

Министерство образования и науки РФ
ФГБОУ ВО Ульяновский государственный университет
Институт медицины, экологии и физической культуры
Экологический факультет
Кафедра лесного хозяйства

Митрофанова Н.А.

ГЕОДЕЗИЯ

**Методические указания
для лабораторных занятий бакалавров
направления подготовки 35.03.01 Лесное дело**



Ульяновск 2017

УДК 528.521+541.1

ББК Д 104.1

М-67

Рецензенты:

к.т.н., доцент кафедры Математическое моделирование технических систем Евсеев А.Н.

Митрофанова Н.А.

Геодезия: Методические указания для лабораторных занятий бакалавров направления подготовки 35.03.01 Лесное дело / Н.А. Митрофанова – Ульяновск, УлГУ, 2017. – 54 с.

Методические указания созданы в соответствии с рабочей программой дисциплины «Геодезия». Они предназначены для студентов экологического факультета по направлению подготовки 35.03.01 - Лесное дело.

Методические указания соответствует государственному стандарту направления 35.03.01 Лесное дело подготовки дипломированных бакалавров. Методические указания составлены с целью помочь студентам изучить курс «Геодезия». В них изложен порядок выполнения лабораторных работ.

© Митрофанова Н.А., 2017

© Ульяновский государственный университет, 2017

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания предназначены для студентов, изучающих геодезию. Проведение лабораторных работ предусматривается фронтальным методом: все студенты одновременно делают одну и ту же работу, каждый за своим прибором. Все данные по заносятся в тетрадь для лабораторных работ.

К лабораторной работе студент должен подготовиться заранее. Необходимо повторить теоретический материал, относящийся к данной теме; подготовить ответы на контрольные вопросы, приведенные в конце каждой лабораторной работы. Студенты, не подготовившиеся к лабораторной работе, отстраняются от занятий.

Лабораторная работа сразу же после ее выполнения должна быть проверена преподавателем, о чем им делается соответствующая запись в журнале.

Сдача лабораторной работы, как правило, должна производиться сразу на занятиях. Если студент не успел выполнить работу на занятиях, он должен сдавать ее в течение недели во внеурочное время.

ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

Тема 1. Общие сведения об изображении Земли

Лабораторная работа № 1 «Географические координаты, масштабы и условные знаки топографических карт»

Цель работы: получить навыки работы с топографической картой.

Оборудование: топографическая карта масштаба 1:10000, циркуль-измеритель, геодезический транспортир, линейка, карандаш средней твердости,

Порядок выполнения работы:

1. Определение географических координат и нанесение на карту объектов по известным координатам

Пояснение к заданию. Географические координаты точки, расположенной на карте, определяют от ближайших к ней параллели и меридиана, широта и долгота которых известна. Рамка топографической карты разбита на минуты, которые разделены точками на деления по 10 секунд в каждом. На боковых сторонах рамки обозначены широты, а на северной и южной - долготы.

Пользуясь минутной рамкой карты можно:

1. Определить географические координаты любой точки на карте.

Например, координаты точки А. Для этого необходимо с помощью циркуля-измерителя измерить кратчайшее расстояние от точки А до южной рамки карты, затем приложить измеритель к западной рамке и определить количество минут и секунд в измеренном отрезке, сложить полученное (измеренное) значение минут и секунд ($0'27''$) с широтой юго-западного угла рамки - $54^{\circ}30'$. **Широта точки на карте будет равна: $54^{\circ}30'+0'27'' = 54^{\circ}30'27''$. (Y)**

Долгота определяется аналогично. Измеряют с помощью циркуля-измерителя кратчайшее расстояние от точки А до западной рамки карты, прикладывают циркуль-измеритель к южной рамке, определяют количество минут и секунд в измеренном отрезке ($2'35''$) складывают полученное (измеренное) значение с долготой юго-западного угла рамки- $45^{\circ}00'$. **Долгота точки на карте будет равна: $45^{\circ}00'+2'35'' = 45^{\circ}02'35''$ (X)**

Задание. Определить географические координаты 5 любых точек.

2. Изучение условных знаков

а) указать предметы местности, сельскохозяйственные и лесные угодья, изображенные на топографической карте масштабными и внемасштабными условными знаками, и дать им краткую характеристику;

б) перечислить населенные пункты, изображенные на топографической карте;

в) охарактеризовать виды путей сообщения;

г) вычертить 20–30 условных знаков для наиболее характерных видов ситуации.

3. Изучение масштабов

3.1 определить, сколько м местности соответствует 1 см карты (плана) в масштабах:

1:200, 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000, 1:25000;

Ответ дать в виде: масштаб 1:500 означает в 1 см 5 м.

3.2 определить соответствующую точность этих масштабов.

Объяснение: длина горизонтального проложения линии на местности, соответствующая на плане отрезку 0,1мм, называется точность масштаба t_m . Например, точность масштаба 1:500 равна $t_m = 0,1 * 500 = 0,05$ м

3.3 Зная точность карты, определить масштаб плана: $t_m = 0,1$; $t_m = 0,2$; $t_m = 0,5$

3.4 Определить расстояние на карте между точками **A** и **B** с помощью численного масштаба карты:

– измерить отрезок АВ на карте, см;

– вычислить соответствующее расстояние на местности (d_m), м, по формуле:

$$\frac{1}{M} = \frac{l}{d} \quad d_m = \frac{l_{см} M}{100} ;$$

3.5 Вычислить длину линии d_m на местности для данных, приведенных в таблице и полученные результаты занести в эту таблицу.

Масштаб карты	Длина линии на карте	Длина линии на местности	Масштаб карты	Длина линии на карте	Длина линии на местности
1:10 000	52,5		1:500	25,5	
1:25 000	22,2		1:1 000	42,3	
1:50 000	17,4		1:2 000	31,2	
1:100 000	11,3		1:5 000	15,4	

3.6 Вычислить длину линии d_n на плане для данных, приведенных в таблице и полученные результаты занести в эту таблицу.

Масштаб карты	Длина линии на карте	Длина линии на местности	Масштаб карты	Длина линии на карте	Длина линии на местности
1:10 000		141	1:500		25,2
1:25 000		725	1:1 000		46,8
1:50 000		1 100	1:2 000		134,4
1:100 000		5 220	1:5 000		244

3.7 Построить поперечный масштаб и подписать его для масштабов 1:10000, 1:1000

3.8. Подписать диаграмму поперечного масштаба в соответствии с численными масштабами планов (1:500, 1:1000, 1:2000), зная, что одно основание масштаба равно 2 см. Отложить на поперечном масштабе 1:1000 расстояния (96,80; 48,37; 20,15);

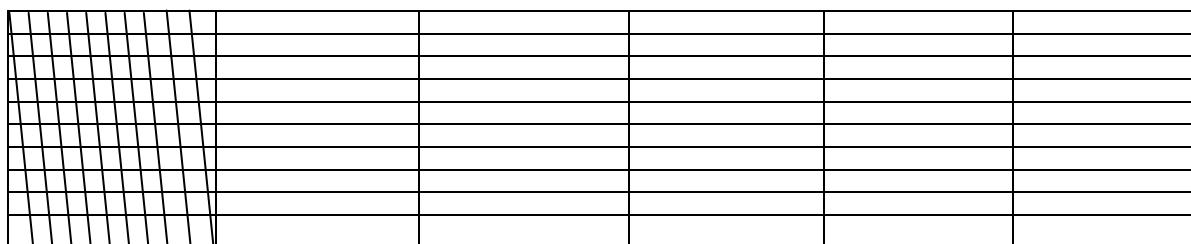


Рис. 1. Поперечный масштаб

3.9. Измерить длины ломаных линий $A_1A_2A_3$. Длину линий определяют по сумме ее отрезков.

Тема 2. Рельеф местности и его изображение

Лабораторная работа № 2 «Рельеф местности и его изображение»

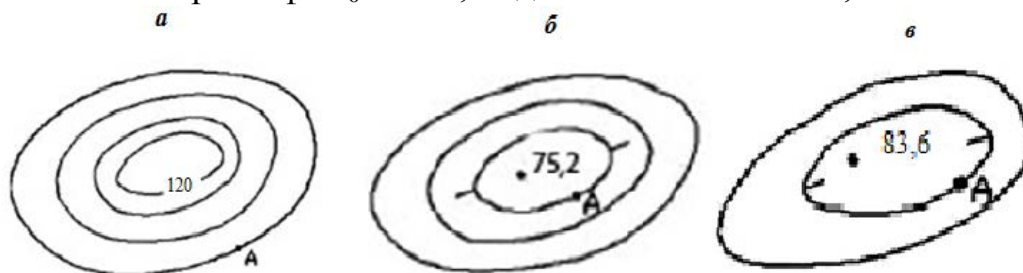
Цель работы: получить навыки определения основных форм рельефа и построение его продольного профиля

Оборудование: топографическая карта масштаба 1:10000, циркуль-измеритель, геодезический транспортир, линейка, карандаш средней твердости,

Задание:

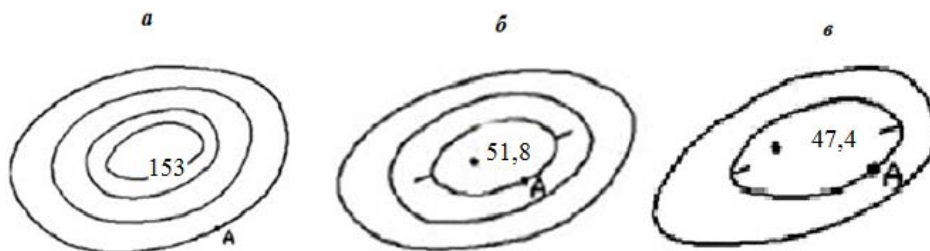
1. По рис 1. определить **отметку точки А**, если

- а) высота сечения рельефа $h_0 - 1\text{м}$; подпись отметки $N=120\text{м}$;
- б) Высота сечения рельефа $h_0 - 2,5\text{м}$; подпись отметки $N=75,2\text{м}$
- в) Высота сечения рельефа $h_0 - 10\text{м}$; подпись отметки $N=83,6\text{м}$

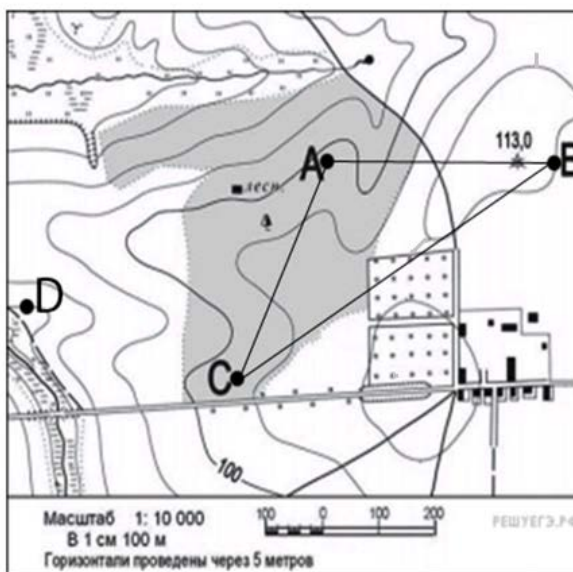


отметку точки А, если.

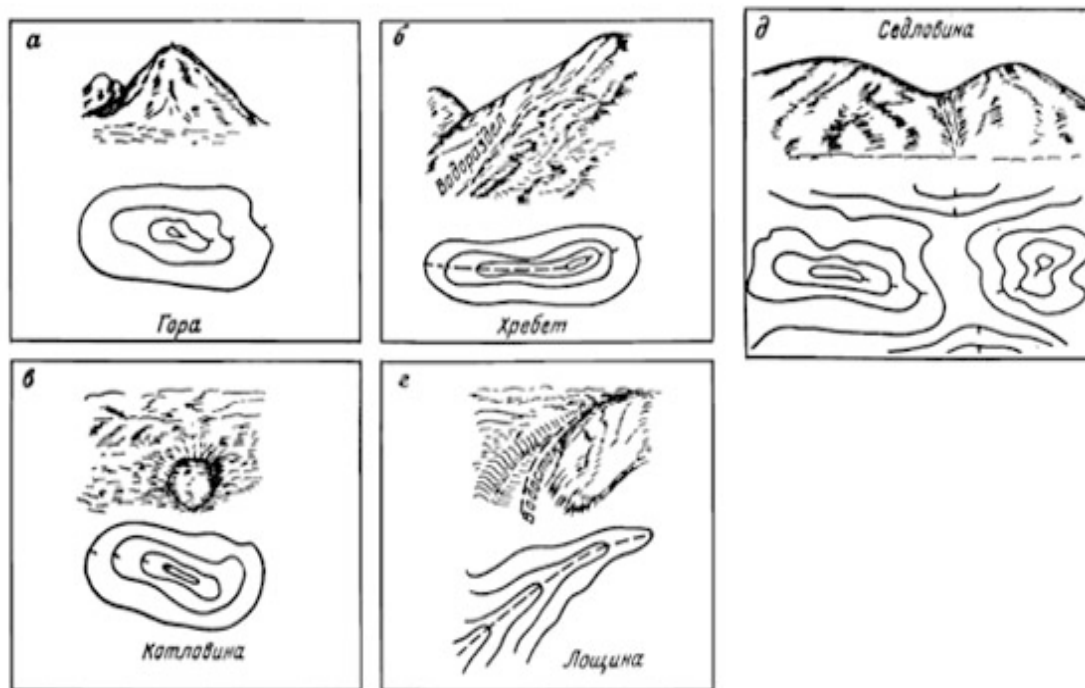
- а) Высота сечения рельефа $h_0 - 4\text{м}$; подпись отметки $N=153\text{м}$;
- б) Высота сечения рельефа $h_0 - 2\text{м}$; подпись отметки $N=51,8\text{м}$
- в) Высота сечения рельефа $h_0 - 5\text{м}$; подпись отметки $N=47,4\text{м}$



2. Определите по рис.2 определить: **отметку точки D**; **высоты точек ABC**; **уклон линии BC**; с помощью палетки **площадь лесного массива**



3. Зарисовать основные формы рельефа местности горизонталями, проставить бергштрихи.



4. Построение продольного профиля рельефа

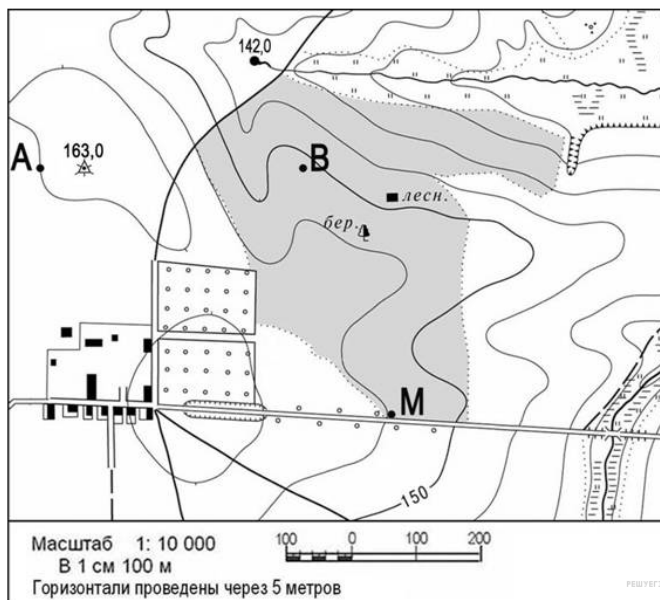
Пояснение к работе. Профилем называется изображение на плоскости в уменьшенном виде вертикального разреза местности. Профиль строят на миллиметровой бумаге в масштабах: горизонтальный – в масштабе плана, вертикальный – в 10 раз крупнее. Построение профиля между заданными точками на карте выполняют в следующей последовательности:

1. проводят линию между заданными точками, которая называется *профильной*.
2. на листе миллиметровой бумаги, на расстоянии 12–15 см от верхнего края, строят профильную сетку по длине линии и подписывают названия граф;
3. к профильной линии прикладывают подготовленный лист миллиметровой бумаги и на ее край, штрихами, переносят пересечение профильной линии с горизонталями, характерными точками рельефа, водотоками (п). Эти точки нумеруют и отмечают в графе «№ точек» – порядковые номера, а в графе «расстояния» вертикальными линиями;
4. определяют расстояние между соседними точками и записывают в графу «расстояния»;
5. определяют отметки точек пересечения профильной линии с горизонталями, характерными точками рельефа и водотоками. Полученные отметки записывают в графу «отметки»;
6. строят вертикальный масштаб с таким расчетом, чтобы профиль линии располагался в его пределах;
7. на перпендикулярах к точкам профиля откладывают значения высот в принятом вертикальном масштабе профиля;

8. концы перпендикуляров соединяют прямыми линиями и получают профиль местности по линии **АВ**.

Задание:

1. Построить продольный профиль линии **АВ** на миллиметровой бумаге. Используя горизонтальный масштаб – в 1 см 100 м и вертикальный масштаб – в 1 см 5 м.



Тема 3. Ориентирование линий местности

Лабораторная работа № 3 «Ориентирование линий местности»

Цель работы: получить навыки ориентирования линии на местности.

Оборудование: топографическая карта масштаба 1:10000, циркуль-измеритель, геодезический транспортир, линейка, карандаш средней твердости.

Пояснения к работе:

Ориентировать линию - значит определить ее направление относительно сторон горизонта или какого-либо другого направления, принимаемое за начальное.

За начальное направление в геодезии обычно берут направление географического или магнитного меридиана, а также северное направление вертикальной линии километровой сетки (параллельной, как известно, осевому меридиану зоны Гаусса-Крюгера).

В зависимости от начального направления различают так называемые ориентировочные углы - азимуты (географический и магнитный), дирекционные углы, румбы.

Географическим (истинным) азимутом ($A_{и}$) называют угол, отсчитываемый от северного направления географического (истинного)

меридиана по ходу часовой стрелки до заданного направления (в пределах от 0^0 до 360^0).

Магнитным азимутом (A_M) называют угол, отсчитываемый от северного направления магнитного меридиана по ходу часовой стрелки до заданного направления (в пределах от 00 до 3600).

Положение географических и магнитных полюсов на земном шаре различно, поэтому магнитный меридиан не совпадает обычно с географическим. Угол между географическим и магнитным меридианами называется **магнитное склонение (δ)**. Если магнитный меридиан отклоняется от истинного меридиана к востоку, то δ называют восточным (+ положительным), к западу - западным (- отрицательным).

Дирекционным углом (α) называют угол, отсчитываемый от северного направления осевого меридиана зоны или вертикальных линий километровой сетки по ходу часовой стрелки до заданного направления (в пределах от 0^0 до 360^0).

Осевой и географический меридианы могут не совпадать. Угол между северным направлением географического меридиана и линией километровой сетки называется углом **сближения меридианов (γ)**. Если линия километровой сетки отклоняется от истинного меридиана к востоку, то γ называют восточным (+ положительным), к западу - западным (- отрицательным).

Сведения о величине углов сближения меридианов и магнитного склонения приводятся под южной рамкой карты

Задание 1. Переход от азимутов к румбам

Пример. Азимут линии А-В равен 165^0 . Найти румб. Решение на рис.1.

Нужно помнить, что

1. градусная величина румба в I четверти равна азимуту.
2. градусная величина румба в II четверти равна 180^0 минус азимут
- 3. градусная величина румба в III четверти равна азимут минус 180^0**
4. градусная величина румба в IV четверти равна 360^0 минус азимут

№ задания	Азимут линии А-В	
1	161^0	
2	$277^005'$	
3	$0^040'$	
4	$92^015'$	
5	$10^010'$	

Задание 2. Переход от румбо к азимутам

Пример. Румб линии А-В равен СЗ: 30°. Найти азимут. Решение на рис.2.

1. градусная величина азимута в I четверти равна румбу.
2. градусная величина азимута в II четверти равна 180° минус румб
- 3. градусная величина азимута в III четверти равна 180° плюс румб**
4. градусная величина азимута в IV четверти равна 360° минус румб

№ задания	Румб линии А-В
1	ЮЗ: 40°40'
2	СЗ:20°20'
3	ЮЗ:10°10'
4	СВ:0°15'
5	ЮЗ:1°05'

Рисунок 2

Задание 3. Построение с помощью транспортира азимутов и румбов на плане.

Построить линии на плане по данным азимутам и румбам около одной точки с указанием дуги со стрелкой.

Варианты заданий

№ упражнения	Даны азимуты, румбы
1	30°, 120°, 190°, 300°, 15°, 160°, 275°, 310°, 10°, 100°
2	СВ:10°, ЮЗ:20°, ЮЗ:40°, СЗ:60°, СВ:22°, ЮЗ:33°, СЗ:80°, ЮВ:45°, СВ:30°, ЮЗ:90°

Задание 4. Переход истинных азимутов в дирекционные углы

Дан истинный азимут линии А-В, расположенный к востоку от осевого меридиана (номера задания 1-3), и угол сближения меридианов γ . Определить дирекционный угол α .

Дан истинный азимут линии Е-Д, расположенный к западу от осевого меридиана (номера задания 4-6), и угол сближения меридианов γ . Определить дирекционный угол α .

Дирекционный угол (рис.3.) определяется по формулам

$\alpha_1 = A_{и} - \gamma_1$ – при восточном сближении меридианов.

$\alpha_2 = A_{и} + \gamma_2$ – при западном сближении меридианов.

№ задания	Истинный азимут	Угол сближения меридианов
1	64°15'	+0°15'
2	175°05'	+1°10'
3	87°57'	+0°33'
4	77°27'	-0°10'
5	161°08'	-2°07'
6	288°07'	-1°11'

Задание 5. Определить магнитный азимут, если известны истинный азимут ($A_{и}$) и магнитное склонение (δ)

$A_{м} = A_{и} - \delta$ — склонение восточное

$A_{м} = A_{и} + \delta$ — склонение западное;

№ задания	Истинный азимут	Магнитное склонение
1	76°00'	+ 6°00'
2	15°00'	+ 3°00'
3	342°30'	- 8°00'

Задание 6. Определить истинный азимут $A_{и}$, если известны магнитный азимут ($A_{м}$) и магнитное склонение (δ):

Истинный азимут определяется по формулам:

$A_{и} = A_{м} + \delta$ — склонение восточное

$A_{и} = A_{м} - \delta$ — склонение западное;

№ задания	Магнитный азимут	Магнитное склонение
1	36°40'	+ 3°45'
2	175°15'	+ 3°40'
3	91°05'	- 2°35'

Задание 7. Определить истинный ($A_{и}$) и магнитный ($A_{м}$) азимуты, если известны дирекционный угол (α), магнитное склонение (δ), и угол сближения меридианов (γ).

$A_{и} = \alpha + \gamma$ при восточном сближении меридианов.

$A_{и} = \alpha - \gamma$ при западном сближении меридианов.

$A_{м} = A_{и} - \delta$ — склонение восточное

$A_{м} = A_{и} + \delta$ — склонение западное;

№ задания	Дирекционный угол α	Магнитное склонение δ	Угол сближения меридианов γ
1	95°00'	- 2°30'	+3°10'
2	130°10'	-2°37'	-1°59'
3	36°40'	+1°40'	+1°01'

Задание 8. Прямая геодезическая задача.

Вычислить координаты 2 точки, если даны координаты 1 точки, расстояние между точками и дирекционный угол.

№	Координаты, м		Дирекционные углы	Расстояние, м
	X ₁ , м	Y ₁ , м		
1	+100,40	+60,30	135°00'	160,60
2	-100,00	-100,00	182°54'	149,40
3	-100,00	+100,00	0°51'	123,15
4	-7,00	+7,00	109°28'	241,00
5	-115,00	+115,00	267°41'	262,79

Задание 9. Обратная геодезическая задача.

Найти расстояние между точками и дирекционный угол, если известны координаты 1 и 2 точки

№	X _B , X _A	Y _B , Y _A
1	-20,19	-19,19
	-19,05	-19,05
2	+106,20	+106,93
	+111,11	+111,11
3	-1354,16	+1001,53
	-1345,55	-1001,10

Тема 4. Измерения линии на местности

Лабораторная работа №5 «Составление плана буссольной съёмки по румбам»

Цель работы: научиться строить план буссольной съёмки; проводить вычисление измеренных расстояний на местности.

Оборудование: топографическая карта масштаба 1:10000, циркуль-измеритель, геодезический транспортир, линейка, карандаш средней твердости.

Задание 1. Начертить план буссольной съёмки

Последовательность выполнения задачи:

1. Начертите в тетради журнал буссольной съёмки

Журнал буссольной съёмки

№ точек	Средний магнитный румб	Средний географический румб	Длина линии	Угол линии	Горизонтальное проложение

2. Перепишите в него исходные данные своего варианта .
3. Используя магнитные румбы и длины линий, в произвольном масштабе начертите в тетради абрис буссольной съёмки и оформите его
4. Определите горизонтальные проложения для линий с углом наклона.
5. Переведите магнитные румбы в географические (истинные), используя магнитное склонение.
6. Составьте план участка по географическим румбам на бумаге формата А 4 (297×210 мм).
7. Оформите план в карандаше штриховой линией.
8. Используя полученную на чертеже линейную невязку, вычислите абсолютную и относительную (допустимую) невязки. Сравните полученные невязки (абсолютная невязка должна быть меньше или равна относительной (допустимой) невязке). В противном случае нужно искать ошибку.

Задание 2. Вычислить расстояние, абсолютную и относительную погрешности его измерения по данным, приведённым в таблице.

№	Длина ленты, м	Число шпилек в комплекте	Число передач	Число шпилек у заднего мерщика, шт.	Остаток (домер), м	
					в прямом направлении	в обратном направлении
1	20	6	3	2	3,26	2,92
2	24	11	4	3	7,43	7,66
3	50	6	3	1	2,96	3,18
4	24	11	2	4	4,38	4,11
5	20	6	3	3	5,26	5,54
6	50	11	4	2	6,47	6,26
7	20	6	5	1	8,32	8,63
8	24	11	3	5	11,02	10,81
9	50	6	2	3	7,56	7,79
10	24	11	4	4	3,43	3,12

Задание 3. По результатам измерения наклонной линии землемерной лентой и угла наклона эклиметром вычислить горизонтальное проложение этой линии. Исходные данные в таблице.

№	Масштаб	Длина, м	Угол наклона, град
1	1:2000	156,3	5
2	1:2500	183,4	6
3	1:4000	263,2	9
4	1:5000	327,5	11
5	1:3000	254,6	12
6	1:6000	346,7	10,15
7	1:4500	287,1	7,25
8	1:5500	375,8	14,23
9	1:6500	289,9	12,25
10	1:1500	112,3	8,15

Начертите графики линейного масштаба с основанием в 2 см и подпишите их для масштаба М своего варианта. ..Отложите на графиках горизонтальное проложение в метрах, полученное в п. 2.1.

Тема 5. Геометрическое нивелирование (лекция – визуализация)

Лабораторная работа №5. Изучение и поверки нивелира. Задачи по геометрическому нивелированию

Цель работы: получить навыки работы с прибором; научиться решать задачи по геометрическому нивелированию

Оборудование: нивелир Н–3 со штативом, рейки нивелирные.

Содержание работы. Изучение устройства нивелира, назначения и принципа действия его отдельных частей и винтов. Тренировка в отсчетах по рейке. К нивелиру предъявляется ряд геометрических условий, вытекающих из принципа нивелирования. Соблюдение этих условий устанавливается в процессе поверок и юстировок нивелира.

Порядок выполнения работы

1. Общий осмотр инструмента, ознакомление с устройством, работой подъемных, закрепительных и микрометренных винтов (схема устройства показана на рис. 1). Зарисовать схематическое устройство нивелира.

2. Упражнения во взятии отсчетов по рейке.

3. Выполнение поверок нивелира.

1 поверка

Формулировка. Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения инструмента

Порядок выполнения. Установив трубу по направлению двух каких-либо подъемных винтов, сначала этими винтами, а потом и третьим винтом приводят пузырек круглого уровня в нуль-пункт. Поворачивают инструмент на 180°. Если пузырек уровня сошел с нуль-пункта, значит, условие не выполняется.

Юстировка. Ослабив центральный винт уровня, исправительными винтами перемещают пузырек уровня на половину отклонения. На остальную половину отклонения пузырек приводят подъемными винтами.

2 поверка

Формулировка. Одна из нитей сетки должна быть перпендикулярна оси вращения инструмента.

Порядок выполнения поверки. Наводят зрительную трубу на вертикально установленную рейку так, чтобы изображение рейки в трубе оказалось у правого края поля зрения. Берут отсчет по горизонтальной нити, микрометренным винтом перемещают трубу так, чтобы рейка оказалась у

левого края поля зрения, и снова берут отсчет. Если отсчеты не равны – значит, условие не выполняется.

Юстировка. Студенты юстировку не производят. В ходе занятия преподаватель, сняв окуляр с нивелира, показывает исправительные винты сетки и объясняет порядок работы с ними.

3 поверка

Формулировка. Ось цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной оси.

Порядок выполнения поверки. Поверка выполняется методом двойного нивелирования одной и той же линии. Установив нивелир над одной точкой, рейку – на другой точке, измеряют высоту инструмента J_1 и берут отсчет по рейке b_1 (при этом элевационным винтом совмещают контакты изображения концов пузырька уровня). Затем меняют местами нивелир и рейку и получают величины J_2 и b_2 . Высоту инструмента при этом измеряют по приставленной к окуляру нивелира рейке, заметив на ней через объектив отсчет по острию карандаша в середине поля зрения окуляра. При этом должно соблюдаться условие $J_1 + J_2 = b_1 + b_2$. В противном случае

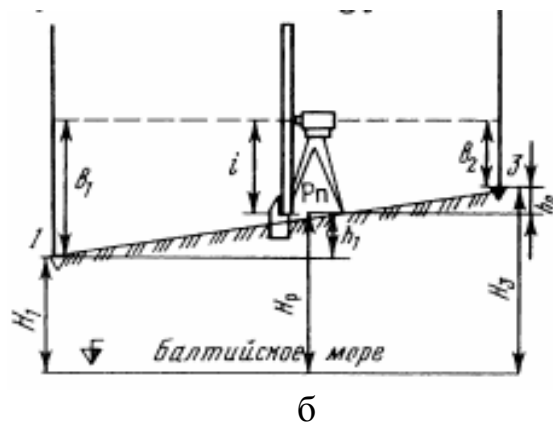
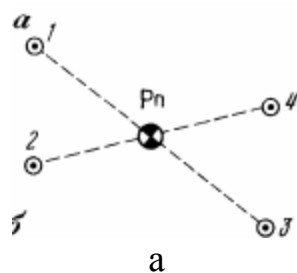
вычисляется ошибка по формуле $x = \frac{b_1 + b_2}{2} - \frac{J_1 + J_2}{2}$. Если ошибка x имеет

положительный знак, то отсчеты b_1 и b_2 больше правильного, если x имеет отрицательный знак, то отсчеты меньше правильного на величину x . Исправленный отсчет $(b_2 - x)$, действуя элевационным винтом, устанавливают на рейке, при этом пузырек уровня сойдет с нуля-пункта. Действуя вертикальными исправительными винтами уровня, приводят пузырек в нуль-пункт (совмещают контакты изображений концов пузырька уровня). После юстировки поверку повторяют.

Решение задач по геометрическому нивелированию.

1.Определение превышений и высот точек способом ” вперед’

Задача. По данным таблицы и рисунка 2 определить превышения и высоты точек 1, 2, 3, 4, вычертить профиль (схематический, без масштаба) по линии 1 — Рп — 3 и 2 — Рп — 4



Пример задачи: Высота прибора $i=1430$ мм, отсчеты по рейкам: $b_1=2575$ мм, $b_2=1735$ мм, $b_3=0845$ мм, $b_4=1115$ мм. Высота репера $H_p=85,300$ мм. Определить превышение точек 1,2,3,4.

Решение :

1. Определяем превышения точек:

$$h_1=1430-2575=-1145\text{мм};$$

$$h_2=1430-1735=-0305\text{мм};$$

$$h_3=1430-0845=+0585\text{мм};$$

$$h_4=1430-1115=+0315\text{мм};$$

2. Определяем высота точек:

$$H_1=H_p+h_1=H_p+(-h_1)=85,300-1,145=84,155\text{м}$$

$$H_2=H_p+h_2=H_p+(-h_2)=85,300-0,305=84,995\text{м}$$

$$H_3=H_p+h_3=H_p+(+h_3)=85,300+0,585=84,885\text{м}$$

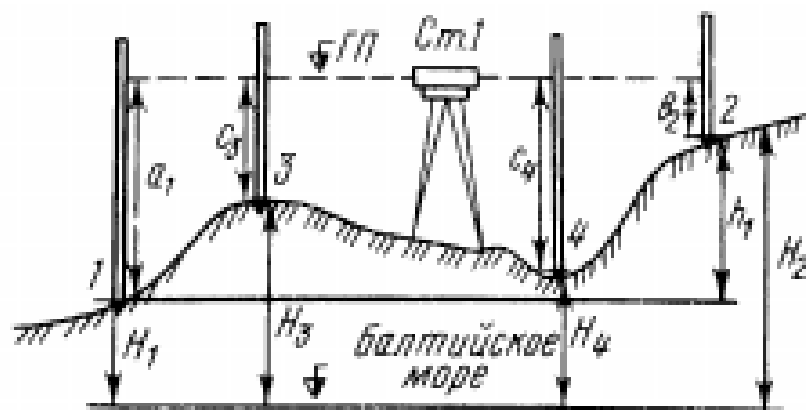
$$H_4=H_p+h_4=H_p+(+h_4)=85,300+0,315=85,615\text{м}$$

Решить задачи:

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$H_p, \text{м}$	25,000	35,000	45,000	55,000	65,000	60,300	50,200	40,100	30,500	20,600
$I, \text{мм}$	1530	1470	1610	1340	1260	1420	1370	1510	1220	1350
$b_1, \text{мм}$	0970	1865	0725	2245	0475	0695	1825	1175	1745	1045
$b_2, \text{мм}$	1125	1920	0995	1785	0890	1755	1135	1935	0615	1835
$b_3, \text{мм}$	1775	1110	1935	1215	1835	1945	0855	2265	0955	2315
$b_4, \text{мм}$	1835	0855	2155	0535	2115	0935	2465	0945	2025	0875

2.Определение превышений и высот точек способом "из середины"

При нивелировании "из середины" установка реек и прибора на станции показаны на рис. 2. Причем различают два вида точек: связующие 1,2 и промежуточные 3, 4.



Для связующих точек определяется сначала превышение на станции по формуле:

$$h = a - b,$$

где a — отсчет по задней рейке, мм; b — отсчет по передней рейке, мм.

Причем, если $a > b$, то превышение имеет знак плюс (+ h), если $a < b$, то превышение имеет знак минус (- h).

Затем определяется высота последующей точки по формуле :

$$H_2 = H_1 + h$$

Отметки промежуточных точек определяются через горизонт (высоту) прибора (ГП). Горизонт прибора определяется по формуле:

$$ГП = H_1 + a_1.$$

Высота промежуточных точек определяется по формуле:

$$H_c = ГП - c,$$

где c — отсчеты по рейке на промежуточных точках.

Пример задача: Дано: $H_1 = 75,350$ м. Отсчеты по рейкам: $a_1 = 1833$ мм, $b_2 = 0724$ мм, $c_3 = 1067$ мм, $c_4 = 1793$ мм. Определить высоты точек 2, 3 и 4.

Решение: Точка 2 является связующей. Поэтому сначала определяем превышение на ст. 1: $h = a - b = 1833 - 0724 = + 1109$ мм. Далее определяем высоту точки 2: $H_2 = H_1 + h = 75,350 + 1,109 = 76,459$ м.

Точки 3 и 4 являются промежуточными. Поэтому сначала определяем высоту горизонта прибора: $ГП + a_1 = 75,350 + 1,833 = 77,183$ м. Затем — высоты точек 3 и 4:

$H_3 = ГП - c_3 = 77,183 - 1,067 = 76,116$ м; $H_4 = ГП - c_4 = 77,183 - 1,793 = 75,390$ м.

Решить задачи:

Задача. По данным таблицы и рисунка определить высоты точек 2, 3, 4.

Вариант	Н ₁	Отсчеты по рейкам			
		a ₁	b ₂	c ₃	c ₄
1	25,350	1743	0873	0517	2583
2	30,450	1928	0924	0621	2674
3	35,550	2015	1007	0733	2565
4	40,650	2134	1138	0847	2856
5	45,750	2248	1276	0913	2767
6	50,850	1817	0783	0338	2573
7	55,950	2008	0996	0476	2681
8	60,150	2236	1058	0573	2767
9	65,250	2443	1163	0619	2894
10	70,050	2657	1277	0857	2952

Тема 6. Трассирование лесовозной дороги

Лабораторная работа №6. Трассирование лесовозной дороги

Цель работы: научиться проводить обработку журнала технического нивелирования; срисовать продольный профиль дороги.

Оборудование: журнал технического нивелирования, карандаш, ручка, тетрадь для лабораторных работ.

Выполнение работы проводится по следующему плану:

1. Произвести плановый расчёт лесовозной дороги протяжённостью 1080 м, с двумя углами поворота и одним поперечным профилем.
2. Обработать журнал технического нивелирования лесовозной дороги.
3. Составить и вычертить тушью на листе формата А4 в масштабе 1:5000 план дороги.
4. На миллиметровой бумаге построить и вычертить продольный профиль трассы.

Тема 7. Угловые измерения на местности

Лабораторная работа №7. Теодолит

Цель работы: получить навыки работы с теодолитом, научиться проводить угловые измерения местности

Оборудование: Теодолит 4Т30, штатив.

Содержание работы:

1. Устройство теодолита

Теодолит 4Т30 – это сложный и дорогой прибор. Он состоит из следующих частей (см. рис. 1): горизонтального (21) и вертикального (5) стеклянных кругов с градусными делениями (под кожухом), по которым и измеряются углы; зрительной трубы (8), вращающейся вокруг горизонтальной оси, укрепленной на колонках (10) алидады горизонтального круга; подставки (2) с тремя подъемными винтами (1, 17), при помощи которых ось вращения теодолита приводится в отвесное положение. Для этого же используется цилиндрический уровень (14) на алидаде горизонтального круга. Для предварительного наведения зрительной трубы на цель на трубе закреплен визир (17); с другой стороны зрительной трубы находится высокоточный цилиндрический уровень (20), позволяющий использовать теодолит 4Т30 в качестве нивелира. Рядом со зрительной трубой находится отсчетный микроскоп (4), в который передаются изображения отсчетов по вертикальному (В) и горизонтальному (Г) кругам. Для получения этих отсчетов нужно при помощи зеркала подсветки, находящегося на одной из колонок, запустить свет в оптическую систему теодолита.

В комплекте с теодолитом имеются: штатив, ориентир-буссоль (6, 22), окулярные насадки (25). Штатив нужен для установки теодолита над вершиной измеряемого угла. Ориентир-буссоль позволяет на местности измерять магнитные азимуты линий. Окулярные насадки, надеваемые на окуляры зрительной трубы и отсчетного микроскопа, позволяют наблюдать предметы, расположенные под углом более 45° к горизонту, и выполнять измерения на эти предметы.

Зрительная труба теодолита может переводиться через зенит и окуляром, и объективом. Ее фокусирование на цель осуществляется вращением кремальеры (11). Вращением диоптрийного кольца (3) добиваются резкой видимости сетки нитей (рис. 2). Два горизонтальных коротких штриха сетки нитей выше и ниже перекрестия горизонтальной и вертикальной нитей представляют собой нитяной дальномер. Корпус зрительной трубы составляет единое целое с горизонтальной осью, установленной в лагерах колонок (10).

Коллиматорный визир (7) предназначен для грубой наводки трубы на цель. При пользовании визиром глаз должен быть на расстоянии 25-30 см от него. Точное наведение зрительной трубы на предмет в горизонтальной плоскости осуществляется наводящим винтом (16) после закрепления

алидады винтом (15), а в вертикальной плоскости – наводящим винтом (12) после закрепления трубы винтом (9).

Для того чтобы теодолит плавно поворачивался вместе с горизонтальным кругом (лимбом), необходимо вращать наводящий винт лимба на подставке. При этом закрепительный винт лимба (19) должен быть зажат.

Горизонтальный и вертикальный круги разделены через 1° . Горизонтальный круг (лимб) имеет круговую оцифровку от 0° до 359° по направлению часовой стрелки, а вертикальный – секторную, от 0° до 75° и от -0° до -75° .

Изображение штрихов и цифр обеих кругов передаются в поле зрения отсчетного микроскопа, окуляр (4) которого устанавливается по глазу до появления четкого изображения шкал вращением диоптрийного кольца микроскопа. Отсчет по кругам производится по соответствующим шкалам микроскопа (В – вертикальная, Г – горизонтальная). Пример отсчета по шкале горизонтального круга (лимба) приводится на рис.3. Отсчет берется следующим образом. Количество градусов соответствует надписи штриха лимба, который проектируется на шкалу. А количество минут определяется как дуга от нулевого деления шкалы до градусного штриха лимба. При этом нужно помнить, что цена деления шкалы равна 5 минутам.

Установке теодолита в рабочее положение (нивелирование), когда ось вращения теодолита становится отвесной, производится вращением подъемных винтов подставки (1, 17) с использованием цилиндрического уровня на алидаде (14).

2. Поверки и юстировки теодолита

Все теодолиты созданы по одной геометрической схеме, основанной на принципе раздельного измерения горизонтальных и вертикальных углов. Для верного измерения углов необходимо, чтобы у теодолита в рабочем положении выполнялись следующие условия: 1) вертикальная ось прибора должна быть отвесна; 2) плоскость лимба должна быть горизонтальна; 3) визирная (коллимационная) плоскость должна быть вертикальна. А чтобы теодолит можно было установить в рабочее положение, у него должны выполняться определенные геометрические условия, касающиеся взаимного расположения осей теодолита. Перечислим, какие условия должны выполняться (см. рис. 4):

1. Ось цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна оси вращения трубы ($UU \perp GG$).
2. Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна горизонтальной оси вращения трубы ($VV \perp GG$).
3. Вертикальная нить сетки нитей должна быть параллельна вертикальной оси прибора ($YY \parallel OO$).

4. Ось вращения зрительной трубы должна быть перпендикулярна вертикальной оси вращения прибора ($GG \perp OO$).

5. Ось визира должна быть параллельна визирной оси зрительной трубы.

Выполнение перечисленных геометрических условий необходимо для правильного измерения горизонтальных и вертикальных углов. Однако правильное расположение осей теодолита может быть нарушено в процессе работы или во время транспортировки прибора. В связи с этим возникает необходимость в выполнении поверок и юстировок теодолита.

Проверки выполнения верных геометрических условий у теодолита называются поверками. Если же какое-то условие не выполняется, необходимо сделать соответствующее исправление, то есть юстировку.

На занятиях рекомендуется выполнить **первые три поверки и юстировку**. Выполнение поверок всегда начинается с поверки цилиндрического уровня.

1. Поверка цилиндрического уровня.

Ось цилиндрического уровня на горизонтальном круге должна быть перпендикулярна оси вращения теодолита. Теодолит устанавливают на штатив. Алидаду поворачивают таким образом, чтобы ось поверяемого уровня была параллельна двум подъемным винтам. Вращая эти винты в разные стороны, выводят пузырек уровня на середину (в нуль-пункт). Затем алидаду поворачивают на 90° и третьим подъемным винтом устанавливают пузырек уровня на середину. Затем нужно повернуть алидаду на 180° и оценить смещение пузырька уровня от нуль-пункта. Если отклонение больше одного деления, необходимо выполнить юстировку.

Юстировка цилиндрического уровня.

Исправительными винтами уровня (см. рис.5) переместить пузырек уровня к нуль-пункту на половину отклонения. Исправительные винты вращать при помощи шпильки поочередно в нужном направлении. Другую половину отклонения устранить подъемными винтами. Для проверки правильности юстировки поверку повторить.

2. Поверка визирной оси трубы.

Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна горизонтальной оси вращения трубы. Вертикальную ось теодолита привести в отвесное положение с помощью выверенного уровня (отnivelировать). Выбрать удаленную неподвижную точку на высоте теодолита, и навести трубу теодолита на эту точку. Взять и записать отсчет по горизонтальному кругу. Затем трубу перевести через зенит, снова навести на эту же точку при другом круге, и записать отсчет по горизонтальному кругу. Затем зажать закрепительный винт алидады, ослабить закрепительный винт лимба, повернуть теодолит на 180° и зажать лимб. Далее повторить действия по взятию отсчетов на точку при круге влево и круге право при втором положении лимба. Подсчитать коллимационную погрешность

(неперпендикулярность визирной оси зрительной трубы оси ее вращения) по формуле

$$C = \frac{[(L_1 - P_1 \pm 180^\circ) + (L_2 - P_2 \pm 180^\circ)]}{4} \quad (1)$$

Повторить определение коллимационной погрешности C и вычислить ее среднее значение из двух определений. Если это значение превышает по абсолютной величине $1'$, необходимо выполнить юстировку, и затем повторить поверку.

Юстировка коллимационной погрешности

Вычисляется отсчет по лимбу, свободный от влияния коллимационной погрешности, по формуле

$$L_0 = L_2 - C \quad \text{или} \quad P_0 = P_2 + C. \quad (2)$$

Алидаду наводящим винтом устанавливают на один из этих отсчетов (в зависимости от того, при каком круге закончили поверку). Посмотрев в зрительную трубу, вы увидите, что крест сетки нитей, с наблюдаемой точки сместился на угол C . Открутите колпачок на зрительной трубе со стороны окуляра, закрывающий крепежные и исправительные винты сетки нитей. Ослабив шпилькой верхний и нижний исправительные винты сетки, вращением боковых исправительных винтов в одну сторону навести крест сетки нитей на цель при верном отсчете. Закрепить сетку, завернуть колпачок.

3. Поверка сетки нитей зрительной трубы.

Горизонтальная нить сетки нитей должна быть перпендикулярна вертикальной оси теодолита. Вертикальную ось теодолита привести в отвесное положение. Навести зрительную трубу на удаленную неподвижную точку на высоте теодолита. Наводящим винтом алидады крест сетки нитей навести на левый конец горизонтальной нити, а затем плавно переместить к правому концу. Если при этом крест сместился с горизонтальной нити вверх или вниз более чем на 3 ширины этой нити, выполнить юстировку и затем повторить поверку.

Юстировка наклона сетки нитей.

Нужно открутить колпачок на зрительной трубе со стороны окуляра ослабить отверткой четыре крепежных винта окуляра и повернуть его так, чтобы нить сетки расположилась горизонтально. После юстировки сетки нитей закрепить окуляр и навинтить колпачок.

3. Измерение горизонтальных углов

Для верного измерения горизонтального угла необходимо соблюдение следующих условий:

- центр горизонтального круга (лимба) должен находиться на отвесной линии, проходящей через вершину угла;
- плоскость лимба должна быть строго горизонтальной.

При выполнении этих условий наклон зрительной трубы теодолита в вертикальной плоскости во время визирования на точки местности не будет влиять на величину измеряемого горизонтального угла.

Подготовка прибора к измерению горизонтального угла.

При измерении углов на местности их вершины предварительно отмечают забитыми в землю колышками. Поверенный и юстированный теодолит устанавливают на штативе таким образом, чтобы острие отвеса находилось над колышком, а головка штатива занимала приблизительно горизонтальное положение на высоте груди наблюдателя. Ножки штатива при этом должны быть вдавлены в грунт настолько, чтобы обеспечивалось устойчивое положение прибора. После этого ослабляют становой винт, которым теодолит крепится к головке штатива, и перемещают теодолит по головке штатива, добиваясь точного центрирования отвеса над серединой колышка.

При работе в помещении штатив устанавливают на полу в специальных деревянных подставках, ограничивающих расхождение ножек штатива (операция центрирования в этом случае не выполняется).

Нивелирование прибора выполняется в такой последовательности. Поворотом алидады ось цилиндрического уровня располагают параллельно двум подъемным винтам и их вращением в противоположные стороны выводят пузырек уровня на середину. Затем поворачивают алидаду на 90° («по третьему винту») и вращением третьего винта снова выводят пузырек на середину. Затем контролируют положение пузырька уровня в положении «по двум винтам». Трубу устанавливают «по глазу» вращением окулярного кольца, добиваясь четкого изображения сетки нитей. Установка трубы «по предмету» делается в процессе визирования на цель вращением винта кремальеры.

3.1.Измерение горизонтальных углов способом приемов

Сущность данного способа заключается в двукратном измерении одного и того же угла при двух положениях вертикального круга («круг лево» и «круг право») и вычислении среднего значения измеряемого угла.

При оцифровке лимба по ходу часовой стрелки имеем

$$\beta = a - b,$$

где, a – отсчет на правую (заднюю) точку;

b – отсчет на левую (переднюю) точку.

Если отсчет на заднюю точку оказался меньше, чем на переднюю, то к нему предварительно нужно добавить 360° .

Теодолит наводят последовательно на правую и левую точки, снимают отсчеты по горизонтальному кругу и записывают их в журнал измерения углов. Считают и записывают измеренный угол.

При наведении на цель сначала делают грубую наводку по визиру. Затем, зажав закрепительные винты алидады и трубы, и отфокусировав трубу на цель делают точную наводку на цель наводящими винтами алидады и трубы. При работе в поле наведение делают на низ вехи, совмещая с ним перекрестие сетки нитей. При работе в помещении в качестве визирных целей используют заранее подвешенные на стены марки.

Перед вторым полуприемом рекомендуется «сбить» положение лимба на $1-2^{\circ}$. Это можно сделать наводящим винтом лимба. После этого трубу переводят через зенит и все операции по измерению угла повторяют. Если разница значений угла в полуприемах не превышает двойной точности отсчетного устройства, то вычисляют среднее значение угла. При невыполнении этого условия делают повторное измерение угла. Поскольку точность взятия отсчета у теодолита 4Т30 равна $0,5'$, допустимое расхождение угла в полуприемах не должна превышать $1'$.

3.2.Измерение вертикальных углов.

Вертикальным называется угол между направлением на предмет и горизонтальным направлением визирной оси трубы теодолита. Вертикальные углы могут быть заключены в пределах **от 90° до -90°** . Вертикальные углы измеряются для определения превышений между точками тригонометрическим нивелированием и для определения горизонтальных проложений наклонных линий местности. Измеряя вертикальные углы, можно также определить высоты объектов (зданий, водокачек, дымовых труб и т.д.).

Горизонтальное направление визирной оси определяется при помощи места нуля (МО) вертикального круга. Место нуля – это отсчет по вертикальному кругу при горизонтальном положении визирной оси и горизонтальном положении оси уровня при вертикальном или горизонтальном (у теодолита 4Т30) круге.

При измерении вертикальных углов теодолитом 4Т30 тщательно приводят ось теодолита в отвесное положение, затем зрительную трубу наводят на точку при круге право (КП). Перед взятием отсчета при необходимости нужно поправить уровень (пузырек вывести на середину) подъемными винтами. Затем берется и записывается отсчет КП по вертикальному кругу. Далее труба переводится через зенит и наводится на ту же точку при круге лево (КЛ). Подправив при необходимости уровень подъемными винтами, берут и записывают отсчет по вертикальному кругу КЛ. По формулам (4) определяют вертикальный угол V и место нуля МО.

Место нуля следует определить повторно при наведении на другую точку, и из двух значений вычислить его среднее арифметическое, Если

среднее значение MO больше $1'$, его следует исправить. Для этого вычислить исправленные отсчеты для вертикального круга по формулам

$$KЛ_{исправ.} = KЛ - MO \quad \text{или} \quad KП_{исправ.} = KП - MO \quad (7)$$

и установить исправленный отсчет на вертикальном круге наводящим винтом зрительной трубы. При этом крест сетки нитей сместится с изображения наблюдаемой точки. Отвинтить колпачок в окулярной части трубы, шпилькой ослабить на пол оборота боковые исправительные винты сетки нитей. Вращением верхнего и нижнего исправительных винтов сетки в одну сторону, навести крест сетки нитей на точку. Закрепив боковые винты сетки, еще раз определяем MO .

Если мы определили место нуля (MO), то другие вертикальные углы можем измерять однократным наведением зрительной трубы на цель при круге право ($KП$) или круге лево ($KЛ$) с одновременным снятием отсчетов по вертикальному кругу и подсчитывать углы по формулам (3).

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

а) основная литература

1. Дьяков Б. Н. Основы геодезии и топографии: учеб. пособие для вузов по направл. 250400 - "Технология лесозаготов. и деревообаб. пр-в" / Дьяков Борис Николаевич, В. Ф. Ковязин, А. Н. Соловьев ; под ред. Б. Н. Дьякова. - СПб.: Лань, 2011. - 272 с.: ил.

2. Кочетова Э.Ф. Инженерная геодезия [Электронный ресурс]: учебное пособие.— Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2012.— 153 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru>

3. Подшивалов В.П. Инженерная геодезия [Электронный ресурс]: учебник.— Минск: Вышэйшая школа, 2011.— 463 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru>

4. Полежаева Е.Ю. Геодезия с основами кадастра и землепользования [Электронный ресурс]: учебник.— Самара: Самарский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2009.— 260 с.- Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru>

5. Попов В.Н. Геодезия и маркшейдерия [Электронный ресурс]: учебное пособие.— М.: Горная книга, 2010.— 452 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru>

6. Практикум по геодезии [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / Г.Г. Поклад [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — М. : Академический Проект, 2015. — 488 с. — 978-5-8291-1378-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/36497.html>

б) дополнительная литература

7. Буденков Н. А. Курс инженерной геодезии: учебник для вузов по спец. 656300 "Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих пр-в, 250401 (260100) "Лесоинженерное дело" / Буденков Николай Алексеевич, П. А. Нехорошков; МГУЛ. - 2-е изд. - М.: МГУЛ, 2006. - 340 с.: ил.

8. Поклад Г. Г. Геодезия: учеб. пособие для вузов по направлению 120300 - Землеустройство и земельный кадастр и спец. 120301 - Землеустройство, 120302 - Земельный кадастр, 120303 - Город. кадастр / Поклад Геннадий Гаврилович, С. П. Гриднев ; Воронеж. гос. аграр. ун-т им. К. Д. Глинки. - М.: Академ. проект, 2007. - 592 с.: ил.

9. Колмаков Ю. А. Решение задач на топографических картах и планах : расчетно-графическая работа №1 по курсу "Геодезия": метод. указания / Ю. А. Колмаков, Ю. И. Колмакова. - Ульяновск: УлГУ, 2005. - 35 с.

10. Практикум по геодезии: учеб. пособие для вузов по направл. 120300 - Землеустройство и земельный кадастр / под ред. Г. Г. Поклада. - 2-е изд. - М.: Академ. проект: Гаудеамус, 2012. - 470 с.

11. Кочетова Э.Ф. Инженерная геодезия [Электронный ресурс]: методические указания по выполнению лабораторных работ.— Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2010.— 54 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru>

12. Нестеренок М.С. Геодезия [Электронный ресурс]: учебное пособие.— Минск: Вышэйшая школа, 2012.— 288 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru>

13. Акиншин С.И. Геодезия [Электронный ресурс]: курс лекций.— Воронеж: Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2012.— 304 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru>

14. Ходоров С.Н. Геодезия – это очень просто [Электронный ресурс]: введение в специальность.— М.: Инфра-Инженерия, 2013.— 176 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru>