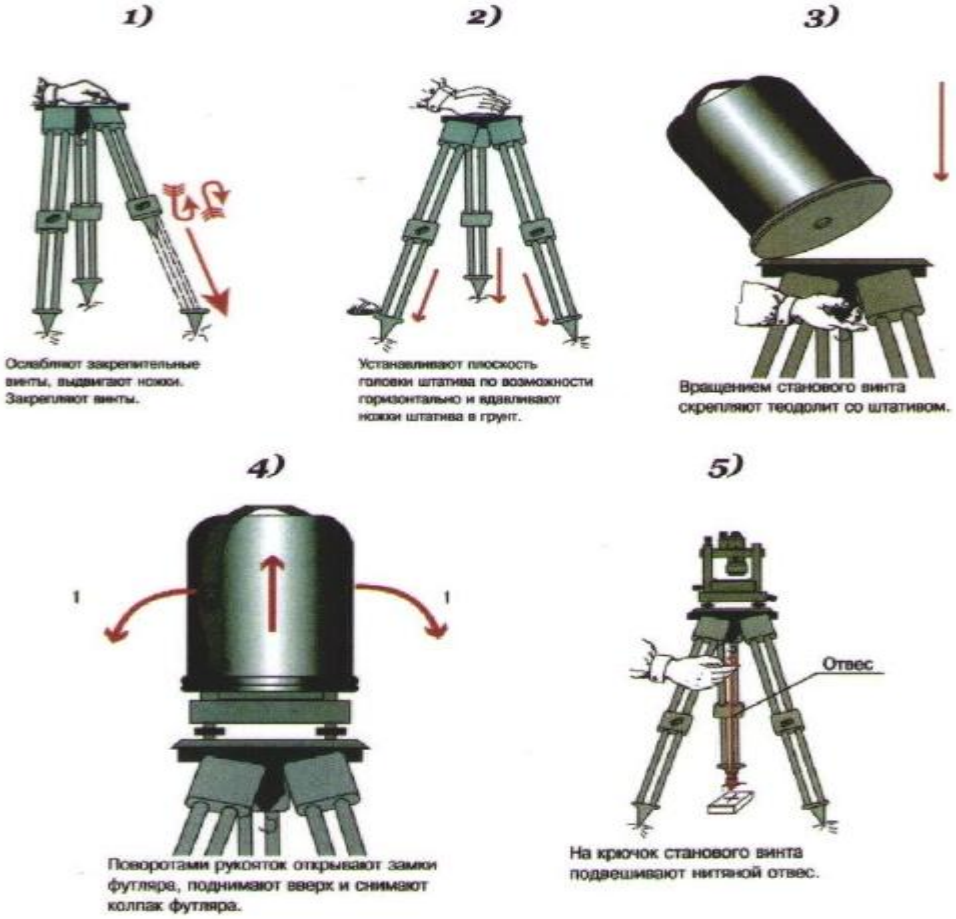
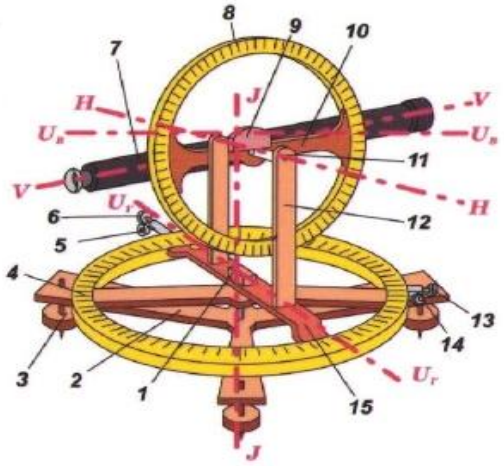


Рисунок 1 - Теодолит

2. Перед началом измерений теодолитом выполняют поверки с целью выявления постоянства геометрических условий, и если обнаруживается, что то или иное геометрическое условие не выполняется, производят юстировку (регулировку) прибора).

Если теодолит получен с завода, после ремонта, от другого специалиста, до ввода теодолита в эксплуатацию выполняют поверки. В процессе поверок удостоверяются в правильном взаимном положении осей прибора (оси прдставлен на рис. 2).



Основные оси теодолита

JJ – ось вращения прибора (вертикальная ось); HH – ось вращения трубы (горизонтальная ось);
VV – визирная ось зрительной трубы;
$U_гU_гU_вU_в$ – оси уровней при горизонтальном и вертикальном кругах прибора

Рисунок 2 – Оси теодолита

Последовательность поверок теодолита следующая:

1. Ось цилиндрического уровня $U_ГU_Г$ при алидаде горизонтального круга должнабыть перпендикулярна к вертикальной оси вращения прибора JJ.

Поверните алидаду так, чтобы ось уровня расположилась параллеьнл прямой, соединяющей два подъемных винта подставки, и вращением этих винтов в противоположных направлениях выведите пузырек уровня на середиу. Поверните алидаду на 90^0 и третьим подъемным винтом установите пузырек уровня на середину. Затем поверните алидаду на 180^0 и оцените смещение пузырька от среднего положения. Если отклонение бльше одного деления, выполните юстировку (половину смещения исправьте подъемным винтом подставки, вторую половину юстировочным винтом)

2. Вертикальная нить сетки должна быть установлена отвесно.

Зрительную трубу наводят на отвес, находящийся на расстоянии 2-10 м от теодолита.

При несовпадении вертикальной нити сетки с нитью отвеса снимают с окуляра колпачек, ослабляют винты корпуса и развертывают окулярную чась до совпдения вертикальной линии сетки с отвесом. Закрепляют винты и повторят поверку.

3.Визирная ось зрительной трубы VV должна быть перпендикулярна к ее горизонтальной оси вращения HH (коллимационная ошибка).

Уклонение визирной оси от перпендикулярного ее положения к оси враще ния трубы называется коллимационной ошибкой.

Для выявления коллимационной ошибки необходимо:

а) навести зрительную трубу при положении теодолита «круг слева» на визирную цель, удаленню не менее че на 50 м, направление на которую горизонтально (отклонение не более 2^0) и снимите показание $КЛ_1$с горизонтального лимба;

б) повторить наведение при положении теодолита «круг справа» и снятьпоказание $КП_1$;

в) освободить закрепительный винт горизонтального круга, поверните теодол ит на 180^0и снова закрепите;

г) навести зрительную трубу на ту же цель при двух положениях теодолита и снять показания $КЛ_2$ и $КП_2$

Величину коллимационной ошибки вычислить по формуле:

$$C = 0{,}25\,[(КЛ_1 - КП_1 \pm 180^0) + (КЛ_2 - КП_2 \pm 180^0)]$$

$$C = 0{,}25\,[(242°14' - 62°15' - 180^0) + (60°35' - 240°35' + 180^0)] = -\,0'25''$$

Если среднее арифметическое значение колиммационной погрешности превыш ает 1′

Для исправления коллимационной ошибки необходимо:

а) снять колпачек, закрывающий доступ к юстировочным винтам сетки нитей, навести зрительную трубу на удаленную визирную цель и снимите показания КЛ (или КП) по горизонтальному кругу;

б) вычислить исправленные показания для горизонтального круга по формуле:

$$КЛ_{исп} = КЛ - C \text{ или}$$

$$КП_{исп} = КП + C$$

и установите его на горизонтальном круге;

в) переместить юстировочными винтами сетку нитей до совмещения ее перекр естия с изображением наблюдаемой точки.

4. Определение места нуля вертикального круга.

Условие в данной поверке состоит в том, чтобы добиться отсчета по вертикальному лимбу, равного нулю, если пузырек уровня будет на середине, а изирная ось зрительной трубы – совпадать с горизнтальной плоскостью.

Практически визирная ось зрительной трубы, как правило, не совпадает с горизонтальной плоскостью теодолита при установке нулевого отсчета по вертикальному лимбу, и этот угол несовпадения называют **местом нуля** (МО)

Место нуля вертикального круга (лимба) определяется визированием на одну и ту же точку при двух положениях круга и вычисляется по формуле

МО= 0,5 (КЛ + КП)

МО= 0,5 · (- 3° 10' + 3° 12') = + 0° 01'

Для исправления места нуля вертикального круга необходимо:

а) снять колпачек, закрывающий доступ к юстировочным винтам сетки нитей, навести зрительную трубу на удаленную визирную цель и снимите показания КЛ (или КП) по вертикальному кругу;

б) вычислить исправленные показания для горизонтального круга по формуле:

КЛисп= КЛ – МО или

КПисп= КП - МО

и установите его на вертикальном круге;

в) переместить юстировочными винтами сетку нитей до совмещения ее перекр естия с изображением наблюдаемой точки.

При юстировке места нуля необходимо следить за положением пузырька уровня и в случае смещения выведите его в среднее положение подъемными винтами подставки.

5. Горизонтальная ось вращения трубы НН должна быть перпендику лярна к

вертикальной оси теодолита JJ.

При этом трубу наводят на предмет, расположенный под углом 30-50^0 над горизонтом;

переводят трубу вниз на поверхность стены, фанеры или доски, и помощни к карандашом

отмечает проекцию точкой. Затем переводят трубу через зенит, поворачива ют теодолит на

180^0, наводят перекрестие сетки снова на ту же верхнюю точку. Визируют тр убу вниз. Если

ранее отмеченная точка не выходит за приделы биссектора (два параллельн ых штриха для

наведения на тонкие или удаленные предметы) сетки, то наклон горизо нтальной оси

допустим. В противном случае теодолит необходимо отправить на завод для юс тировки.

3. Установить визирную цель и навести на нее зрительную трубу.

Так как непосредственное визирование на точку, закрепленную в грунте знаком, бывает затруднено из–за неровностей местности и растительности, над знаком устанавливают визирные цели – марки, вехи, шпильк.

Поле зрения трубы при наведении на веху (изображение перевернуто) и ус тановка визирной цели представлено на рисунке 3.

Поле зрения трубы при наведении на веху (изображение перевернуто) и

установка визирной цели представлено на рисунке 3.

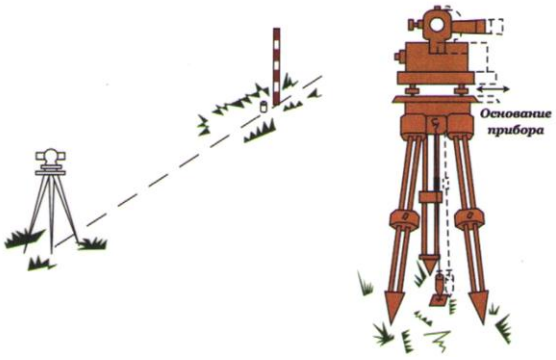


Рисунок 3 – Установка визирной цели

4. Снять показания лимба горизонтального и вертикального круга (см. рис. 4).

Показания лимба горизонтального круга 125º 06', лимба вертикального круга - 0º 26' (см. рис. 14А для теодолита 2Т30, 4Т30).

Показания лимба горизонтального круга 70º 05', лимба вертикального круга - 358º 48' (см. рис. 14Б для теодолита Т30).

а) б)

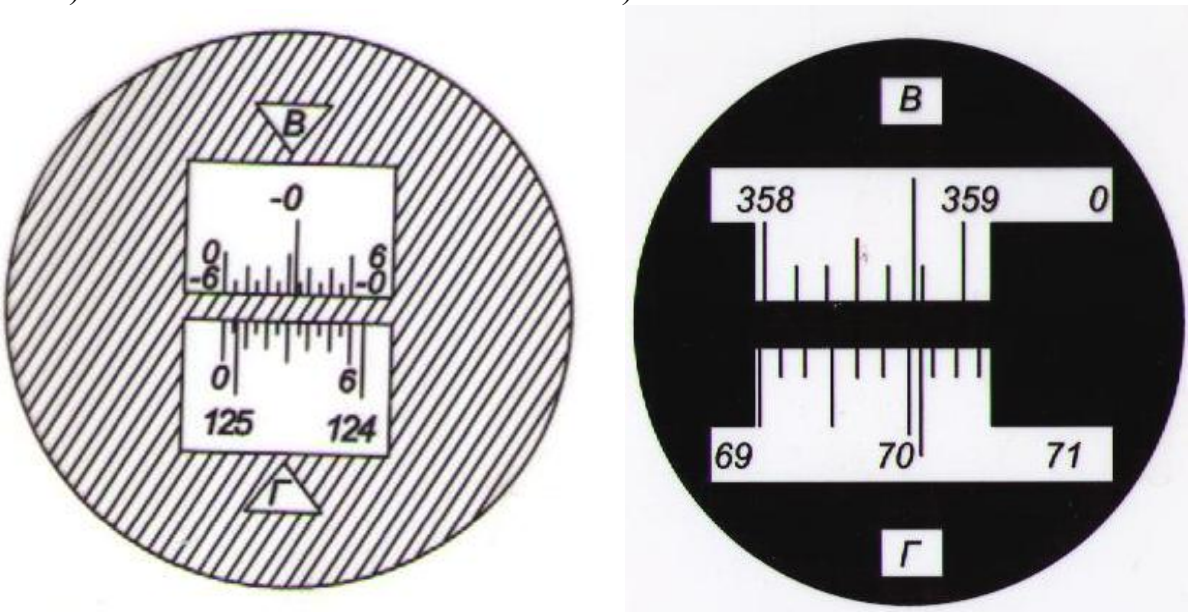


Рисунок 4 – Лимб горизонтального и вертикального круга

Практическое занятие №6

Тема: Измерение горизонтальных и вертикальных углов

Цель занятия:

1. Развить навыки измерения горизонтального и вертикального углов.
2. Научиться вести полевой журнал и выполнять контроль измерений.

Основные теоретические положения

Горизонтальный угол – это ортогональная проекция пространственного угла

на горизонтальную плоскость.

1. Подготовить теодолит к работе и привести его в рабочее положение. Это слагается из установки теодолита на штатив, центрирования теодолита (при помощи нитяного отвеса), нивелирования теодолита (приведение его вертикальной оси в отвесное положение) и установки зрительной трубы для наблюдения.

2. Над наблюдаемыми точками устанавливают визирные цели – вешки, мерные шпильки или специальные визирные марки (см. рис. 5)

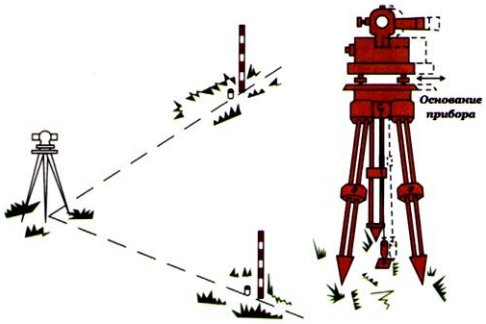


Рисунок 5 – Установка визирных целей

3. Для измерения горизонтальных углов применить способ приемов.

Теодолит установить в рабочее положение в вершине А угла и, закрепив лимб, навести трубу на «заднюю» точку С (см. рис. 6). Пользуясь микрометрическими винтами алидады горизонтального круга и зрительной трубы, совмещают перекрестие сетки нитей с наблюдаемой целью и берут отсчеты по горизонтальному кругу. Далее открепляют алидаду, визируют на «переднюю» точку В и, проделав аналогичные операции, получают новые отсчеты.

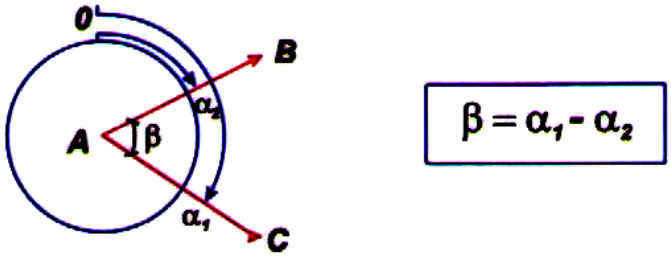


Рисунок 6

Величина измеряемого угла β будет $\beta = \alpha_1 - \alpha_2$.

Следует помнить, что, вычитая из отсчета α_1 на «заднюю» по ходу точку отсчет α_2 на «переднюю» по ходу точку, получают значение угла β вправо по ходу лежащего.

Такое измерение угла называется *полуприемом*. Для ослабления влияния инструментальных погрешностей угол β измеряют и при другом положении вертикального круга (переводят трубу через зенит), предварительно сместив лимб на угол, близкий к 90^0. Два полуприема (КП и КЛ) измерения угла составляют один полный прием.

Расхождение результатов измерения между первым и вторым полуприемами не должно превышать двойной точности прибора.

4. Данные по измерению горизонтального угла занести в таблицу.

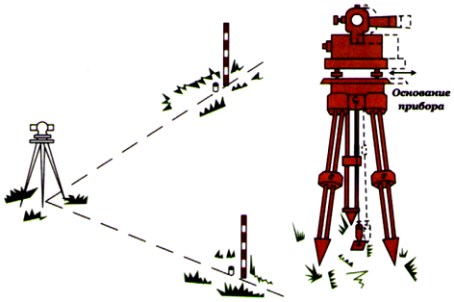
№ станции	Положение круга	№ точки	Отсчеты по горизонтальному кругу	Угол β	βср
I	КЛ	С	313°31'	64°45'	64°44'30"
		В	248°46'		
	КП	С	133°30'	64°44'	
		В	68°46'		

$\beta_{кл} = \alpha_{1кл} - \alpha_{2кл} = 313°31' - 248°46' = 64°45'$
$\beta_{кп} = \alpha_{1кп} - \alpha_{2кп} = 133°30' - 68°46' = 64°44'$
$\beta_{ср} = (\beta_{кл} + \beta_{кп}) / 2 = (64°45' + 64°44') / 2 = 64°44'30''$

Вертикальным углом, или углом наклона, называется угол, составленный воображаемой линией горизонта и линией визирования на данный предмет. Если направление на предмет лежит выше линии горизонта, угол наклона считается положительным, если ниже – отрицательным.

1. Подготовить теодолит к работе и привести его в рабочее положение. Это слагается из установки теодолита на штатив, центрирования теодолита (при помощи нитяного отвеса), нивелирования теодолита (приведение его вертикальной оси в отвесное положение) и установки зрительной трубы для наблюдения.

2. Над наблюдаемыми точками устанавливают визирные цели – вешки, мерные шпильки или специальные визирные марки.



3. Навести зрительную трубу на визирную цель и снять отсчеты по вертикальному кругу при КП и КЛ. По снятым отсчетам определить угол наклона «место нуля» (см. рис. 7).

Поскольку горизонтальному положению визирной оси, как правило, соответствует отсчет по вертикальному кругу, не равный «нулю», то и приходится определять «место нуля», т.е. тот отсчет, который соответствует горизонтальному положению визирной оси.

Местом нуля называется отсчет по вертикальному кругу, соответствующий горизонтальному положению визирной оси при нахождении пузырька цилиндрического уровня вертикального круга на середине.

Рисунок 7 -Измерение вертикального угла

4. Данные по измерению вертикального угла занести в таблицу.

Точки наблюдения	Положение круга	Отсчеты по вертикальному кругу	МО	νср
В	КЛ КП	+ 7° 15′ - 7° 14′	+0° 00′30″	+7°14'30″

Для *теодолитов Т30* с круговой оцифровкой 0º - 360º используются следующие формулы:

МО = (КЛ + КП + 180º) / 2;

ν= КЛ –МО;

ν = МО – КП - 180º;

ν = (КЛ – КП - 180º) / 2

В *теодолитах 2Т30П, 3Т30П, 4Т30П 2Т5, Т5К, 3Т5КП* градусные деления вертикального круга разделены на четыре сектора, каждый оцифрован от 0º до 75º или 0º до 90º с указанием знака «минус» для отрицательных углов наклона, а формулы для вычисления значений МО и ν имеет вид

МО = (КЛ + КП) / 2;

ν= КЛ –МО;

ν = МО – КП;

ν = (КЛ – КП) / 2.

Пример 1. Вычислить угол наклона *ν*, если при визировании на точку получены отсчеты Л = 6°41′; П = 173°21′ (теодолиты Т30).

Решение полное. МО = (6°41′ + 360° + 173°21′ + 180°) / 2 =(720° 02′)/2 = = 360°01′ = 0°01′;

ν = Л – МО = 6°41′ - 0°01′ = +6°40′;

ν =МО – П- 180° =360°01′ - 173°21′ - 180° = + 6°40′;

ν = (Л– П -180°)/2=(6°41′ + 360° - 173°21′ - 180°) / 2 = (+13°20′)/2=+6°40′.

Решение сокращенное. МО = (Л + П+ 180°) / 2 = (6°41′ + 173°21′ + + 180°) / 2 = (360°02′) / 2 = 180°01′ + 180° = 360°01′ = 0°01′; *ν =Л – МО* = = 6°41′ - 0°01′= + 6°40′.

Пример 2. При визировании на точку получены отсчеты Л = = 354°02′; П = 186°00′ (теодолиты Т30). Вычислить угол наклона.

Решение сокращенное. МО = (Л + П + 180°) / 2 = (354° 02′ + 186° 00′ + + 180° 00′) / 2 = (720° 02′) / 2 = 360° 01′= 0° 01′;

v = Л – МО = 354° 02′ - 360° 01′= - 5°59′.

Пример 3. При визировании на точку М теодолитом 2Т30П, 4Т30П получены отсчеты по вертикальному кругу Л = - 3° 10′, П = +3° 12′. Вычислить угол наклона.

Решение. МО = (Л + П) / 2 = (- 3° 10′ + 3°12′) / 2 = +0° 01′; *v =Л* – МО = -3°10′ - 0°01′ = - 3°11′.

Контроль *v* =МО – П = -3°11′.

При измерении вертикальных углов колебания величины МО не должны превышать 2t – двойной точности отсчетного устройства (1′ в теодолитах Т30). из полученных величин МО используется среднее.

Практическое занятие №7

Тема: Работа с нивелиром

Цель занятия:

1. Изучить нивелир и нивелирные рейки.
2. Развить навыки выполнения поверок и юстировок нивелира.

Основные теоретические положения

Нивелирование – вид геодезических измерений, в результате которых определяют превышения точек, а также их высоты над принятой уровенной поверхностью. Нивелирование производят для изучения форм рельефа: определения высот точек при проектировании, строительстве и эксплуатации зданий и инженерных сооружений. Нивелиром называют геодезический инструмент, визирная ось трубы которого в рабочем положении горизонтальна.

1. Установить нивелир на штатив.

До начала работ нивелир вынимают из укладочного ящика и укрепляют на штативе становым винтом. Выдвигая и убирая ножки штатива, устанавливают его головку «на глаз» в горизонтальное положение.

2. Выполнить поверки и юстировки нивелира.

Перед началом измерений нивелиром выполняют поверки с целью выявления постоянства геометрических условий, и если обнаруживается, что то или иное геометрическое условие не выполняется, производят юстировку (регулировку) прибора.

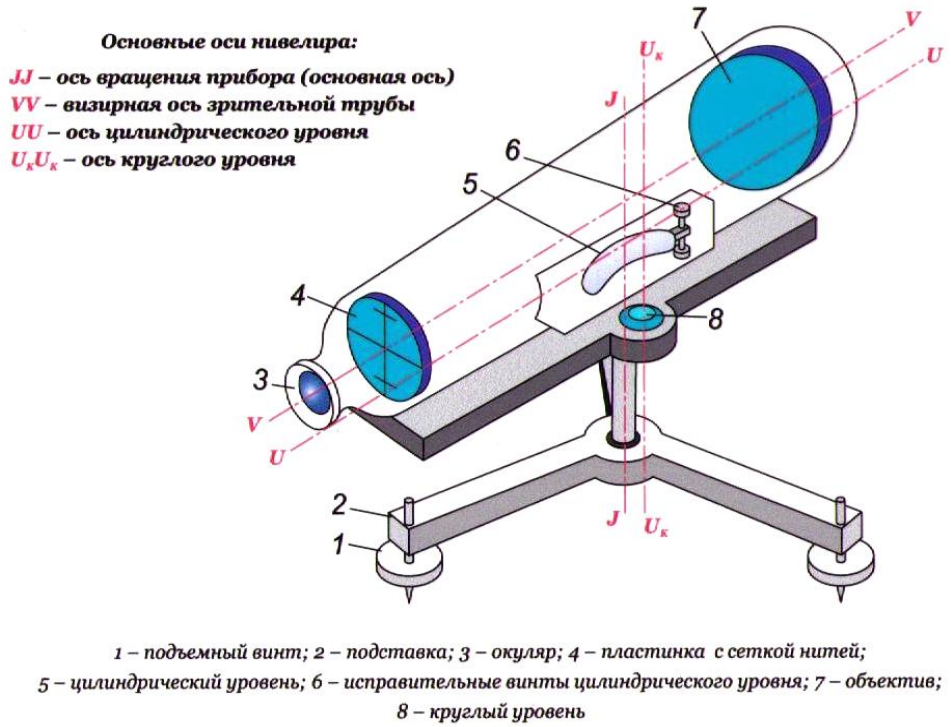
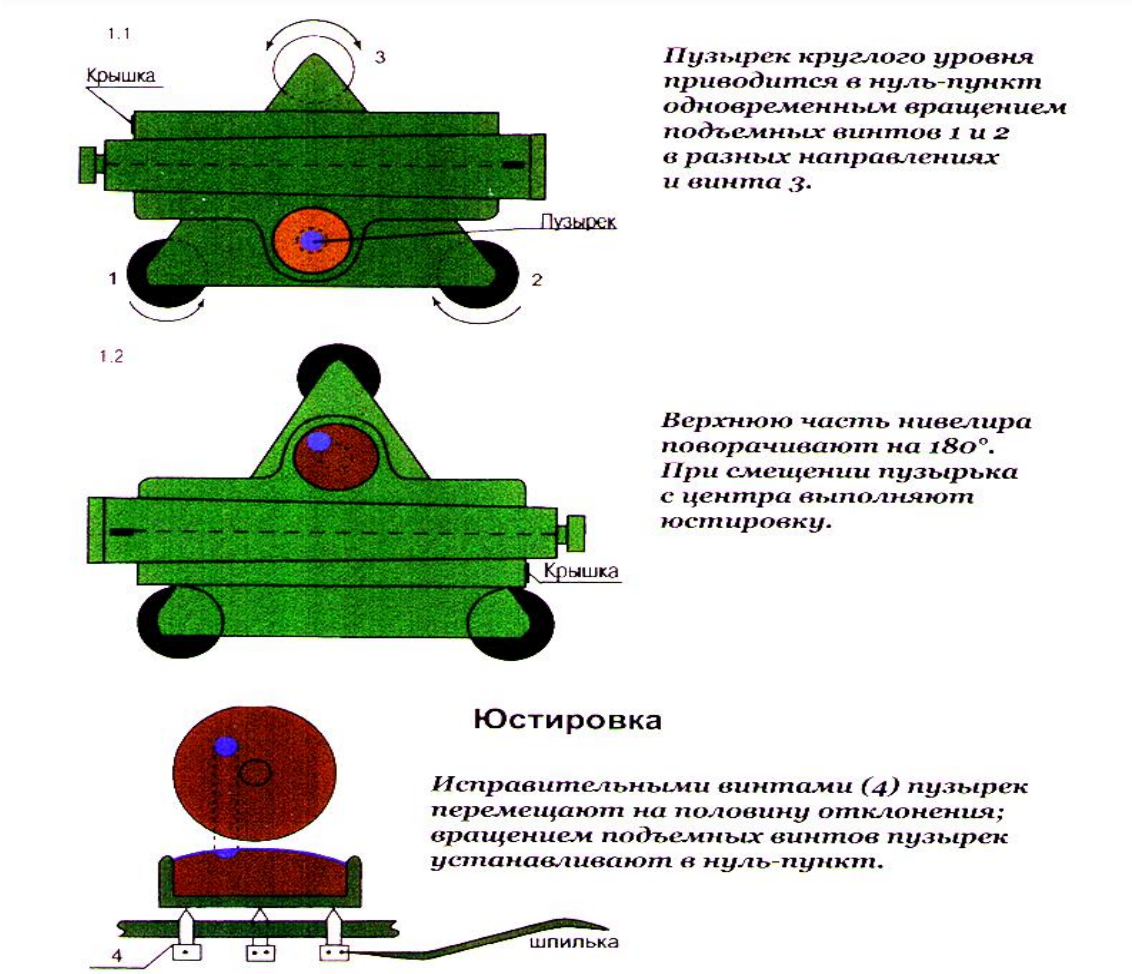
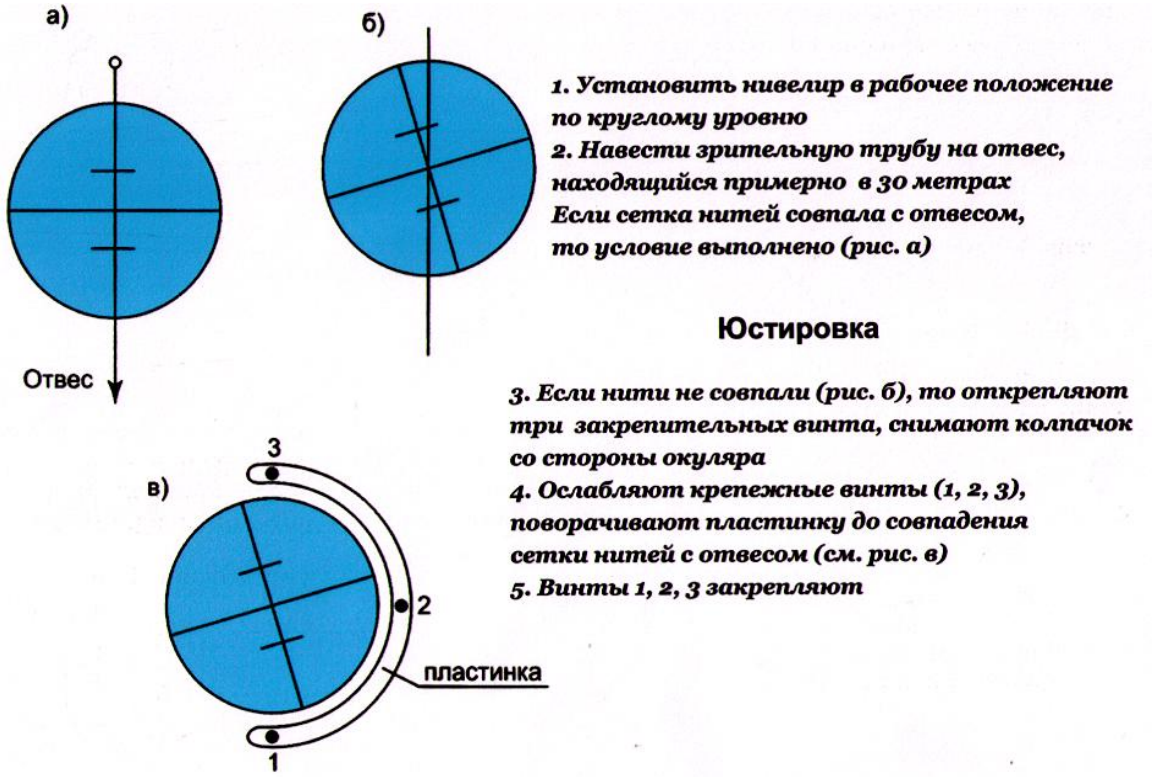


Рисунок 8 - Нивелир

1. Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения прибора

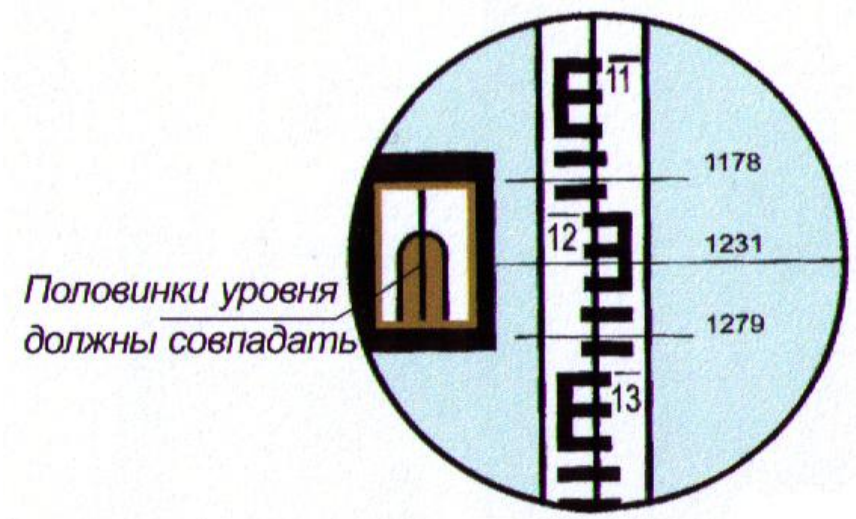


2. Вертикальная нить сетки нитей должна быть параллельна оси вращения нивелира



3. Призмы, передающие изображение пузырька, должны быть установлены правильно

Для поверки условия подъемными винтами приводят пузырек уровня в нуль-пункт, наблюдая в окно защитной коробки уровня. Если одновременно с этим придут в контакт концы пузырька и будут располагаться в середине прямоугольника, то условие выполнено. В противном случае прибор направляется в мастерскую для исправления положения призм.

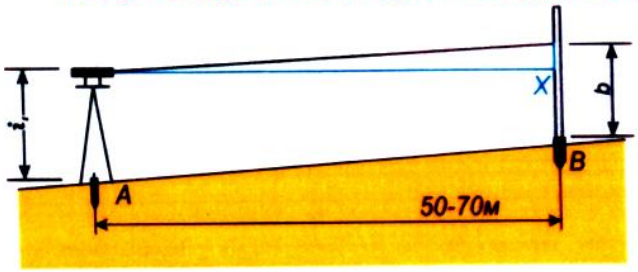


4. Ось цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной оси трубы – главное условие нивелира

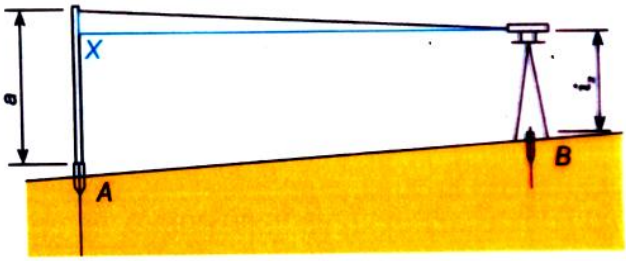
Поверки нивелиров с цилиндрическим уровнем III

Поверка цилиндрического уровня

Ось цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной оси трубы



1. На местности с небольшим уклоном забивают 2 колышка на расстоянии 50-70м



2. Устанавливают нивелир в рабочее положение над точкой А. Рейкой измеряют высоту инструмента i_1 и берут отсчет по рейке, стоящей в т. В.

3. Нивелир переставляют в т. В, измеряют высоту i_2 и берут отсчет а.

4. Если условие поверки не соблюдено, то в оба отсчета вошла одинаковая ошибка "x", которая определяется по формуле: $x = (i_1 + i_2)/2 - (a + b)/2$

Если $x \leq \pm$ 4мм, то условие выполнено. В противном случае выполняют юстировку.

Юстировка

1. Верный отсчет по рейкам $a_1 = a + x$

2. Элевационным винтом устанавливают среднюю нить сетки на отсчет a_1

3. Пузырек цилиндрического уровня ушел с нуль-пункта

4. Снимают крышку в торцевой части коробки цилиндрического уровня

5. Слегка отпускают винты 3, 4; действуя винтами 1 и 2, совмещают изображение половинок концов пузырька уровня

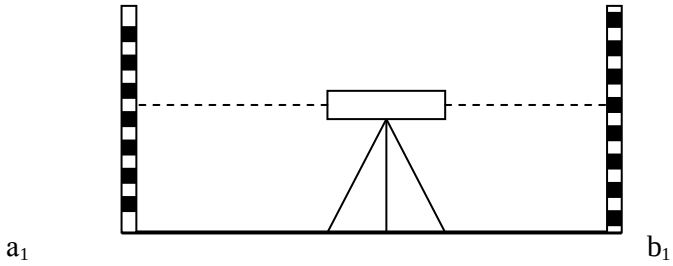
6. Поверку повторяют

x = (1395 + 1385) : 2 – (1382 + 1390) : 2 = 4 мм

5. *Проверка положения визирной оси (для самоустанавливающихся нивелиров).*

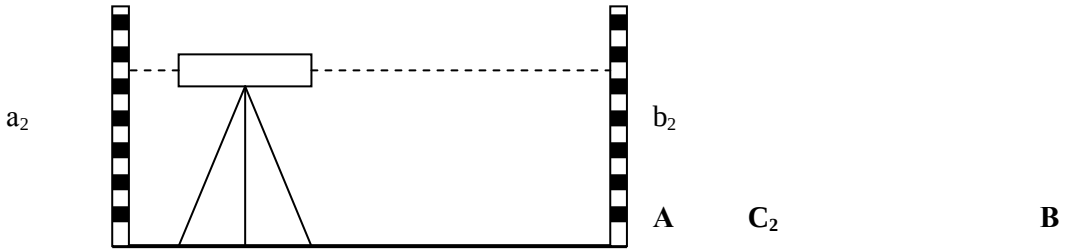
Последовательность выполнения поверки: выбирают на местности две точки А и В с расстоянием между ними 30-50 м; точки закрепляют кольями, устанавливают нивелир посередине в точке C_1 и берут отсчеты a_1 и b_1 по рейкам. Вычисляют превышение $h_1=a_1 - b_1$. Устанавливают нивелир в точке C_2 на расстоянии 1 - 2 м от рейки А, берут по рейкам отсчеты a2, b2 и вычисляют превышение $h_2=a_2-b_2$.

При равенстве превышений или разнице менее 3 мм нивелир пригоден к эксплуатации. В противном случае сделать нужно следующее: наведите прибор на рейку В и снимите защитный кожух окуляра. Используйте юстировочную шпильку, вращайте юстировочный винт пока отсчет по рейке В не станет равным a_2 – h. Повторите все действия с начала до конца пока $(a_2-b_2) - (a_1 - b_1) \leq 3$ мм.



A **C_1** **B**

$h_1 = a_1 – b_1 = 1407 – 1392 = 15$ мм



$h_2 = a_2 – b_2 = 1405 – 1390 = 15$ мм

Практическое занятие №8
Тема: Составление плана теодолитной съемки

Цель занятия:

1. Развить навыки построения координатной сетки.
2. Научиться наносить точки теодолитного хода по координатам на план.

Основные теоретические положения

Теодолитная съемка выполняется на основе съемочного обоснования, создаваемого в виде теодолитных ходов.

Теодолитная съемка выполняется на основе съемочного обоснования, создаваемого в виде теодолитных ходов.

Теодолитный ход – это система ломаных линий, для которых измерены расстояния между точками и горизонтальные углы между сторонами. Бывают замкнутые и разомкнутые ходы, свободные и несвободные.

Свободный ход – ход, в котором имеются только необходимые исходные данные, а несвободный ход имеет избыточные данные.

Порядок работ при теодолитной съемке:

1. **Рекогносцировка** – осмотр местности с выбором и закреплением будущих точек съемочного обоснования.

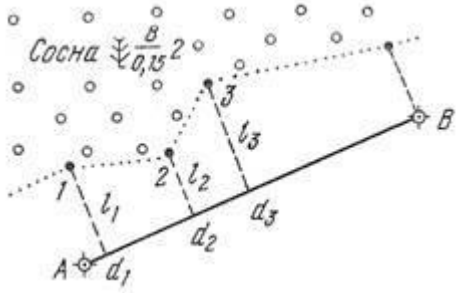
2. Привязка пунктов съемочного обоснования к пунктам ГГС. Для этого на местности выполняют измерения примычных углов и расстояний.

3 Измерение горизонтальных углов и длин сторон теодолитного хода. Горизонтальные углы измеряются способом приемов, расстояние при помощи стальной мерной ленты или рулетки в прямом и обратном направлениях, с относительной погрешностью не более 1:2000. Для определения горизонтального проложения также измеряют углы наклона местности теодолитом.

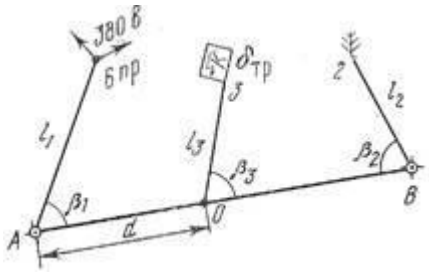
4. Съемка контуров местности (ситуации). Заключается в привязке этих контуров к пунктам съемочного обоснования.

Съемка контуров местности выполняется следующими способами:

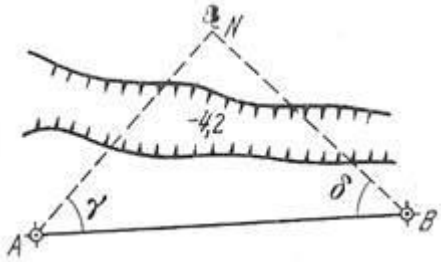
1. Способ перпендикуляров (способ прямоугольных координат)



2. Способ полярных координат



3. Способ угловых засечек



4. Способ линейных засечек

Абрис – это схематичный чертеж на котором изображены стороны теодолитного хода, снимаемые контуры и результаты угловых и линейных промеров *(β и l)*

Абрис может быть составлен для всего хода или отдельно для каждой стороны.

Камеральная обработка результатов измерения теодолитного хода

1. Вычисление координат точек теодолитного хода.

Перед началом вычисления проверяют все журналы (значения вычисленных горизонтальных и вертикальных углов, горизонтальных проложений). Уравнивают горизонтальные углы, для этого вычисляют сумму измеренных горизонтальных углов:

$\Sigma\beta_ф=\beta_1+\beta_2+\ldots+\beta_n$

Вычисляют теоретическую сумму углов

$\Sigma\beta_т=180^o(n–2)$ – для замкнутого хода

$\Sigma\beta_т=\alpha_{нач}– \alpha_{кон}\pm180^o\cdot n$ – для разомкнутого хода

n – число измеренных углов

Вычисляют угловую невязку: $f_\beta = \Sigma\beta_ф - \Sigma\beta_т$ сравнивая ее с допустимой: $f_{\beta\ доп} = 1.5t\sqrt{n}$

где t–точность отсчетного приспособления теодолита.

Невязка f_β по абсолютной величине не должна превышать допустимого значения $f_{\beta\ доп}$, в противном случае углы измеряют заново. Если условие вычисляют поправку в каждый угол и записывают в ведомость над значениями измеренных углов: $\delta_\beta = -f_\beta/n$.

Контролем правильности распределения невязки служит равенство: $\Sigma\delta_\beta = -f_\beta$

Исправленные углы вычисляют по формуле: $\beta_{i\ испр} = \beta_{i\ изм} + \delta_{\beta\ i}$

Для контроля подсчитывают сумму исправленных углов, которая должна быть равна теоретической сумме углов: $\Sigma\beta_{испр} = \Sigma\beta_т$

Примычный угол $\beta_{прим}$ не исправляют.

2. Вычисление дирекционных углов и румбов.

По исходному дирекционному углу $\alpha_{пт-I}$ и исправленным значениям углов определяют дирекционные углы сторон теодолитного хода:

$\alpha_n = \alpha_{n-1} \pm 180^o - \beta_n$ – для правых углов

$\alpha_n = \alpha_{n-1} \pm 180^o + \beta_n$ – для левых углов

Контролем правильности вычислений дирекционных углов является совпадение значения дирекционного угла начальной стороны α_{I-II}:

$\alpha_{I-II} = \alpha_{пт-1} \pm 180^o - \beta_{пр} = \alpha_{V-I} \pm 180^o - \beta_1$

Вычисляют румбы

№ четв.	Дирекционный угол	Назв. румба	Формулы	Знаки приращения	
				Δx	Δy
I	$0^o–90^o$	СВ	$r=\alpha$	+	+
II	$90^o–180^o$	ЮВ	$r=180^o-\alpha$	–	+
III	$180^o–270^o$	ЮЗ	$r=\alpha-180^o$	–	–
IV	$270^o–360^o$	СЗ	$r=360^o-\alpha$	+	–

3. Вычисление приращений координат

По значениям дирекционных углов и горизонтальными проложениям сторон теодолитного хода вычисляют приращения координат с точностью до 0.01м:

$\Delta x = d \cdot \cos r$

$\Delta y = d \cdot \sin r$

Знаки приращения координат определяют в зависимости от названия румба.

4. Вычисление линейных невязок по осям координат

Находят суммы вычисленных приращений

$$\sum \Delta x_b = \Delta x_{b_{1-2}} + \Delta x_{b\,2-3} + \ldots$$

$$\sum \Delta y_b = \Delta y_{b_{1-2}} + \Delta y_{b\,2-3} + \ldots$$

И теоретические суммы приращений

$\Sigma\Delta x_т = x_{кон} - x_{нач}$

$\Sigma\Delta y_т = y_{кон} - y_{нач}$

Линейные невязки по осям координат

$f_x = \Sigma\Delta x_ф - \Sigma\Delta x_т$

$f_y = \Sigma\Delta y_ф - \Sigma\Delta y_т$

Вычисление абсолютной и относительной невязок теодолитного хода

$f_{абс} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}$

Определяют относительную линейную невязку $f_{отн}$ теодолитного хода:

$f_{отн} = \frac{fabc}{P}$

где Р – периметр хода.

Допустимое значение относительной невязки не должно превышать погрешности линейных измерений $\frac{1}{2000}$. Если это условие нарушено, то длины линий перемеряют, а если выполняется, то вычисляют поправки в вычисления координат:

$$\delta_\Delta x_i = -\frac{f_x}{P} \cdot l_i$$

$$\delta_\Delta y_i = -\frac{f_y}{P} \cdot l_i$$

Поправки округляют до 0.01 мм и выписывают их со своими знаками над соответствующими приращениям Δx *и* Δy.

Сумма поправок должна равняться невязке с обратным знаком:

$\Sigma\delta_\Delta x = -f_x$

$\Sigma\delta_\Delta y = -f_y$

Вычисляют исправленные приращения координат и записывают результаты в ведомость:

$\Delta x_{испр} = \Delta x_{выч} + \delta_\Delta x$

$\Delta y_{испр} = \Delta y_{выч} + \delta_\Delta y$

Для контроля определяют суммы исправленных приращений координат, которые должны быть равны теоретическим суммам приращений:

$\Delta x_{испр} = \Sigma x_т$

$\Delta y_{испр} = \Sigma y_т$

5. Вычисление координат точек теодолитного хода

$x_n = x_{n-1} + \Delta x_{n\ испр}$

$y_n = y_{n-1} + \Delta y_{n\ испр}$

Контролем вычислений служит получение координат известных точек x_1 и y_1:

$x_1 = x_{пт} + \Delta x_{пт-1} = x_V + \Delta x_{V-I}$

$y_1 = y_{пт} + \Delta y_{пт-1} = y_V + \Delta y_{V-I}$

Вычисленные значения координат вершин теодолитного хода записывают в ведомость.

6. Построение плана теодолитной съемки

Построение координатной сетки: на листе бумаги проводят две пересекающиеся линии и от точки их пересечения откладывают произвольные

равные отрезки при помощи циркуля. Получают точки АВСД, где ОА=ОВ=ОС=ОД. Соединив эти точки получают правильный прямоугольник. Вспомогательные линии стирают, на сторонах прямоугольника откладывают по 10 см и строят квадраты – сетку. Правильность построения сетки квадратов проверяют по равенству длин сторон и длин диагоналей – циркулем–измерителем.

Точки пересечения всех координатных линий по диагонали должны лежать на одной прямой.

Оцифровка координатной сети

Производиться в соответствии с масштабом чертежа таким образом, чтобы значение координатных линий были кратны 10 см в заданном масштабе и все точки съемочного обоснования поместились на чертеже и расположились по возможности в средней его части.

Нанесение точек съемочного обоснования

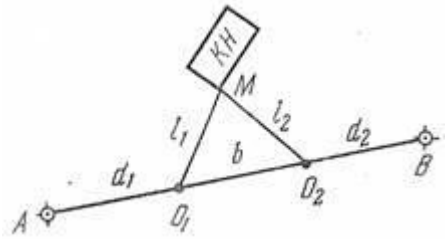
Контролем правильности будет служить равенство дирекционных углов сторон на плане и в ведомости и равенства длин сторон на плане и ведомости.

Нанесение ситуации на план

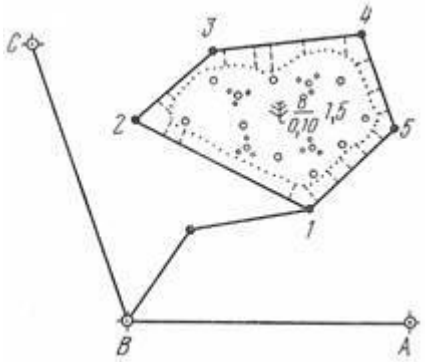
Ситуация наносить по абрису и изображается условными знаками, при этом вспомогательные линии на план не переносят.

Оформление надписи на плане

Вдоль северной рамки подписывают название чертежа, вдоль южной – масштаб, внизу справа – год съемки и исполнитель.



5. Способ створов – применяется в тех случаях, когда смешанный контур пересекает сторону теодолитного хода или ее продолжение.



По результатам съемки составляют абрис.

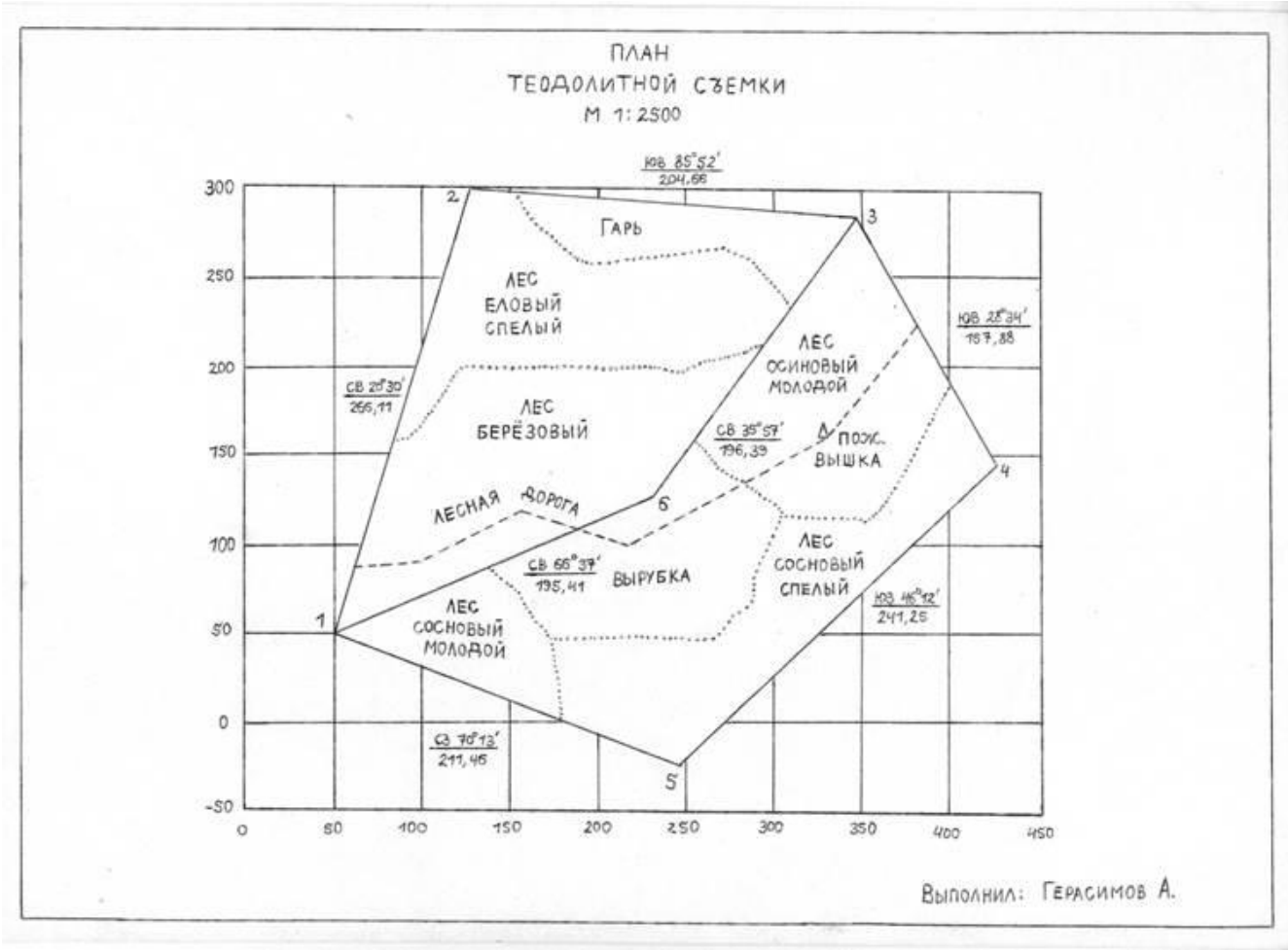


Рисунок 9 – План теодолитной съемки

Практическое занятие №9

Тема: Составление плана тахеометрической съемки

Цель занятия: Составить план тахеометрической съемки по румбам.

Основные теоретические положения

Тахеометрическая съемка — это разновидность топографической **съемки,** которую проводят с использование геодезического оборудования. Суть этого вида **съемки** сводится к тому, чтобы наведении прибора на рейку за раз просчитать несколько показателей: расстояние, превышение по горизонтальным и вертикальным углам.

Тахеометрическая съемка – комбинированная съемка, в процессе которой одновременно определяют плановое и высотное положение точек, что позволяет сразу получать топографический план местности. Тахеометрия в буквальном переводе означает быстрое измерение. Положение точек определяют относительно пунктов съемочного обоснования: плановое – полярным способом, высотное – тригонометрическим нивелированием. Длины полярных расстояний и густота пикетных (реечных) точек (максимальное расстояние между ними) регламентированы в инструкции по топографо-геодезическим работам.

При производстве тахеометрической съемки используют геодезический прибор тахеометр, предназначенный для измерения горизонтальных и вертикальных углов, длин линий и превышений. Теодолит, имеющий вертикальный круг, устройство для измерения расстояний и буссоль для ориентирования лимба, относится к теодолитам-тахеометрам. Теодолитами-тахеометрами является большинство теодолитов технической точности, например Т30.

Тахеометрическая съемка выполняется с пунктов съемочного обоснования, их называют станциями. Чаще всего в качестве съемочного обоснования используют теодолитно-высотные ходы. Характерные точки ситуации и рельефа называют реечными точками или пикетами. Реечные точки на местности не закрепляют. Для определения планового положения точек съемочной сети измеряют горизонтальные углы и длины сторон. Высоты точек определяют тригонометрическим нивелированием. Углы наклона измеряют при двух положениях вертикального круга в прямом и обратном направлениях. Расхождение в превышениях не допускается более 4 см на каждые 100 метров расстояния.

Тахеометрический ход - это ход, в котором теодолитом измеряют горизонтальные и вертикальные углы, а длины сторон - нитяным дальномером. Длины сторон и углы наклона по каждой линии измеряют прямо и обратно. Горизонтальные расстояния и превышения вычисляют по тахеометрическим формулам.

Относительная погрешность измерения расстояний нитяным дальномером равна 1/300. Поэтому относительная погрешность 1/300 служит допуском для расхождений результатов прямого и обратного измерения длин линий, а также для относительной невязки хода. Остальные допуски и порядок вычислений такие же, как в теодолитно-высотном ходе.

Перед тахеометрической съемкой на основе существующей геодезической сети строят съемочную сеть до густоты пунктов, обеспечивающей проложение на территории съемки тахеометрических ходов с соблюдением технических требований инструкции, приведенных ниже.

Масштаб съемки 1:5000 1:2000

Максимальные:

длина хода, м 1200 600

длина линий, м 300 200

число линий в ходе 6 5

До начала полевых работ на имеющихся топографических картах составляют проект тахеометрических ходов. В процессе рекогносцировки проект ходов уточняют в натуре и точки хода закрепляют кольями, металлическими костылями, отрезками труб или другими знаками. При необходимости обеспечения сохранности пунктов на несколько леи (при восстановлении и установлении границ землепользований) их закрепляют более надежными знаками.

Горизонтальные углы и углы наклона в ходах измеряют при двух положениях вертикального круга; стороны ходов измеряют номограммным дальнометром в прямом и обратном направлениях 3 - 6 приемами в зависимости от условий измерений. При высоте сечения рельефа 0,5м высоты точек ходов определяют техническим нивелированием, пользуясь уровнем зрительной трубы.

1. Начертить план тахеометрической съемки по румбам в масштабе 1:5000.

На листе чертежной бумаги формата А3 сначала накладывают в заданном масштабе по румбам и горизонтальному проложению план тахеометрической съемки. План строят при помощи транспортира и миллиметровой линейки.

После построения тахеометрического хода наносят на плане реечные точки, снятые полярным способом со станции I и II.

Пример: Для нанесения реечных точек, снятых со станции I, кладут транспортир так, чтобы его нулевое значение было ориентировано на станцию II, а его центр совпадал со станцией I. Затем по горизонтальным углам проложения проводят направление на реечные точки и, отложив на них расстояние в масштабе плана, получают положение реечных точек.

Пример: Точка № 1 угол равен 29° 14’

№ 2 угол равен 41° 26’

№ 3 угол равен 51° 51’ и т. д.

Каждую реечную точку подписывают: в числителе – ее номер, в знаменателе – ее отметку.

Аналогично определяют положение реечных точек со II станции, обнуляясь на П19.

По нанесенным реечным точкам и руководствуясь кроки, вычерчивают контуры ситуации.

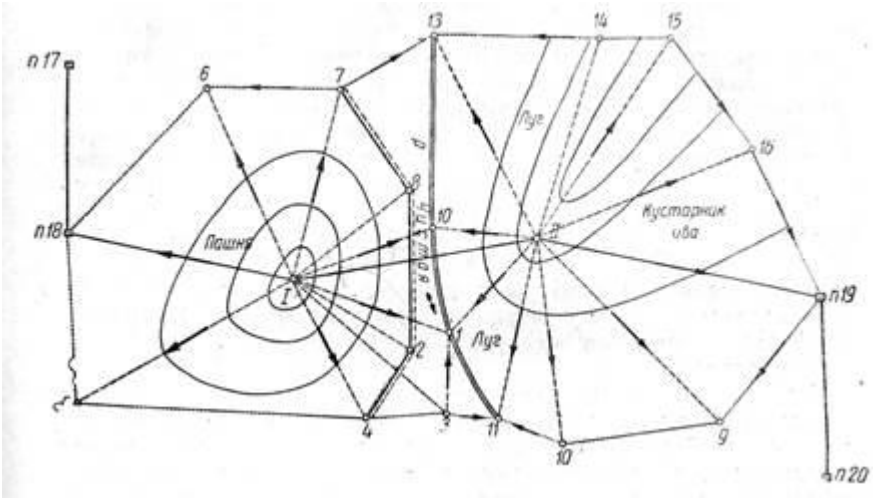


Рисунок 10- Кроки

2. Изобразить на плане тахеометрической съемки рельеф местности в горизонталях с высотой сечения 1 м.

1. Руководствуясь отметками точек на плане и кроки, строят горизонтали с высотой сечения 1 м.

Горизонтали наносятся на план методом интерполирования. При проведении горизонталей необходимо помнить, что они не могут касаться друг друга и не могут пересекаться, за исключением подхода их к обрывам, осыпям и нависшим скалам. Отметки средних горизонталей могут быть либо одинаковыми, либо отличаться одна от другой на высоту сечения. На некоторых горизонталях надписывают отметки.

После тщательного выполнения работы в карандаше, приступают к оформлению плана. Рамку чертежа обводят черной гелевой ручкой. Горизонтали, их отметки и бергштрихи обводят коричневым (красным) цветом. Симметрично располагают на чертеже надпись, а под рамкой подписывают масштаб и высоту сечения.

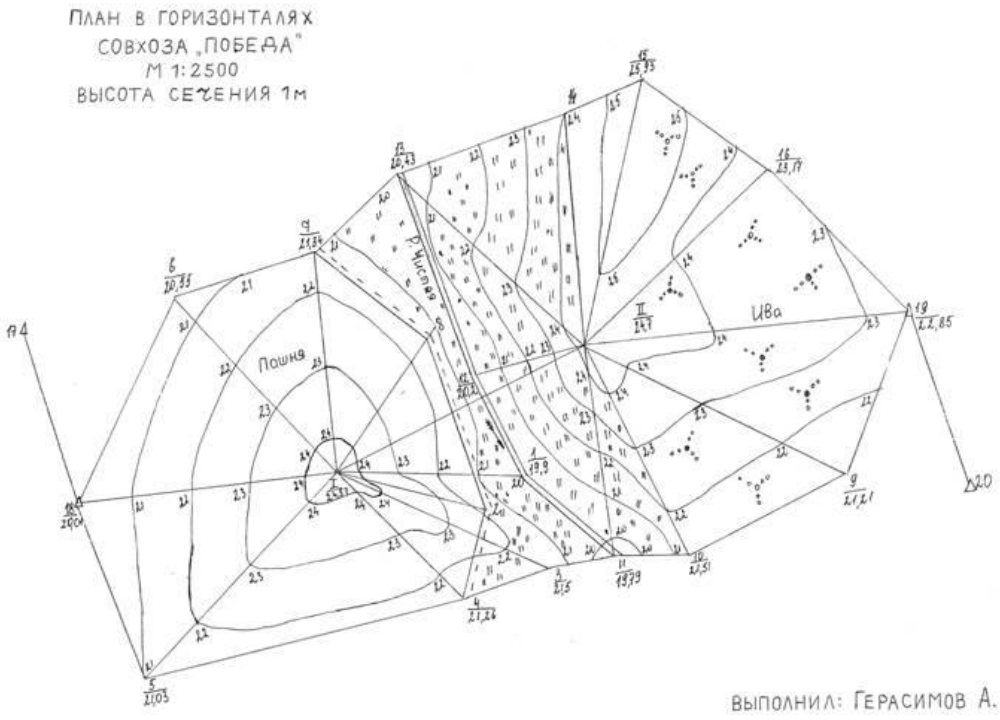


Рисунок 11 – План тахеометрической съемки

Практическое занятие №10 Обработка материалов нивелирования. Построение продольного профиля инженерного сооружения

Цель занятия: Освоить обработку журнала технического нивелирования, выполнить анализ полученных результатов.

Основные теоретические положения

Обработка журнала технического нивелирования включает следующие этапы:

1. Проверка записей полевых отсчетов в журнале. Отсчеты должны быть записаны в виде четырехзначных цифр. Отсчеты на связующие точки подписываются: по черной стороне рейки вверху, по красной – внизу.

2. Определение превышений между точками производят таким образом: отсчет по черной стороне задней рейки минус отсчет по черной стороне передней рейки; и так же по красным сторонам реек и записывают в 6 колонку, сохраняя знак превышения.

$h_{выч} = З_{черн} - П_{черн}$

$h_{выч} = З_{красн} - П_{красн}$

Разность превышений $h_{выч}$ по черной и красной сторонам не должна быть более ±4мм.

3. Если это условие выполнено, то вычисляют среднее превышение $h_{ср.}$ (7 колонка)

$$h_{ср} = \frac{h_{чер} + h_{кр}}{2} \quad (1)$$

4. Правильность вычислений проверяют постраничным контролем.

Для этого в каждой из граф (3,4,6,7) суммируют все записанные в них числа. Найденные суммы записывают в итоговой строке (∑). Разность 3-й и 4-й граф должна равняться сумме превышений ($\sum_6 = \sum_3 - \sum_4$), а алгебраическая сумма графы 6 равняется удвоенной сумме графы 7 ($\sum_6 = 2(\sum_7)$)

Анализ полученных результатов включает в себя **определение высотной невязки**. В процессе нивелирования была допущена погрешность, которую необходимо учесть при определении истинного превышения трассы. Полученное значение высотной невязки нужно сравнить с допустимым значением, рассчитываемым по формуле: fhдоп. =±50 мм / L, где L — длина трассы в километрах.

Также анализ включает *определение отметок связующих и промежуточных точек*. Отметки связующих точек нивелирного хода вычисляют по формуле:

$H_n = H_n\text{-}1 + h_{испр.}$,

где H_n и H_n-1 — отметки последующей и предыдущей связующих точек, $h_{испр.}$ — исправленное превышение между ними. Отметки промежуточных точек нивелирного хода вычисляют через горизонт инструмента.

Камеральные работы при обработке результатов технического нивелирования выполняются обычно в следующей последовательности.

1. *Проверка записей полевых отсчетов в журнале.*

Отсчеты должны быть записаны в виде четырехзначных цифр. Отсчеты на связующие точки подписываются: по черной стороне рейки вверху, по красной – внизу.

2. Определение превышений между точками производят таким образом: отсчет по черной стороне задней рейки минус отсчет по черной стороне передней рейки; и так же по красным сторонам реек и записывают в 6 колонку, сохраняя знак превышения.

$h_{выч} = З_{черн} - П_{черн}$

$h_{выч} = З_{красн} - П_{красн}$

Разность превышений $h_{выч}$ по черной и красной сторонам не должна быть более ±4мм.

3. Если это условие выполнено, то вычисляют среднее превышение $h_{ср.}$ (7 колонка)

$$h_{ср} = \frac{h_{чер}+h_{кр}}{2} \quad (1)$$

4. Правильность вычислений проверяют постраничным контролем.

Для этого в каждой из граф (3,4,6,7) суммируют все записанные в них числа. Найденные суммы записывают в итоговой строке (∑). Разность 3-й и 4-й граф должна равняться сумме превышений ($\sum_6=\sum_3-\sum_4$), а алгебраическая сумма графы 6 равняется удвоенной сумме графы 7 ($\sum_6=2(\sum_7)$)

5.Определение невязки хода.

Отличие практически полученной суммы превышений от теоретической называется **невязкой.** Невязка f_h определяется по формуле:

$$f_h = \Sigma h_{ср} - (H_{кон} - H_{нач}) \quad (2)$$

где $H_{кон}$ и $H_{нач}$ – отметки конечной и начальной точек нивелирного хода;

$h_{ср}$–сумма средних превышений между конечным и начальным реперами графа 7).

6. Полученная невязка не должна превышать определенной величины $f_{hдоп}$:

$$f_h \leq f_{hдоп} \quad (3)$$

Для технического нивелирования она не должна быть больше 50 мм на 1 км хода. Допустимая невязка для технического нивелирного хода вычисляется по формуле:

$$f_{hдоп} \leq 50мм\sqrt{L}, \quad (4)$$

где *L*- длина хода, км.

7. Если полученная величина больше допустимой, то качество нивелирования низкое, работу необходимо переделать. Если полученная невязка **меньше предельной**, то ее распределяют в виде поправки δ_h (мм) во все средние превышения поровну с обратным знаком и записывают в графу 7. Поправки округляют до целых миллиметров. Если невязка f_h не делится нацело на количество станций хода, полученный остаток по 1 мм распределяют на любые произвольно выбранные превышения. Поправку вычисляют по формуле

$$\delta_h = \frac{f_h}{n} \quad (5)$$

где f_h –практическая невязка, вычисленная по формуле (2).

n – количество связующих точек.

При этом сумма поправок должна равняться невязке с обратным знаком, т.е. $\Sigma\delta_h = - f_h$. Этот процесс называют **увязкой** превышений.

8. Отметки связующих точек вычисляют по исправленным превышениям $h_{испр}$ по формуле:

$$H_1 = H_{нач} + h_{1испр}$$

$$H_2 = H_1 + h_{2испр} \text{ и т.д.} \quad (6)$$

Контролем правильности вычислений является получение известной конечной отметки $H_{кон.}$

Задание.

1.Выполнить обработку журнала технического нивелирования нивелирного хода между реперами государственной нивелирной сети.

2.На миллиметровой бумаге построить профиль продольного нивелирования. На рисунке 1 приведен упрощенный боковик продольного профиля.

Принять масштабы - горизонтальный 1:2000; - вертикальный 1:200.

Рисунок 1- Боковик продольного профиля

Исходные данные:

1. Журнал технического нивелирования (Табл.2).
2. Ведомость отметок реперов государственной нивелирной сети по вариантам задания (Табл.1).
3. Расстояние между пикетами 100 м.

Таблица 1- Ведомость отметок реперов государственной нивелирной сети по вариантам задания*

Вариант задания	отметка,м		Вариант задания	отметка,м		Вариант задания	отметка,м	
	$H_{нач}$	$H_{кон}$		$H_{нач}$	$H_{кон}$		$H_{нач}$	$H_{кон}$
1	95,346	99,346	11	78,956	82,955	19	88,463	92,461
2	120,504	124,500	12	145,560	149,559	20	58,752	62,750
3	88,549	92,550	13	150,540	154,541	21	101,236	105,233
4	56,752	60,751	14	178,561	182,559	22	45,321	49,322
5	100,500	104,498	15	120,504	124,502	23	56,645	60,642
6	45,256	49,257	16	56,752	60,751	24	144,568	149,569
7	56,789	60,788	17	100,425	104,426	25	120,364	124,366
8	145,568	149,564	18	46,145	50,147	26	145,466	160,514

*- номер варианта совпадает с номером студента по учебному журналу

Таблица 2 - Журнал технического нивелирования

№ станции	№ точки	Отсчеты по рейке, мм			Превышение, мм			ГИ	Отметка, м
		задней	передней	промежуточной	вычисленные	средние	исправленные		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Rp1 ПК0	2105 6458	0751 5102						
	ПК0 ПК1	0432 4784	1045 5399						
	ПК1 +40 ПК2	2633 6985	0909 5265	2466					
	ПК2 ПК3	2314 6667	1499 5850						
	ПК3 +15 ПК4	0795 5148	1699 6050	2033					
	ПК4 ПК5	2895 7249	0949 5301						
	ПК5 Rp2	1525 5878	1856 6207						
					$h_{выч}$	$h_{ср}$			

Порядок выполнения работы

1. Вычислить превышения между связующими точками (пикетами) для всех станций нивелирного хода. Записать результаты.

2. Выполнить постраничный контроль. В результате постраничного контроля должно выполняться условие:

$\sum a - \sum b = \sum h_{выч} = 2 \cdot \sum h_{ср}$

Если это условие выполняется, то все расчеты верны, в противном случае следует все пересчитать.

3. Определить высотную невязку хода: вычислить фактическую (2) и допустимую (4) невязки. Выполнить проверку условия (3).

При выполнении данного условия измерения, выполненные при прокладке нивелирного хода, считают качественными и пригодными для дальнейшей обработки, в противном случает измерения повторяют.

4. Если условие (3) выполняется, распределяют невязку на все превышения. Поправкам придается знак, обратный знаку невязки.

5. Вычисляют отметки пикетов.

6. Вычисляют горизонт инструмента для тех станций, на которых имеются промежуточные точки. Отметку промежуточной точки находят по формуле

$Н_{пр}$= ГИ - $О_{пр}$

где $О_{пр}$–отсчет по рейке, установленной на промежуточной точке.

7. Выполняют построение продольного профиля трассы.

Боковик (сетку профиля) располагают в левой нижней части листа формата А3, отступив от нижнего края 2–3 см, от левого края не – менее 1 см. Справа от боковика размещается информация о продольном профиле. При этом необходимо проследить, чтобы начало профиля совпадало с целым сантиметровым делением миллиметровой бумаги.

Заполнение граф сетки (см. рис.1) ведут в следующей последовательности:

7.1. Заполняют графу «Расстояния». Для этого в масштабе 1:2000 откладывают пикеты (100 - метровки) начиная с нулевого пикета. Пикеты отмечают вертикальными линиями, названия пикетов подписывают в строчке «Пикеты». Нумерация пикетов идет от 0 до 5. Кроме пикетов отмечают положение промежуточных точек. Для этого откладывают расстояния до промежуточных (плюсовых) точек, которые берут из журнала нивелирования. Расстояния между плюсовыми точками показывают в метрах и записывают между вертикальными линиями.

7.2.В графу «Отметка рельефа» записывают округленные до сантиметров отметки пикетов и плюсовых точек, которые берут из журнала нивелирования трассы.

7.3 Отметку линии условного горизонта выбирают кратной знаменателю масштаба в метрах с таким расчетом, чтобы минимальная отметка линии продольного профиля
возвышалась над линией условного горизонта не менее чем на 5 см.

7.4 Например: минимальной отметкой профиля является отметка равная 146,39м. В масштабе 1:200 в регламентируемых 5 см содержится 10м, следовательно, за линию условного горизонта можно принять отметку 136,0м (146,39 – 10); учитывая ее кратность 2м, за отметку линии условного горизонта окончательно принимают отметку 136,0 м.

Для построения профиля восстанавливают перпендикуляры с каждого пикета и плюсовой точки вверх от линии условного горизонта, на них в масштабе 1:200 откладывают отрезки, соответствующие отметкам пикетов и плюсовых точек с учетом высотного положения линии условного горизонта.

Соединив концы построенных отрезков прямыми линиями, получают продольный профиль трассы.

Практическое занятие №11

Тема: Вычисление элементов проектной линии

Цель занятия: Вычисление элементов проектной линии

Основные теоретические положения

Трассой называют – ось линейного сооружения. При техническом нивелировании ее предварительно разбивают на участки равной длины – 100м по горизонту. Конечные точки таких участков трассы называют **пикетами**; соответственно работу по разбивке линий на участки и подготовке ее к нивелированию называют пикетажем.

Результаты нивелирования записывают в полевой журнал (таблица1).

Порядок нивелирования на станции показан цифрами в скобках.

В полевых условиях производится следующая часть камеральной обработки полевого журнала нивелирования: расчет превышений (гр. 6;7), (гр.8;9), а также постраничный контроль записей и вычислений в полевом журнале.

Постраничный контроль состоит в следующем. Внизу каждой страницы журнала (см. табл.1) подсчитывают следующие суммы:

1. В графе 3 записывают сумму ($\Sigma_З$) всех отсчетов по красной черной сторонам реек.
2. В графе 5 такую же сумму отсчетов ($\Sigma_п$) записывают для передних реек.
3. В графе 4 записывают разность сумм $\frac{(\Sigma_З - \Sigma_П)}{2}$. Это первая контрольная цифра.
4. В графе 6 или 7 записываем сумму превышений $\frac{\Sigma_\Delta h}{2}$. Это вторая контрольная цифра.
5. В графе 8 или 9 записываем сумму средних превышений $\Sigma_\Delta h_{ср.}$. Это третья контрольная цифра. Эти значения контрольных цифр должны быть равны.

$$\frac{\Sigma_З - \Sigma_П}{2} = \frac{\Sigma_\Delta h}{2} = \Sigma_\Delta h_{ср.}$$

Превышения обычно связаны каким-либо геометрическим условием. Например, в замкнутом нивелирном ходе алгебраическая сумма превышений хода должна равняться нулю.

$$\Sigma_\Delta h_T = 0$$

Условие, возникающее при прокладке висячего хода в прямом и обратном направлениях, удобнее представить следующим образом.

Таблица 1 – Журнал нивелирования трассы

№	№ т	отсчеты			превышения, мм				инструмента, м	Абсолютная отметка, м
					наблюдаемые		средние			
		задний	промежуточны	передний	+	-	+	-		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	ПК	5543 (1) 0743 (2)		5638 (3) 0838 (4)		0095 (7) 0095 (8)		+0009 0095 (9) 0086		
2	ПК ПК ПК ПК	4820 0020	0844 1590	6915 2115		2095 2095		+0009 2095 2086		
т.										
		$\Sigma_З$	$\frac{\Sigma_З - \Sigma_П}{2}$	$\Sigma_П$				$\Sigma_\Delta h_{ср.}$		

Превышения обычно связаны каким-либо геометрическим условием. Например, в замкнутом нивелирном ходе алгебраическая сумма превышений хода должна равняться нулю.

$$\Sigma_\Delta h_T = 0$$

Условие, возникающее при прокладке висячего хода в прямом и обратном направлениях, удобнее представить следующим образом.

Обозначим сумму превышений прямого хода через $\Sigma_\Delta h_П$, а обратного – через $\Sigma_\Delta h_0$. Принимая во внимание, что знаки этих сумм противоположны, а величины их теоретически должны быть одинаковыми, можем записать условие, которому должны удовлетворять эти суммы превышений.

$$\left(\Sigma_\Delta h_П\right)_T + \left(\Sigma_\Delta h_0\right)_T = 0$$

Если в это равенство будут подставляться суммы измеренных превышений, то получим формулу для вычисления невязки прямого и обратного ходов.

$$f_h = \left(\Sigma_\Delta h_1\right)_{изм} + \left(\Sigma_\Delta h_2\right)_{изм}$$

для ходов, пронивелированных в прямом и обратном направлениях

$f_{h(пред)} = \pm 30\sqrt{2}$, мм.

α – длина хода в одном направлении в км.

Если подсчитанные невязки допустимы, то в измеренные превышения вводят поправки с таким расчетом, чтобы исправленные, т.е. увязанные, превышения удовлетворяли условиям.

На продольный профиль наносят также проектные данные. Например, на профиль наносят проектную линию, представляющую собой искусственно созданную линию профиля, которая в результате инженерных работ заменит собой естественный профиль. Проектная линия наносится красным цветом. Для нанесения линии проектного уклона задаются отметки начальной и конечной точек.

Уклоном *i* линии АВ называется отношение превышения $_{\Delta}h$ конечной точки В над начальной А к горизонтальному расстоянию *l* между этими точками.

$$i = \frac{{}_{\Delta}h}{l},$$

где $_{\Delta}h=H_B-H_A$., или $H_B=H_A+il$. если за H_A принять отметку ПК0,

а за H_B – отметку ПК10, то $H_{10}=H_0 \pm il$, знак (±) означает проектную линию разного уклона.

По этой формуле вычисляют отметки проектной линии для всех пикетов.

Вычисленные отметки проектной линии подписывают на профиле красным цветом, поэтому их обычно называют **красными отметками**. Отметки естественных пикетов и промежуточных точек подписывают черным цветом и называют их **черными отметками.**

Для определения объема земляных работ вычисляют разность между красными и черными отметками. Эти разности выражают собой высоты насыпей или глубины выемок. Они называют **рабочими отметками**. Точки пересечения проектной линии с естественным профилем называются **переходными или нулевыми точками**. Положение таких точек на профиле определяется следующим образом.

Пусть АВ– линия естественного профиля, и NM – проектная линия между теми же пикетами. Для определения положения переходной точки О необходимо найти расстояние до нее от предыдущего пикета А.

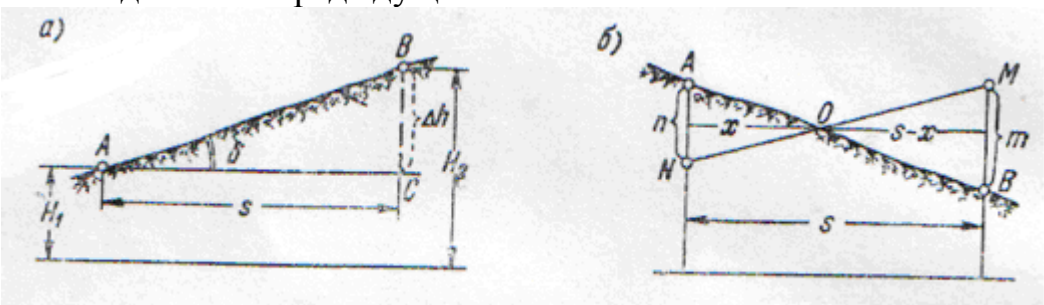


Рис. 149

В треугольниках АОN и ВОМ основаниях AN = n и BM = m являются рабочими отметками. Из подобия этих треугольников, обозначая искомое расстояние через x, а расстояние АС через s, имеем

$$\frac{x}{n} = \frac{s-x}{m}$$

откуда

$$x = \frac{ns}{m+n}$$

Расстояние x и s-x записывают на профиле над условным горизонтом.

Все отметки при вынесении их на профиль округляют до 0,01 м. Рабочие отметки, если они относятся к насыпи, подписывают над проектной линией, а если к выемкам – под проектной линией.

В графе уклонов отдельные уклоны разграничивают ординатами. Если эти ординаты не совпадают с пикетами, то с обеих сторон выписывают расстояние от ординат до ближайших пикетов. Уклоны показываются наклонными линиями. Над линией записывается численное значение уклона в тысячных долях, а ниже линии протяжение пути с данным уклоном в метрах.

Заполнение других граф сетки профиля не требует особых пояснений.

По данным пикетажного журнала и ведомости прямых и кривых участков трассы нивелирования составляют также план трассы. Масштаб плана выбирают в зависимости от характера местности план составляют в масштабе 1:1000 – 1:500, в гористой 1:2000.

Для выполнения практической работы необходимо произвести вычисление абсолютных отметок по журналу продольного нивелирования.

Практическое занятие №12

Тема: Составление плана нивелируемой поверхности

Цель занятия: Научиться выполнять вычислительную обработку материалов нивелирования поверхности по квадратам

Основные теоретические положения

Построение сетки квадратов на листе чертёжной бумаги в заданном масштабе в соответствии с журналом нивелирования. Стороны квадратов должны быть параллельны рамке чертежа. Выписка отметок вершин квадратов на план, округлённых до 0,01 м. Возле каждой вершины сетки квадратов указывается её отметка с точностью до сантиметра.

Нанесение предметов и контуров местности в соответствии с журналом нивелирования. Для этого используют актуальные условные знаки.

Проведение горизонталей с заданной высотой сечения рельефа. Это делают по всем сторонам и диагоналям квадратов, где стрелками указано направление скатов.

Получение изображения рельефа участка местности путём соединения одноимённых точек.

Оформление плана в соответствии с условными знаками.

Сечение рельефа принимают равным 0,25 или 0,5 м, подписывают горизонтали, кратные 1 м.

Нивелирование поверхности производится в целях получения точного плана участка, с изображением рельефа в крупном масштабе, необходимого для составления проектов вертикальной планировки, подсчета объемов земляных работ, для проектирования и строительства различных инженерных сооружений, а также для текущего учета земляных работ и получения исполнительных данных об осуществленном благоустройстве территории.

Нивелирование поверхности по квадратам – наиболее распространенный и точный вид вертикальной съемки в строительстве.

Местность съемки разбивают на 6 квадратов. Стороны квадратов длиной 20м. Отметки вершин квадратов получают нивелированием.

Сетку квадратов строят так. В точке А (см. рис. 1) ставят вешку, в точке 9 – теодолит. Отмеряют прямой угол и в точке В ставят еще вешку. По линиям 9 – А и 9 – В лентой отмеряют отрезки, равные стороне квадрата. В точках 9, 5, 1 и 10, 11, 12 забивают сторожки. Затем инструмент переносят в точку 1, отмеряют прямой угол и в точке С ставят вешку. По линии 1 – С отмеряют стороны квадратов и закрепляют сторожками. Вершины сторон квадратов на линии 4 – 12 находят промером из точки 4 на веху, поставленную в точке 12. Вершины квадратов внутри прямоугольника находят промером с вехи на веху. На всех сторожках пишут номер точки. Нивелирование производят с одной станции.

Отсчеты производились по красной и черной сторонам рейки.

1. Построить сетку квадратов в М 1: 500, записать отсчеты по черной и красной сторонам рейки.

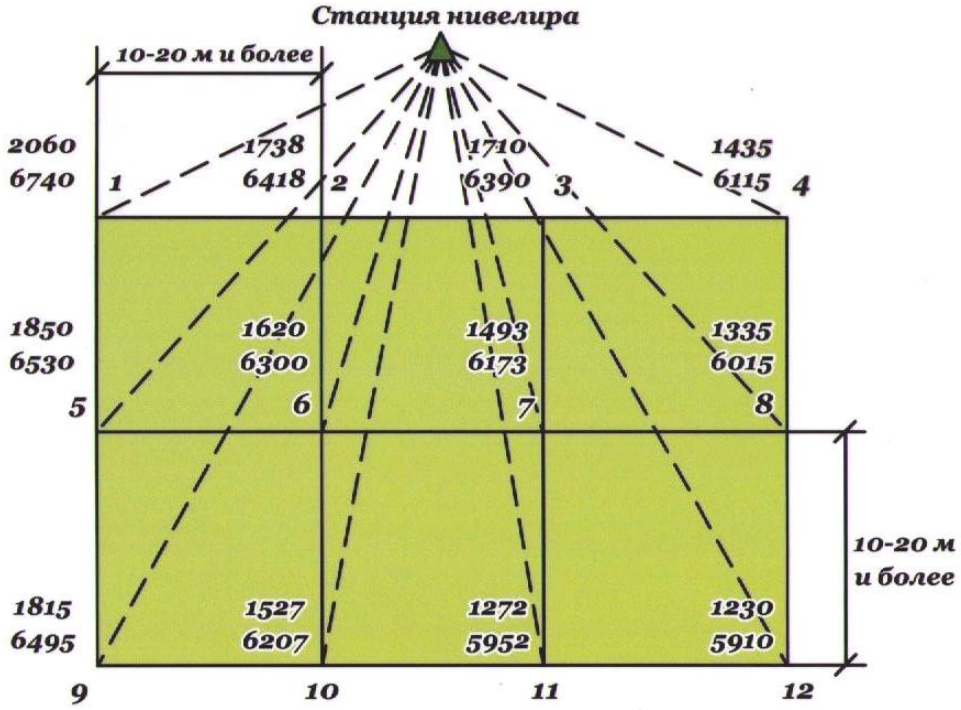


Рисунок 1 – Сетка квадратов

2. Определить горизонт инструмента по формуле:

$$H_i = H_R + ОР,$$

где H_R - отметка репера, м

ОР – отсчет по черной стороне рейки, стоящей на репере, м

H_i = 224,248 + 1, 374 = 225, 622 м

3. Вычислить отметки точек вершин квадратов по формуле:

$$H = H_i - b,$$

где H_i - горизонт инструмента, м

b - отсчет по черной стороне рейки, м

H_1 =225, 622- 2,060 = 223,562 м

H_2 =225,622 - 1,738 = 223,884 м

H_3 =225,622 - 1,710 = 223,912 м

H_4 =225,622 - 1,435 = 224,187 м

H_5 =225,622 - 1,850 = 223,772 м

H_6 =225,622 - 1,620 = 224,002 м
H_7 =225,622 - 1,493 = 224,129 м
H_8 =225,622 - 1,335 = 224,287 м
H_9 =225,622 - 1,815 = 223,807 м
H_{10} =225,622 - 1,527 = 224,095 м
H_{11} =225,622 - 1,272 = 224,350 м
H_{12} =225,622 - 1,230 = 224,392 м

Полученные данные занести в таблицу:

№ ст.	Нивелир. точки	Отчеты по рейке			Горизонт инструм. Hi, м	Абсолютная отметка H, м
		черные	красные	рабочие		
I	1	2060	6740	4680	225,622	223,562
	2	1738	6418	4680		223,884
	3	1710	6390	4680		223,912
	4	1435	6115	4680		224,187
	5	1850	6530	4680		223,772
	6	1620	6300	4680		224,002
	7	1493	6173	4680		224,129
	8	1335	6015	4680		224,287
	9	1815	6495	4680		223,807
	10	1527	6207	4680		224,095
	11	1272	5952	4680		224,350
	12	1230	5910	4680		224,392

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Печатные издания

1. Клюшин, Евгений Борисович Инженерная геодезия : [учеб. для сред. спец. учеб. заведений] [Текст] .- Москва, Недра, 1990.- 263 с.: ил.
2. Фельдман, Виллен Данилович Основы инженерной геодезии [Текст] .- 4-е изд.,перераб.и доп..- Москва, Высш. шк., 2001.- 315с.
3. Хаметов, Тагир Ишмуратович Геодезическое обеспечение проектирования, строительства и эксплуатации зданий, сооружений : учеб. пособие для студентов, обучающихся по всем строит. специальностям [Текст] .- Москва, АСВ, 2000.- 200 с.
4. Практикум по геодезии: учебник/ под ред. Г. Г. Поклада.-М.: Академический Проект, Трикста, 2011.-488 с.

Дополнительная литература

1. Фельдман В. Д. , Михелёв Д. Ш. «Основы инженерной геодезии» - М.: Высш. шк., 2011 г
2. Киселев М.И. Геодезия: учебник / М. И. Киселев, Д. Ш. Михелев. - 6-е изд., стер. - М.: Академия, 2009. - 384 с.
3. Куштин И.Ф. Геодезия: учеб.-практ. пособие / И. Ф. Куштин, В. И. Куштин. - Ростов н/Д: Феникс, 2009. - 909 с. 3. Нестеренок М.С. Геодезия : учеб. пособие для вузов / М. С. Нестеренок. - Минск : Высш. шк., 2009. - 272 с.:
4. Условные знаки для топографических планов. М 1:500; 1:2000; 1:5000. ФГУП «Картгеоцентр», М. 2005г.;
5. Тахеометрические таблицы – А.С. Никулин, М. Недра, 2006 г.;
6. Таблицы для разбивки кривых на железных дорогах. – Власов Д.И., Логинов В.Н. – М. Транспорт. 2006 г.
7. СП 126.13330.2017 Геодезические работы в строительстве.
8. СП 47.13330.2016 Инженерные изыскания для строительства

Интернет-ресурсы:

1. www.geoprofi.ru – Электронный журнал по геодезии, картографии
2. www.twirpx.com/files/special/geodesy/ - учебное пособие по геодезии
3. www.miit-geo.ru/students/ - информационные технологии в образовании
4. .http://www.geodezist.info/ -Навигатор геодезиста
5. ZNANIUM. COM