

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»

Э. Ф. Кочетова, Г. А. Шеховцов, И. И. Акрицкая

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ

Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторных работ для студентов специальности
08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений
по дисциплине «Инженерная геодезия»

Нижегород
2020

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»

Э. Ф. Кочетова, Г. А. Шеховцов, И. И. Акрицкая

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ

Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторных работ для студентов специальности
08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений
по дисциплине «Инженерная геодезия»

Нижний Новгород
ННГАСУ
2020

УДК 620.9:504

Кочетова Э. Ф. Инженерная геодезия [Текст]: учеб. - метод. пос. / Э. Ф. Кочетова, Г. А. Шеховцов, И. И. Акрицкая; Нижегород. гос. архитектур. - строит. ун - т – Нижний Новгород: ННГАСУ, 2020. – 86 с.

Приведены указания по выполнению лабораторных работ, рассмотрены содержание и последовательность выполнения, в конце каждой работы даны контрольные вопросы.

Предназначено для обучающихся в ННГАСУ для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Инженерная геодезия» по специальности 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений, специализация: Строительство большепролетных зданий и сооружений, Строительство гидротехнических сооружений повышенной ответственности.

© Э. Ф. Кочетова, Г. А. Шеховцов,
И.И. Акрицкая, 2020
© ННГАСУ, 2020

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

1. К каждому лабораторному занятию студенты должны проработать указанные преподавателем разделы конспекта лекций или учебника (учебное пособие Кочетова Э.Ф., Инженерная геодезия и др.). Кроме того, на лабораторном занятии необходимо иметь соответствующее оборудование и чертежные принадлежности, перечень которых привозится в данных методических указаниях для каждой лабораторной работы.
2. Каждая лабораторная работа выполняется в рабочей тетради в соответствии с требованиями стандарта кафедры, данных методических указаний и образцами, вывешенными в аудиториях кафедры.
3. Сдача законченных лабораторных работ производится в ближайшие часы занятий или консультаций. За каждую работу студенту выставляется оценка, учитывающая качество оформления материала, результаты ответов на контрольные вопросы и соблюдение установленных сроков сдачи работы.
4. Объемы лабораторных работ рассчитаны на их выполнение в часы занятий. Студенты, пропустившие занятие или не успевшие выполнить работу, обязаны ликвидировать свои задолженности самостоятельно или в ближайшие часы консультаций.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

РИСОВКА РЕЛЬЕФА ГОРИЗОНТАЛЯМИ ПО МОДЕЛИ МЕСТНОСТИ(4 часа)

Для выполнения работы нужно иметь: лист чертёжной бумаги формата А4, простой карандаш, ластик, линейку, листок кальки 100x100 мм, одну модель местности на двух студентов, рейсшину и линейку с заострённым конном.

Задание: *Произвести съёмку характерных точек рельефа, нанести точки на план, оформить высотный план модели местности.*

Съёмка характерных точек рельефа выполняется вдвоем, всё остальное – индивидуально.

На рис. 1 представлены основные формы рельефа и их изображение на плане с помощью горизонталей. Боковые поверхности любой формы рельефа называются скатами. Места перегибов скатов (*ПС*) являются их характерными точками. Каждая форма рельефа имеет свои характерные точки и линии. Для горы это вершина (*В*) и линия подошвы (*П*), для котловины это дно (*Д*) и линия бровки (*Б*). Линию вдоль хребта, проходящую по самым высоким точкам, называют линией водораздела, а линию вдоль лощины, проходящую по самым низким точкам, называют тальвегом. Эти линии характеризуются точками перегиба водораздела (*ПВ*) или тальвега (*ПТ*). Характерной точкой седловины является точка (*С*), в которой могут сходиться водоразделы двух хребтов и расходиться водосливы двух лощин.

Для изображения рельефа горизонталями необходимо знать плановое положение и высоту характерных точек. Следует также отмечать, между какими парами характерных точек крутизна ската остается постоянной. На рис. 1 это выполнено с помощью интерполяционных линий со стрелками, показывающими направление ската. Интерполяционные линии, формирующие скелет рельефа местности, должны всеми своими точками касаться поверхности земли, не пересекать ей и не располагаться над ней.

Горизонталь - это замкнутая кривая, проходящая через точки на зем-

ной поверхности с одинаковыми высотами. Эти высоты выбирают кратными некоторой постоянной величине, называемой высотой сечения рельефа. В геодезии это 0,25 м; 0,5 м; 1,0 м; 2,0 м; 2,5 м; 5,0 м и более. На интерполяционных линиях находят точки, через которые пройдут горизонтали при заданной высоте сечения рельефа. Этот процесс называется интерполяцией, которая выполняется с помощью палетки или на глаз. Соединяя плавными кривыми точки с одинаковыми высотами, проводят горизонтали и получают высотный план.

Порядок выполнения задания:

1. Внимательно изучите модель рельефа местности. Определите на ней характерные точки и линии.

2. С помощью рейсшины и линейки с заостренным концом произведите съёмку характерных точек рельефа. Один студент ведет съёмку, другой записывает результаты в ведомость (табл. 1). Для съёмки какой-либо точки линейка устанавливается вертикально заостренным концом на эту точку. Координата X отсчитывается по шкале на модели, координата Y — по рейсшине, а высота H — по линейке. Отсчеты берутся с точностью до 1 мм. Приняв горизонтальный масштаб съёмки равным 1:1000, а вертикальным 1:100, получим, что 1 мм будет соответствовать в первом случае 1 метру, а во втором случае 0,1 метра. В графе «Примечание» должна быть записана характеристика точек: вершина, водораздел, тальвег, седловина, дно, подошва, перегиб ската.

3. Каждый студент, оформив ведомость (табл. 1), должен вычертить на листе чертежной бумаги формата $A4$ координатную сетку, размеры которой 150 мм по оси X и 250 мм по оси Y . Сетка должна располагаться симметрично относительно краев листа. Подпишите координаты сетки по оси Y от 0 до 250 м у обоих студентов, а по оси X у одного студента от 0 до 150 м, а у другого от 100 до 250 м (рис. 2).

По координатам нанесите на план свою часть точек, подпишите их высоты, обозначьте на плане линии водораздела, водослива и другие интерполяци-

онные линии, стрелками покажите направление скатов.

Все надписи и линии выполняйте слабым нажимом карандаша.

4. Изготовьте на листе кальки палетку, представляющую собой порядка десяти параллельных линий, проведенных через 5 мм.

Приняв высоту сечения рельефа равной 1,0 м, произведите интерполирование, то есть отыщите на интерполяционных линиях точки, высоты которых кратны заданной высоте сечения рельефа. Для этого подпишите линии палетки в соответствии с отметками ваших точек так, чтобы подписи были кратны высоте сечения.

Для интерполирования выбирают только соседние точки. Накладывают палетку на интерполяционную линию так, чтобы отметкам ее начальной и конечной точек соответствовали аналогичные отметки на палетке. Отмечают точки пересечения палетки с интерполяционной линией. Освоив палетку, в дальнейшем следует перейти к интерполированию на глаз. Выполнив интерполяцию, соединяют плавными кривыми точки с одинаковыми отметками. Следите, чтобы на каждой интерполяционной линии расстояние между горизонталями было одинаково. Горизонтали на плане не могут пересекаться и касаться друг друга, а их изгибы должны приходиться на линии водораздела и водослива.

5. Оформите план в карандаше (рис. 2). Вначале подпишите курсивом отметки точек, располагая цифры горизонтально. Все остальные подписи выполняются прямым шрифтом. Проведите горизонтали толщиной 0,15 мм. Горизонтали, отметки которых кратны 5 м, утолстите до 0,25 мм и укажите их отметки, располагая верх цифр в сторону возвышения.

Нанесите бергштрихи длиной 1 мм по линиям водораздела и водослива только на горизонтали, отображающие вершины, дно котловин, седловины, а также у рамок плана. Линии координатной сетки, кратные 100 м, обозначьте у рамок отрезками 3 мм, а их пересечения – отрезками 6 мм. Подпишите координаты всех четырех углов сетки. Высота всех подписей 2,5 мм за исключением названия и масштаба плана, высота которых 4 мм.

Все подписи выполняйте с предварительной разметкой.

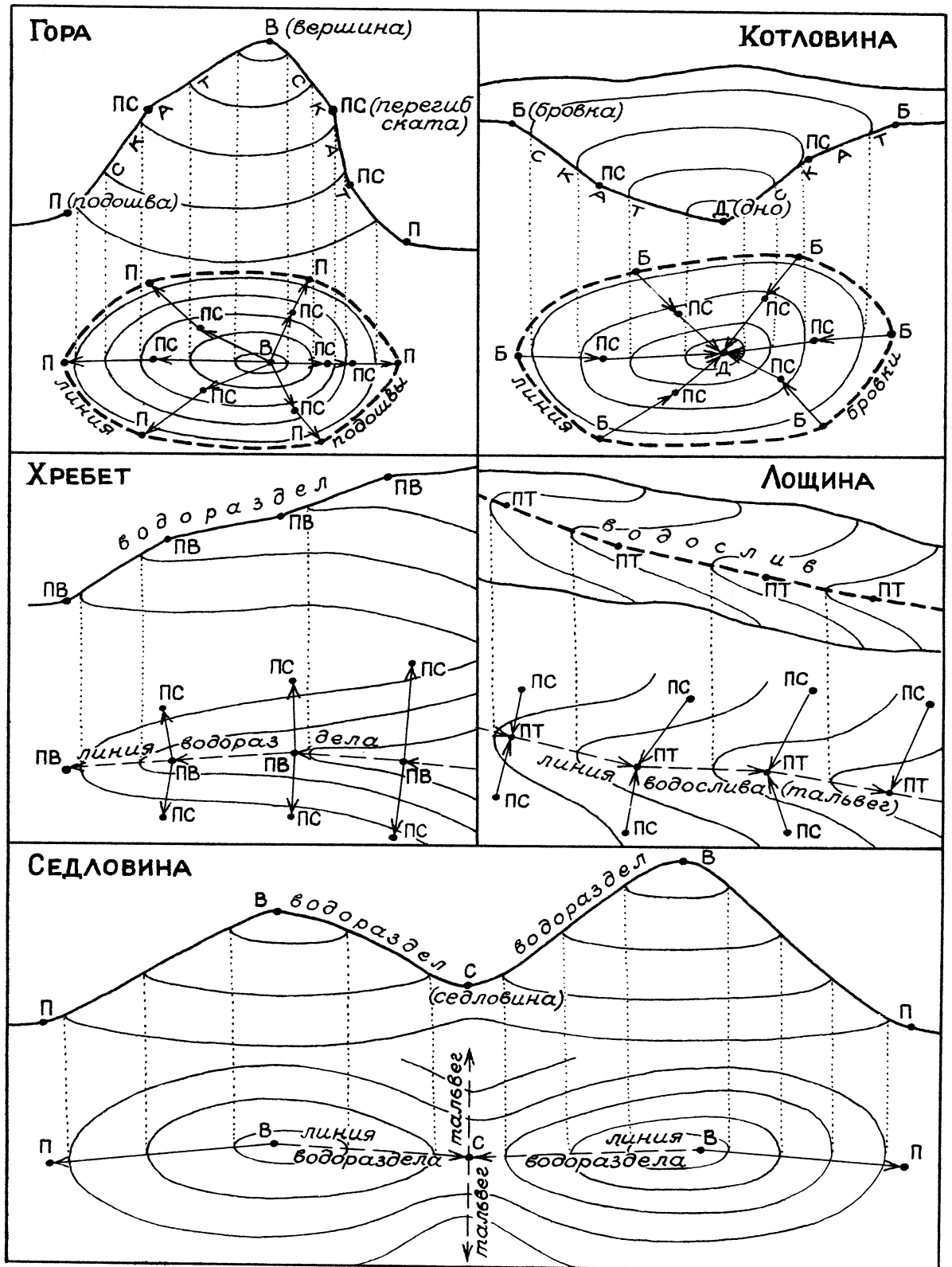


Рис.1. Изображение основных форм рельефа горизонталями

Таблица 1

ВЕДОМОСТЬ КООРДИНАТ И ВЫСОТ ТОЧЕК МОДЕЛИ № Б-5

Дата 5 сентябряВыполнил Абросимов К.М.

№ точки	Х, м	У, м	Н, м	Характеристика точки	№ точки	Х, м	У, м	Н, м	Характеристика точки
1	203	83	13,7	В	14	110	200	12,7	ПС
2	203	110	13,4	ПС	15	110	230	12,6	ПС
3	203	60	13,5	ПС	16	140	165	9,3	П
4	180	60	12,9	ПС	17	140	220	11,7	ПС
5	180	100	13,5	ПС	18	225	80	13,6	ПС
6	160	100	12,8	ПС	19	200	25	9,6	ПС
7	160	60	12,1	ПС	20	250	80	12,1	ПС
8	160	25	8,7	ПС	21	250	45	8,3	П
9	135	60	10,1	ПС	22	210	180	9,3	ПС
10	135	25	8,4	ПС	23	170	230	9,6	П
11	110	25	8,0	П	24	230	130	11,2	ПС
12	110	70	9,6	ПС	25	230	160	9,0	ПТ
13	110	150	9,8	ПС	26	170	135	9,4	П

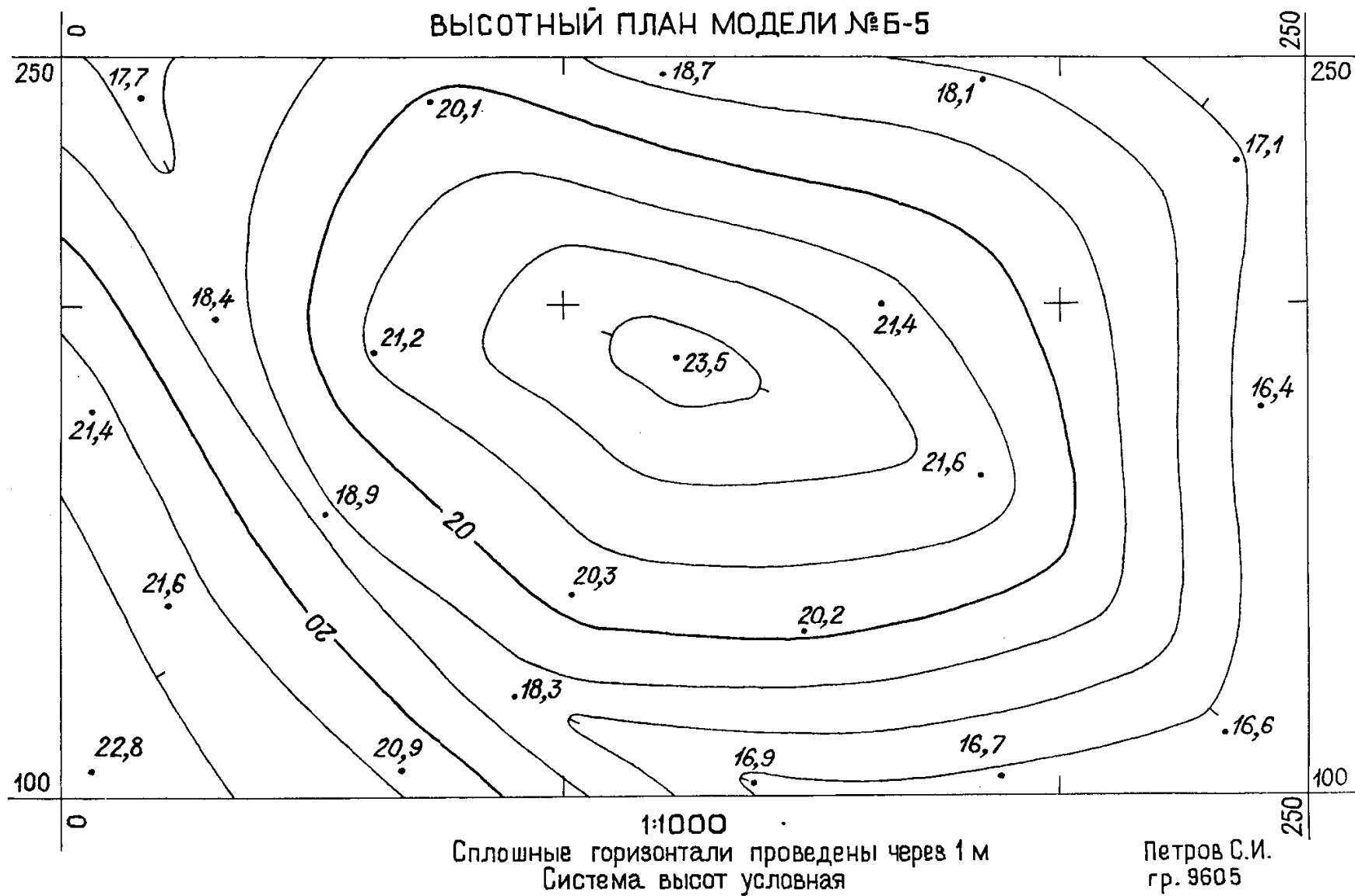


Рис. 2. Высотный план модели местности

Контрольные вопросы

1. Какие *формы рельефа* и их *характерные точки и линии* Вы знаете?
2. Что такое *высота* точки и в чём различие *абсолютных* и *условных* высот?
3. Что называют *горизонталями* и каковы их свойства?
4. Что такое *высота сечения рельефа* и её численные значения?
5. Объясните сущность и назначение *интерполяционных линий*.
6. *Заложение горизонталей, крутизна ската* и связь между ними?
7. Как подписываются на плане *отметки* горизонталей?
8. Назначение *бергштрихов* и их месторасположение?
9. Какие горизонтали и для чего утолщают на плане?
10. Изобразите с помощью горизонталей различные формы рельефа.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

РАБОТА С ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ КАРТОЙ (6 часов)

Для выполнения работы нужно иметь: транспорт, циркуль-измеритель, чертежные принадлежности, поперечный масштаб, топографическую карту.

Задание: Изучить градусную рамку, километровую сетку карты и условные, топографические знаки; научиться пользоваться поперечным масштабом: решить на карте ряд инженерных задач.

Лист топографической карты (рис. 3, а) ограничен внутренней рамкой. Южная и северная линии этой рамки представляют собой параллели с широтами $54^{\circ}40'$ и $54^{\circ}42'30''$. Западная и восточные линии внутренней рамки являются меридианами с долготами $18^{\circ}03'45''$ и $18^{\circ}07'30''$. Для определения географических координат точек служит градусная рамка. На ней чередуясь черными и белыми шашками отмечены минуты. Каждая минута точками разделена на 6 частей (одна часть составляет $10''$).

Масштаб – это отношение длины линии на карте или плане к ее горизонтальному проложению на местности. Его определяют по длине стороны квадрата километровой сетки. Второй способ – по номенклатуре карты (рис. 4).

Для определения прямоугольных координат точек служит километровая координатная сетка. Расстояние между линиями этой сетки на местности равно 1 км. Абсцисса X и ордината Y каждой километровой линии подписаны. Например, подпись 4312 означает, что эта линия расположена в 4-й зоне и находится на расстоянии 312 км от условной оси X или $312-500=-188$ км от осевого меридиана этой зоны (западнее его). Подпись 6065 означает, что эта линия находится к северу от экватора на расстоянии 6065 км. Для определения прямоугольных координат, например, точки 1 измеряют длины перпендикуляров ΔX и ΔY до километровых линий 6066 и 4312 (пусть $\Delta X= 485$ м, $\Delta Y= 562$ м). Тогда координаты точки 1 в метрах будут равны:

$X_1 = 6066000 \text{ м} + 485 \text{ м} = 6066485 \text{ м}$, $Y_1 = 4312000 \text{ м} + 562 \text{ м} = 4312562 \text{ м}$.

Для контроля измеряют расстояние от точки 1 до других километровых линий 6067 и 4313. Вычитая из этих значений измеренные расстояния, Вы должны получить те же координаты точки 1.

Обратите внимание, что вертикальные линии координатной сетки параллельны осевому меридиану зоны и не параллельны вертикальным линиям внутренней рамки на величину сближения меридианов. На карте указано среднее сближение меридианов $\gamma = 2^\circ 22'$ западное и склонение магнитной стрелки $\delta = 6^\circ 12'$ восточное, а также приведена схема расположения меридианов (рис. 3, б).

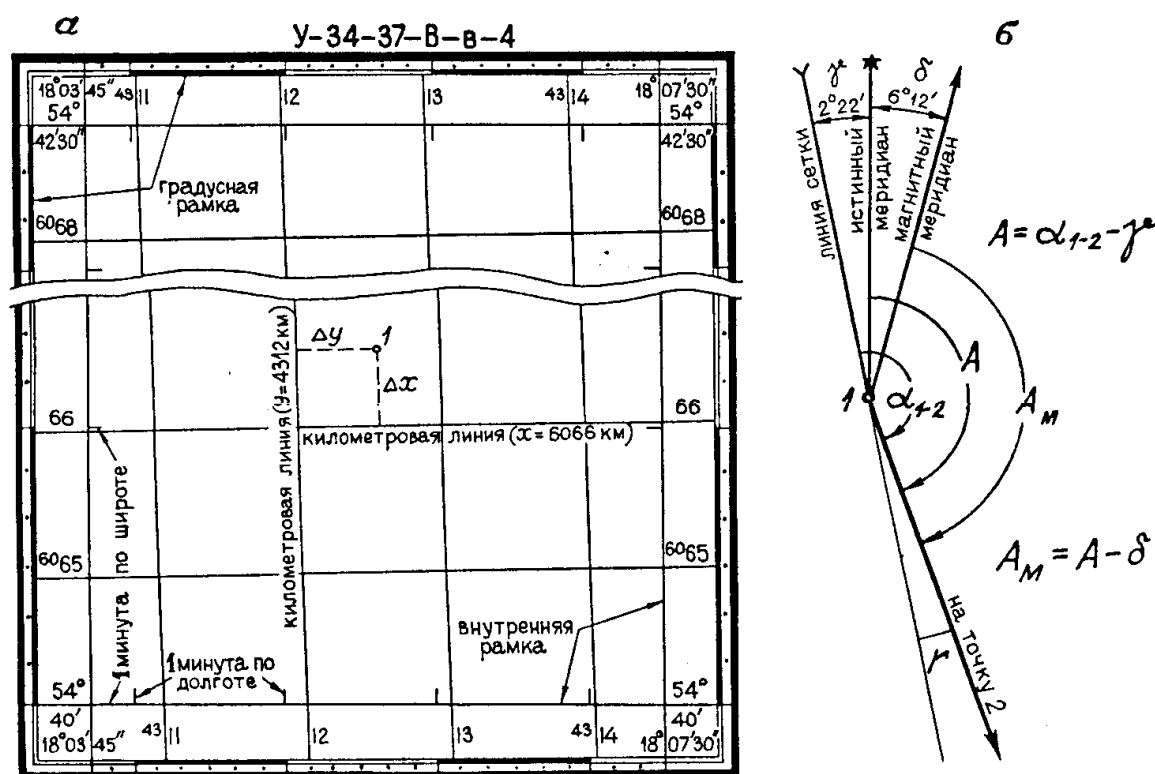


Рис. 3. Лист топографической карты (а) и схема расположения меридианов (б).

От вертикальных линий координатной сетки отсчитывают дирекционные углы α и осевые румбы r . От дирекционных углов можно перейти к истинным A или магнитным A_M азимутам (см. рис. 3, б).

Для изображения на карте предметов и контуров местности приме-

няют масштабные, внемасштабные, линейные, пояснительные и другие условные знаки, позволяющие «читать» топографическую карту.

Линию заданного уклона строят при камеральном трассировании линейных сооружений.

Порядок выполнения заданий:

1. Первый способ определения масштаба карты. Измерьте длину квадрата километровой сетки ab в см. Она соответствует длине $AB=1$ км на местности. Вычислите масштаб карты: $\frac{ab}{AB}$.

Второй способ определения масштаба карты. Например, номенклатура карты N-36-24-Б-б (рис.4).

2. Оцифруйте номограмму нормального поперечного масштаба для численного масштаба карты 1:10000, то есть определите величину его основания, десятую и сотую части основания.

Для этого вначале обратите внимание, что в данном масштабе одному сантиметру на карте соответствует 100 м на местности, одному миллиметру - 10 м; 0,1 мм - 1 м.

Длина основания нормального поперечного масштаба (рис. 5) равна 2 см, что соответствует на местности 200 м в масштабе карты 1:10000. Десятая часть основания составит 20 м, а его сотая часть - 2 м. Поэтому оцифровка поперечного масштаба для численного масштаба карты 1:10000 будет следующая: 200-20-2.

3. Определите с помощью циркуля-измерителя и поперечного масштаба отрезки ΔX_1 и ΔY_1 , вычислите прямоугольные координаты заданной точки 1, выразив их в метрах. Методика таких определений изложена выше (с. 13). Обозначьте на карте измеренные Вами отрезки ΔX_1 и ΔY_1 .

4. По заданным прямоугольным координатам точки 2 нанесите её на карту. Прежде чем наносить точку, определите, в каком квадрате километровой сетки она находится. Затем, откладывая с помощью циркуля-измерителя и поперечного масштаба от линий километровой сетки соответствующие от-

резки ΔX_2 и ΔY_2 , найдите положение этой точки.

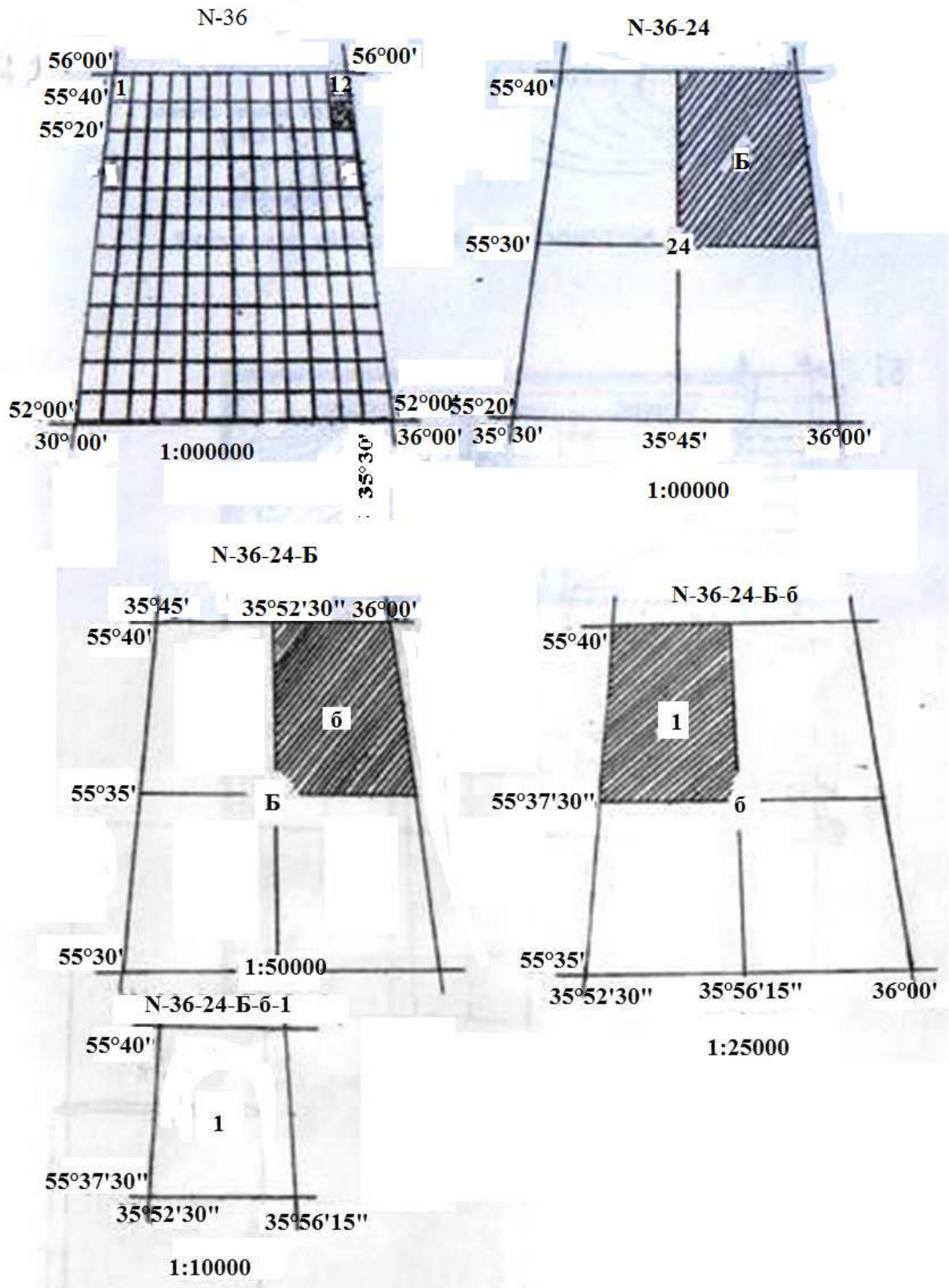


Рис. 4. Определение масштаба карты по номенклатуре ее листа

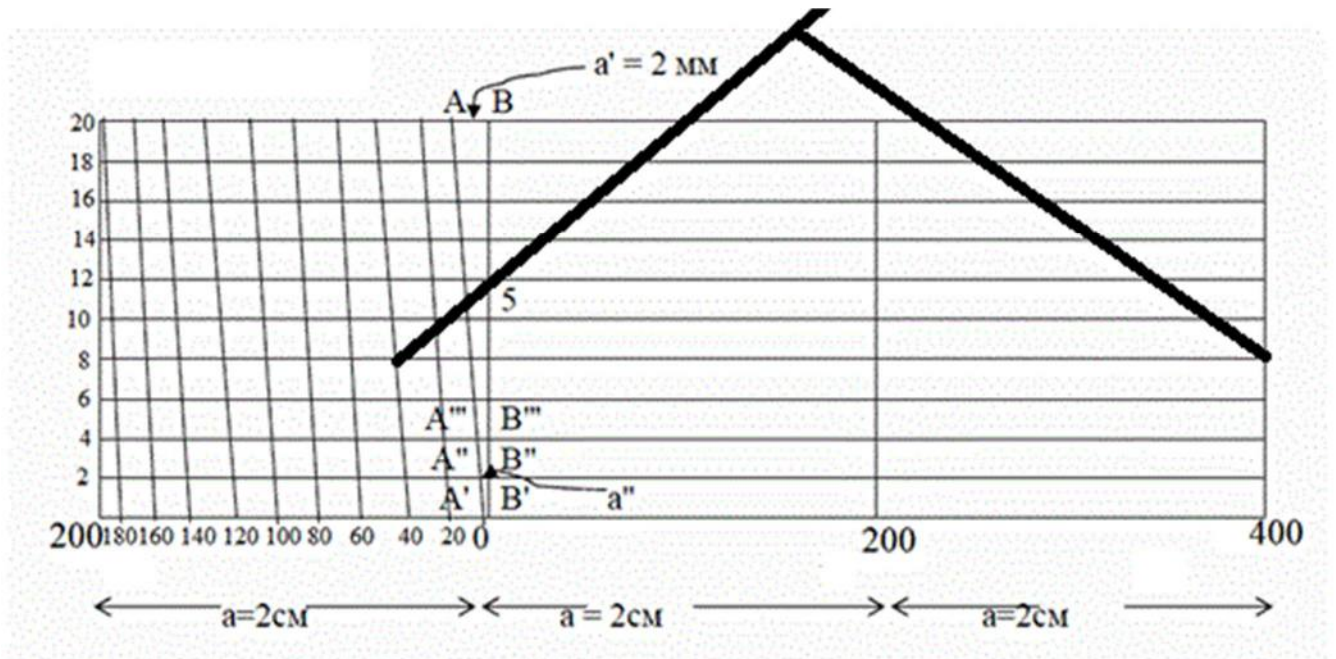


Рис.5. Оцифрованный поперечный масштаб для численного 1: 10000

5.С помощью поперечного масштаба определите в метрах расстояние S_{1-2} между точками 1 и 2 на карте (рис. 6). В нашем примере оно равняется 448 м (рис. 6).

6.Определите дирекционный угол и румб направления 1-2 и 2-1. Дирекционный угол α_{1-2} (рис. 6) измерьте с помощью транспортира (у нас $\alpha_{1-2} = 124^\circ 30'$). Вычислите румб $r_{1-2} = 180^\circ - 124^\circ 30' = 55^\circ 30'$, название которого ЮВ. Вычислите дирекционный угол $\alpha_{2-1} = \alpha_{1-2} + 180^\circ$ и румб r_{2-1} (в нашем примере $\alpha_{2-1} = 304^\circ 30'$, $r_{2-1} = 360^\circ - 304^\circ 30' = 55^\circ 30'$ название румба СЗ).

7. Вычислить высоту сечения рельефа на вашей карте.

$$h = \frac{\Delta H}{\sum d} = \frac{175-150}{10} = 2,5\text{м}, \text{ где } h - \text{высота сечения рельефа, } \Delta H - \text{раз-}$$

ность отметок горизонталей, $\sum d$ - количество заложений между этими горизонталями (рис. 6).

8. Определите отметки точек 1, 2, А, В на карте. На рис.6 точка 1 лежит на горизонтали 180 м, поэтому ее отметка равняется $H_1=180$ м. Точка 2 расположена между горизонталями 157,5 и 160 м. В этом случае ее отметка находится путем интерполирования – $H_2=157,9$ м. От-

метку точки 3 внутри замкнутой горизонтали 152,5 или точки 4 между одноименными горизонталями 155 можно определить лишь приблизительно, считая, что отметки таких точек больше или меньше отметки соответствующей горизонтали на половину высоты сечения рельефа. В нашем примере $H_3=152,5+1,25=153,8$ м, $H_4=155-1,25=153,8$ м.

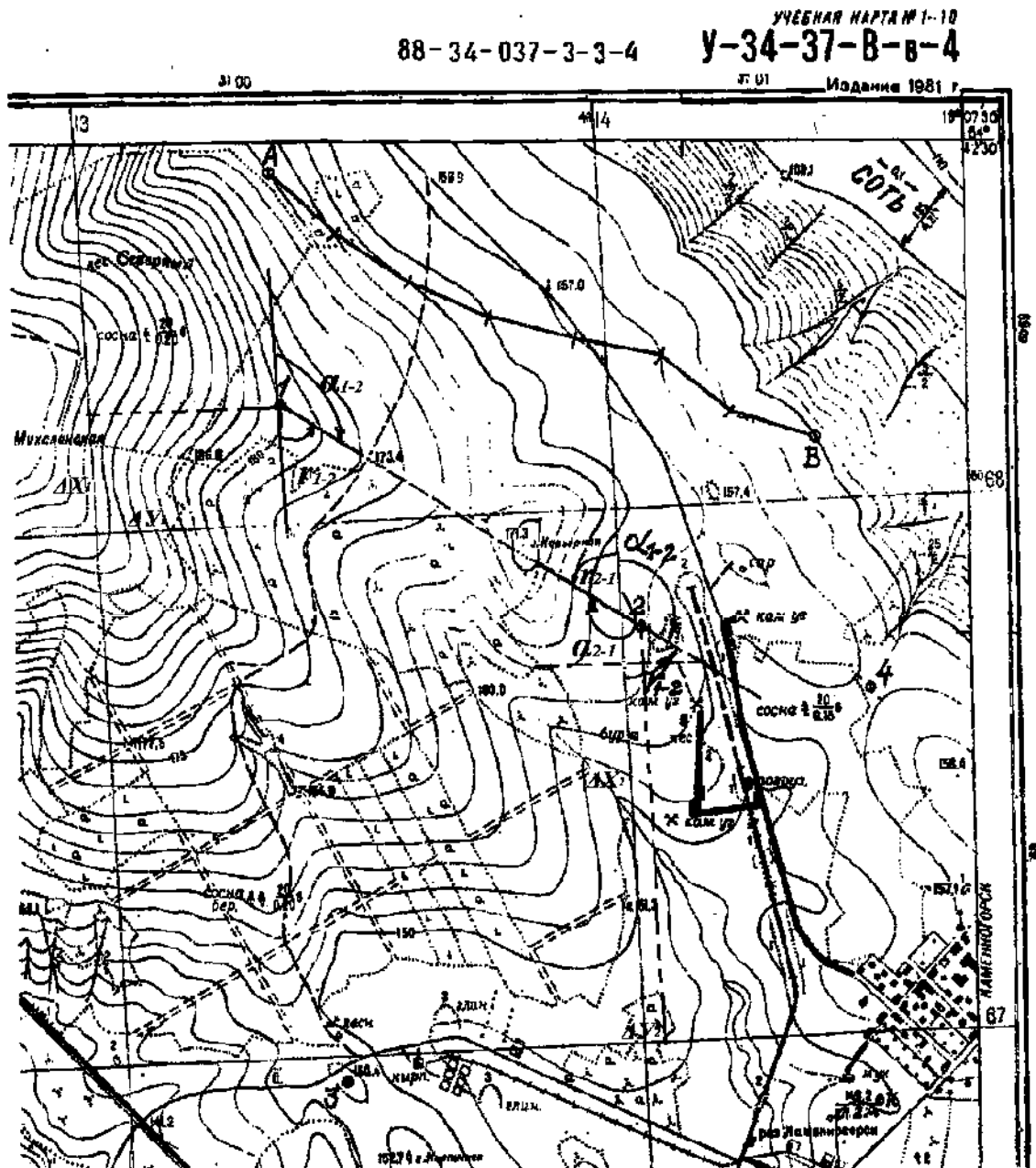


Рис. 6. Решение задач на топографической карте

9. Постройте продольный профиль по линии 1-2 или 2-1 в зависимости от её ориентировки (рис.7). В графу «Расстояния» перенесите с карты точки пересечения Вашей линии с горизонталями и выпишите их отметки в графу «Отметки земли», помня, что отметки горизонталей кратны высоте сечения рельефа 2,5 м.

Проведите через 5 мм ряд параллельных линий. Приняв этот интервал равным высоте сечения рельефа, оцифруйте линии в соответствии с отметками земли. Над всеми точками восстановите перпендикуляры до их пересечения с соответствующими горизонтальными линиями. Полученные точки профиля соедините плавной кривой, чертеж оформите в соответствии с рис. 7.

Горизонтальный масштаб профиля равен масштабу карты, а вертикальный масштаб определится из соотношения: 5 мм на профиле соответствуют высоте сечения рельефа 2,5 м (или 2500 мм), что даст нам масштаб 1:500. Если параллельные линии провести через 10 мм, то вертикальный масштаб профиля будет 1:250.

ПРОФИЛЬ ПО ЛИНИИ 1-2

Масштаб: горизонтальный 1:10000 вертикальный 1:500

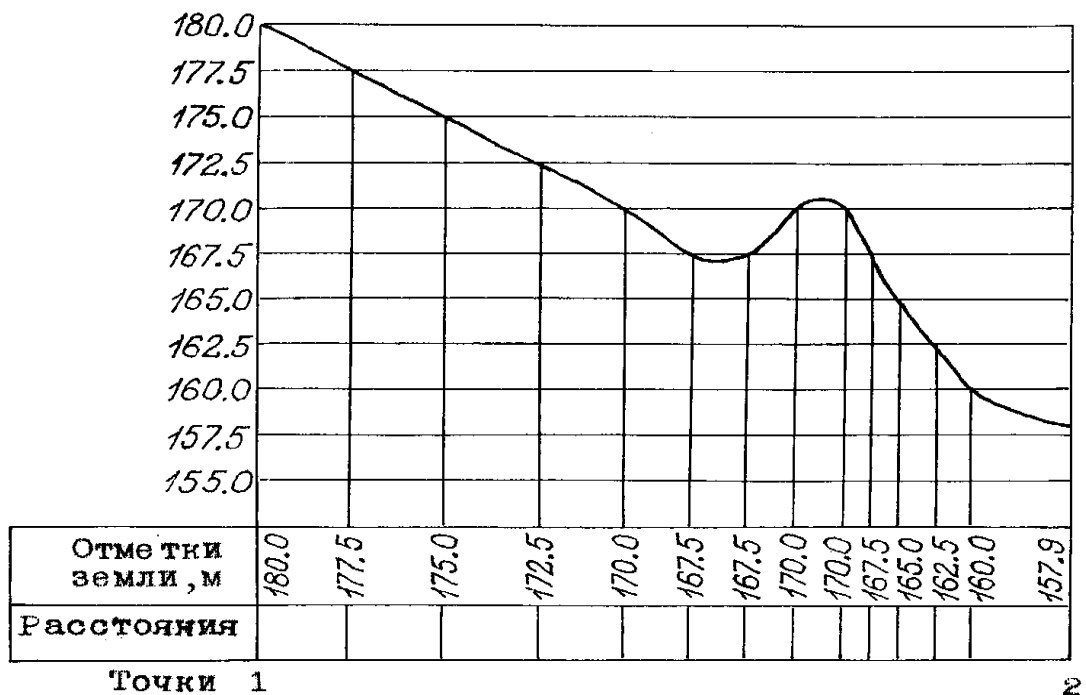



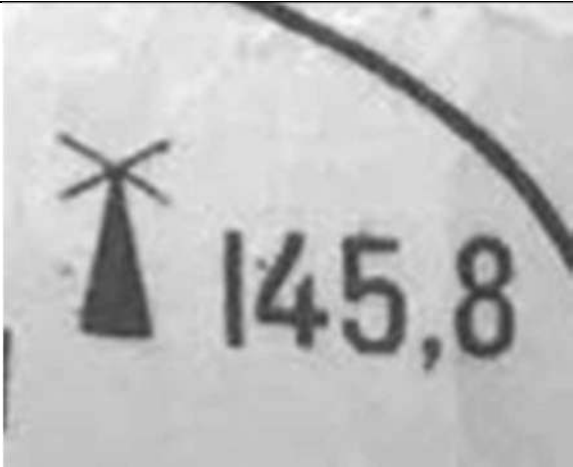
Рис. 7. Построение продольного профиля

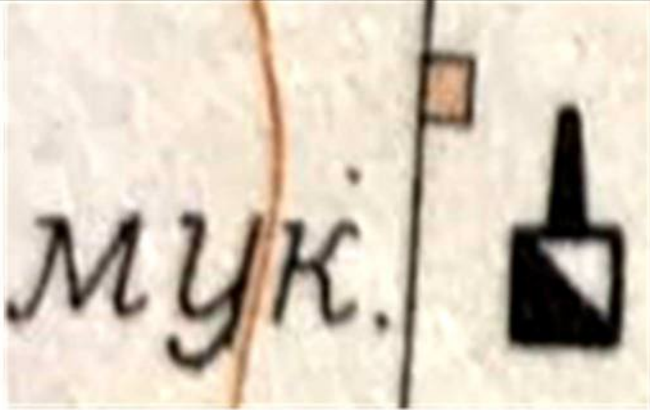
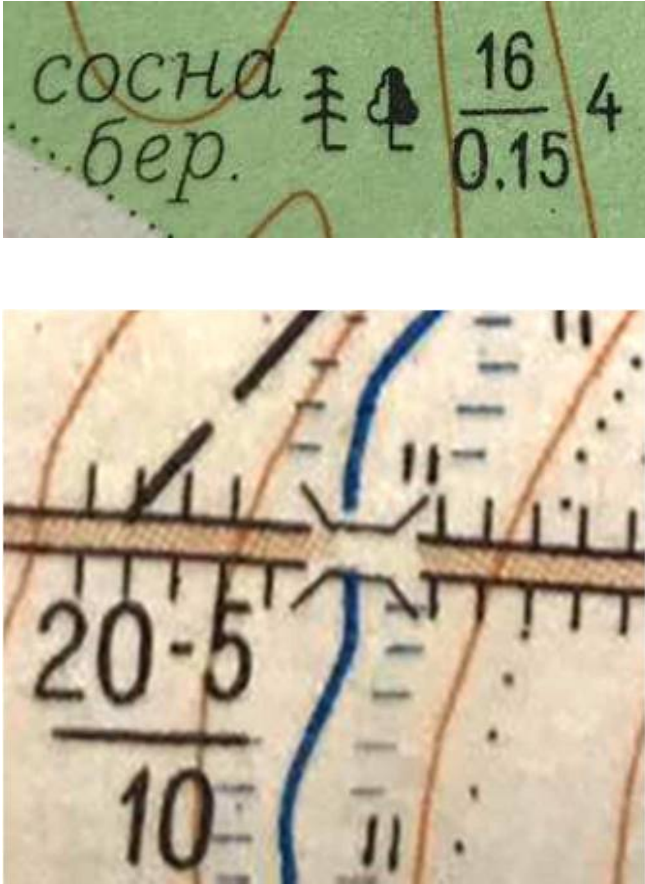
10. Постройте на ксерокопии карты линию заданного уклона из точки А в точку В (рис. 5), $i = 0,025$ или $i = 0,045$ (в зависимости от величины заложения на карте).

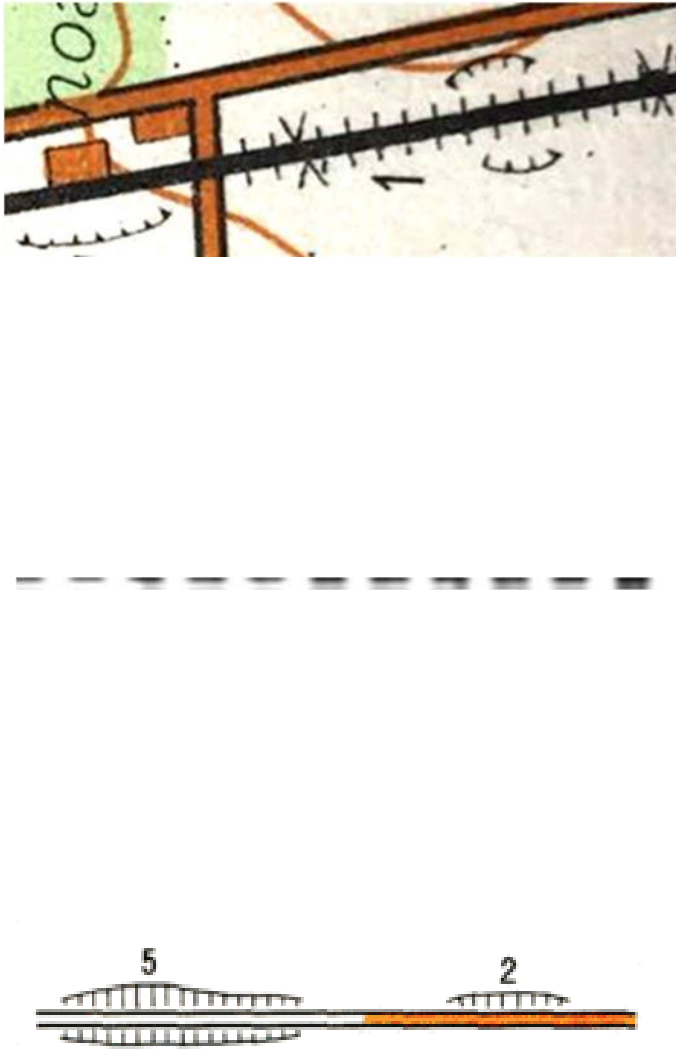
11. Зарисуйте в тетради по два условных знака каждого вида и подпишите их название.

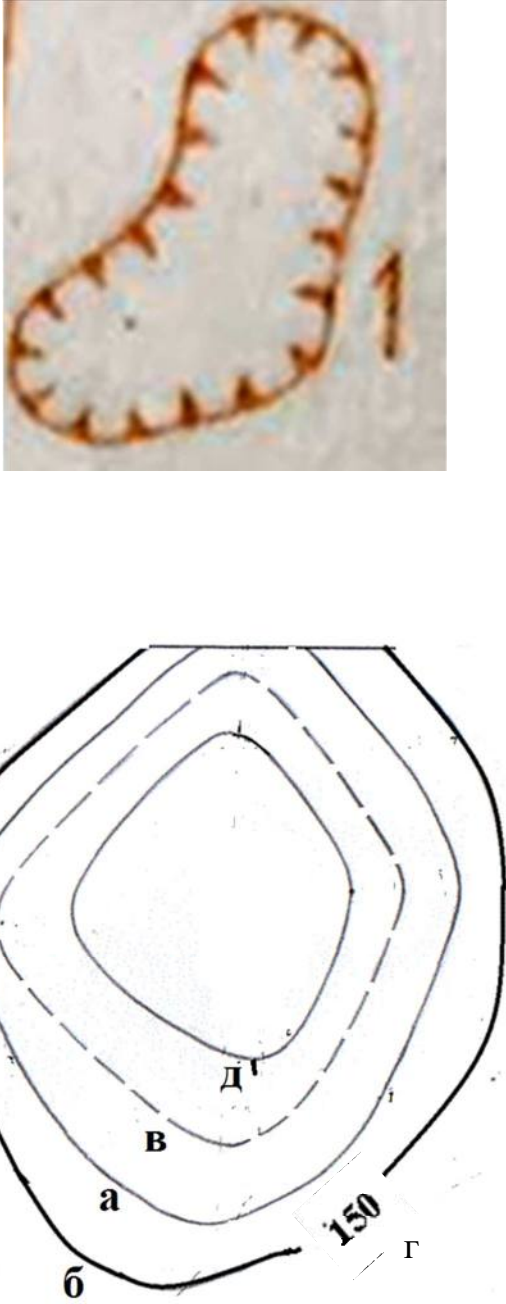
Примеры условных знаков местных предметов представлены в таблице 2.

Таблица 2

№ № п.п	Классификация	Вид условного знака	Назначение
1	2	3	4
1.	Контурный (масштабный)		Форма, размер: контур фруктового сада; кварталы городов и поселков городского типа
2.	Внемасштабный		Местоположение объекта: ветряная мельница;

№ № п.п	Классификация	Вид условного знака	Назначение
			мукомольный завод
3.	Пояснительный		<p>Дополнительная характеристика объекта: ср. высота деревьев 16 м, ср. толщина 0,15 м, расстояние между деревьями 4 м;</p> <p>длина моста 20 м, ширина 5 м, грузоподъемность 10 т</p>

№ № п.п	Классификация	Вид условного знака	Назначение
4.	Линейный		<p>Длина объекта:</p> <p>железная дорога</p> <p>пешеходные дорожки шириной до 3 м;</p> <p>дороги в выемках;</p>

№ № п.п.	Классификация	Вид условного знака	Назначение
5	Рельефа		<p>Овраг</p> <p>Горизонтали, бергштрихи;</p> <p>а) Горизонтали основные б) Горизонтали основные утолщенные в) Дополни- тельные гори- зонталы (полу- горизонталы) г) Подписи от- меток горизон- талей в метрах д) Указатели направления скатов (берг- штрихи)</p>

12. Определение границ водосборной площади. Водосборной площадью называется территория, с которой вода атмосферных осадков стекает к данному пункту водотока. Обычно водосборная площадь измеряется в квадратных километрах.

На рисунке 8 дана точка М на оси лощины, для которой требуется

найти границу водосборной площади. Для этого сначала в верховье лощины находят середину седловины С и вершины Г и Е холмов, примыкающих к ней. Между ними проводят линии перпендикулярно к горизонталям. Затем от точек Г и Е проводят по обоим склонам линии водораздела до точки М, при этом линия водораздела должна пересекать горизонтали под прямыми углами, в местах наибольшей их кривизны.

Граница водосборной площади МГСЕМ на рисунке показана пунктиром.

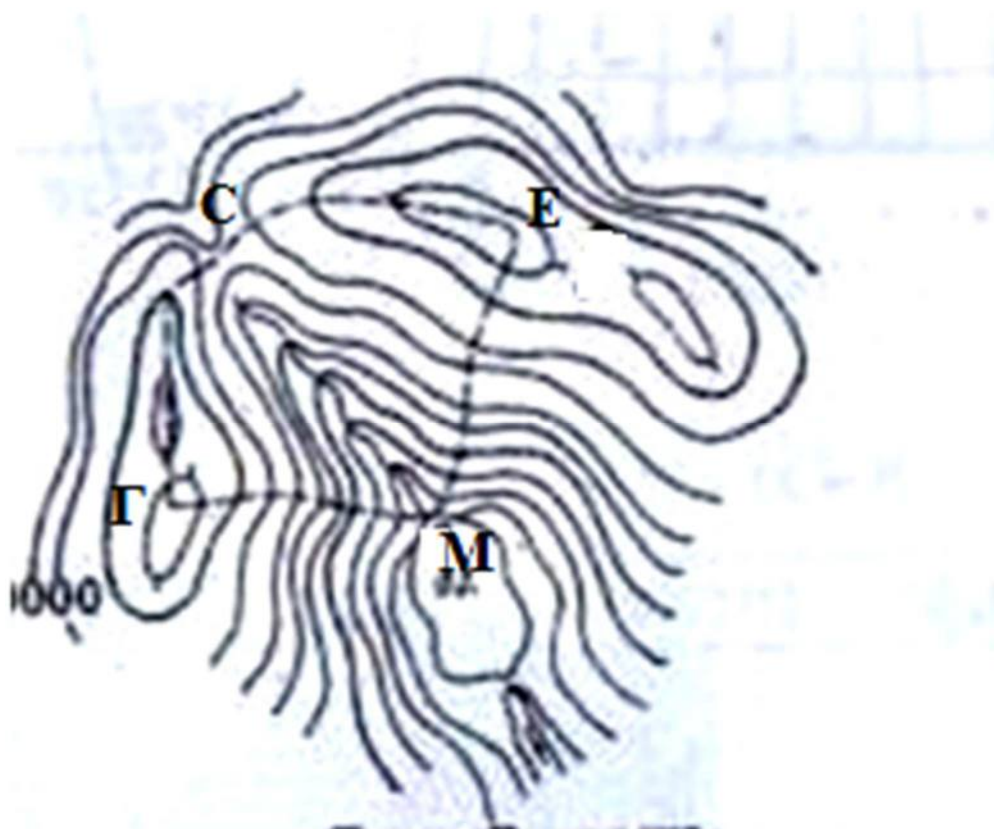


Рис. 8. Бассейн реки

Определение площади водосбора палеткой

Квадратная палетка – это сетка мелких квадратов со стороной 1-2мм, выполненных на прозрачном материале (калька, плексиглас, целлулоид, рис.9).

Палетку накладывают на контур плана, площадь которого хотят определить. Подсчитывают количество целых квадратов и неполных, из

которых на глаз составляются целые. При длине стороны квадрата палетки 2мм для масштаба 1:10000 площадь его составит $20 \times 20 = 400 \text{ м}^2$ или 0.04 га. Площадь контура будет равна площади квадрата палетки, умноженной на количество целых квадратов в измеряемом контуре. Рекомендуется определять на планах площади участков не более 2 см^2 . Для удобства подсчета квадратов на палетке выделяют сантиметровые линии.

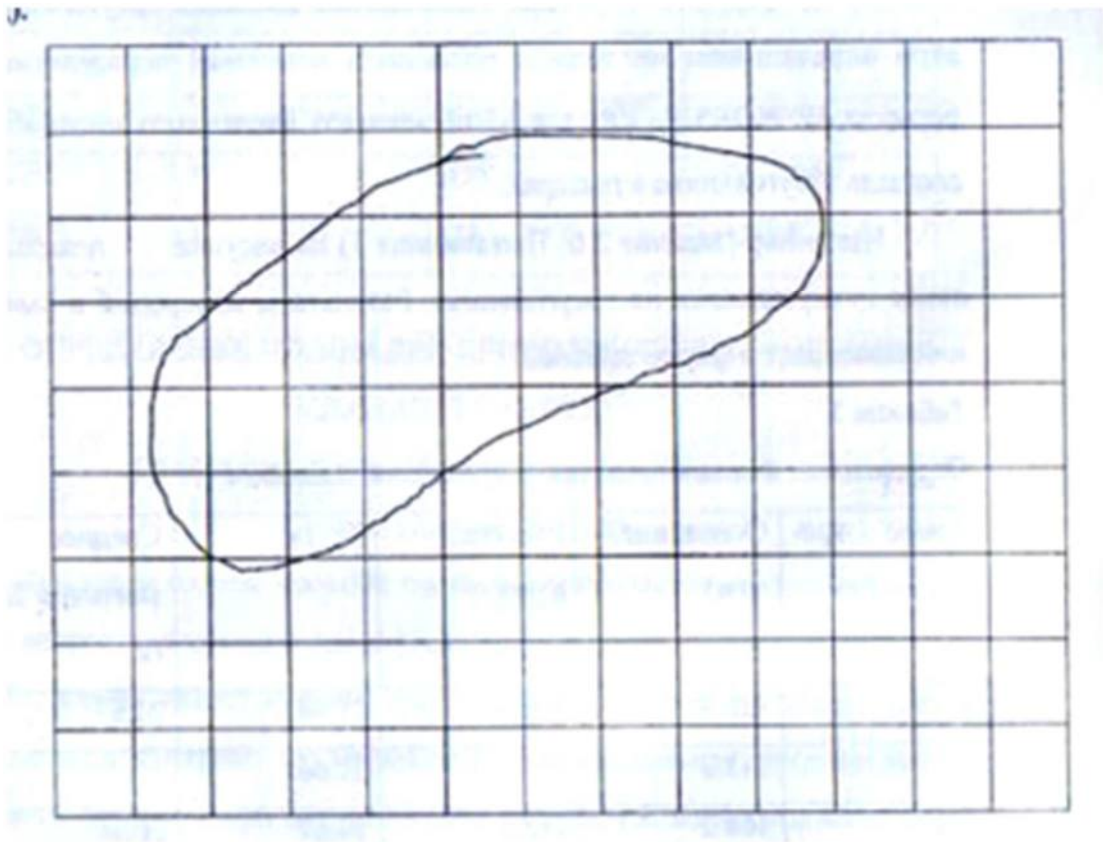


Рис.9. Определение площади контура палеткой

13. Вычислите площадь полигона на карте по формулам Гаусса (аналитический способ).

$$2P = \sum_1^n x_i \cdot (y_{i+1} - y_{i-1})$$

$$2P = \sum_1^n y_i \cdot (x_{i-1} - x_{i+1})$$

или

$$2P = \sum_{i=1}^n x_i \cdot y_{i+1} - \sum_{i=1}^n x_i \cdot y_{i-1}$$

$$2P = \sum_{i=1}^n y_i \cdot x_{i-1} - \sum_{i=1}^n y_i \cdot x_{i+1}$$

С этой целью необходимо определить прямоугольные координаты поворотных точек полигона. При площади полигона до 200 га значение координат округляют до десятых долей метра, при большей – до целых метров. Пример вычисления площади полигона по координатам вершин приводится в таблице 3.

Таблица 3

№ п/	Координаты, м		Разности, м		Произведения, м ²	
	X	Y	X _{i-1} -X _{i+1}	Y _{i+1} -Y _{i-1}	Y(X _{i-1} -	X(Y _{i+1} -Y _{i-}
1	+3396.83	+5249.80	+97,63	+ 137.21	+512537.97	+466079.04
2	+3259.22	+5315,30	+196.40	+25.23	+1043924.92	-82230.12
3	+3200,43	+5224.57	-6.08	-169.63	-31765.39	542888.94
4	+3265.30	+5145.67	-156.42	-46.48	-804885.70	151771.14
5	+3356.85	+5178.09	-131.53	+104.13	-681074.18	+349548.78

$$\Sigma=0 \quad \Sigma=0 \quad 2P=38737.62 \quad P=38737.62$$

$$P=38737.62\text{м}^2/ 2=1,94 \text{ га.}$$

Контрольные вопросы

1. Как определяется положение точки в *системе координат Гаусса-Крюгера*?
2. Назначение, ориентировка и оцифровка *километровой сетки* на карте?
3. Назначение и виды *условных знаков* для топографических планов и карт?
4. Что такое *масштаб* карты, *точность масштаба* и как они определяются?
5. Как оцифровывают и пользуются нормальным *поперечным масштабом*?
6. Как по отметкам горизонталей *определить высоту сечения рельефа*?
7. Дайте определение *дирекционного угла*, истинного и магнитного *азимутов*.
8. Что называют осевыми *румбами* и какова их связь с дирекционными углами?
9. От каких *линий* на карте ведется отсчёт дирекционных углов и румбов?
10. Что такое *уклон* и как на карте провести линию заданного уклона?
11. Расскажите порядок построения линии заданного уклона.
12. Как провести границу водосбора?
13. Порядок определения площади водосбора палеткой.
14. Порядок определения площади участка аналитическим способом.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

НИВЕЛИРЫ, ИХ УСТРОЙСТВО И РАБОТА С НИМИ (6 часов)

Для выполнения работы нужно иметь: один нивелир на двух студентов, штатив, нивелирные рейки, нивелирный журнал.

ЗАДАНИЕ 1. Изучить устройство нивелира, научиться приводить его в рабочее положение и делать отсчёты по рейке; пронивелировать три точки и обработать нивелирный журнал. Основное назначение нивелиров - формировать в пространстве горизонтальный визирный луч. В зависимости от устройства все нивелиры подразделяются на две группы:

- 1) нивелиры с цилиндрическим уровнем при зрительной трубе;
- 2) нивелиры с компенсатором углов наклона.

У нивелиров с цилиндрическим уровнем (рис. 10) визирная ось VV приводится в горизонтальное положение в два этапа. Вначале нивелир приводят в рабочее положение. Для этого, установив нивелир на штативе и закрепив становым винтом, выводят подъемными винтами 2 пузырек круглого уровня 6 в нуль-пункт. Ось круглого уровня $U'U'$ займет отвесное положение и, если она параллельна основной оси прибора OO , то и она также будет отвесна. Затем пузырёк цилиндрического уровня 2 приводят в нуль-пункт вращением элевационного винта 5. Ось уровня UU займет горизонтальное положение и, если UU параллельна VV , то и VV также будет горизонтальна (рис.12). Второй этап выполняют перед каждым отсчетом по нивелирной рейке.

У нивелиров с компенсатором углов наклона достаточно выполнить только первый этап, то есть привести OO в отвесное положение с помощью круглого уровня и подъёмных винтов. При этом визирная ось установится в горизонтальное положение автоматически.

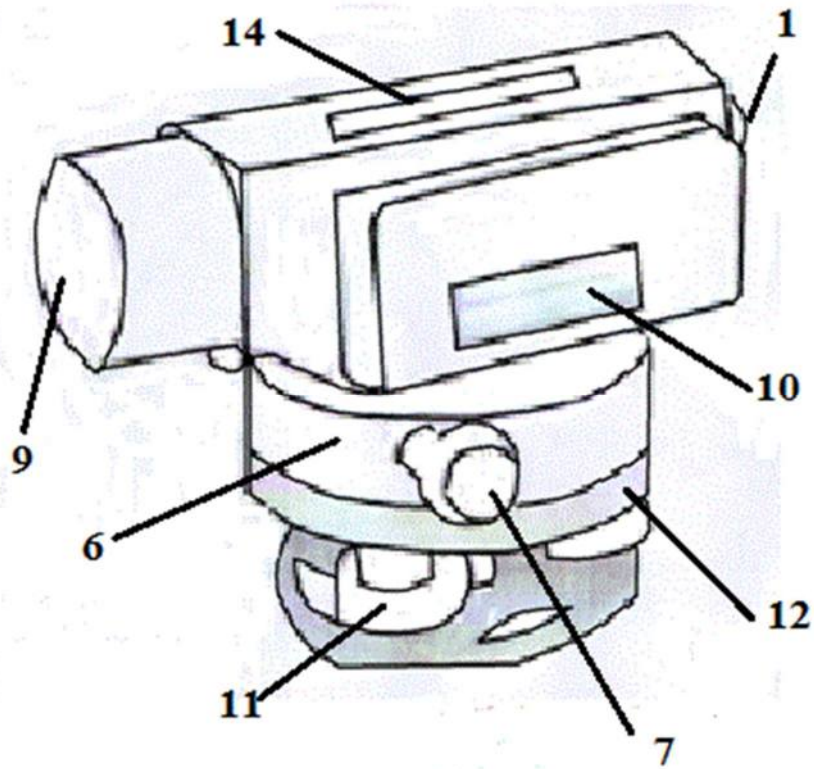
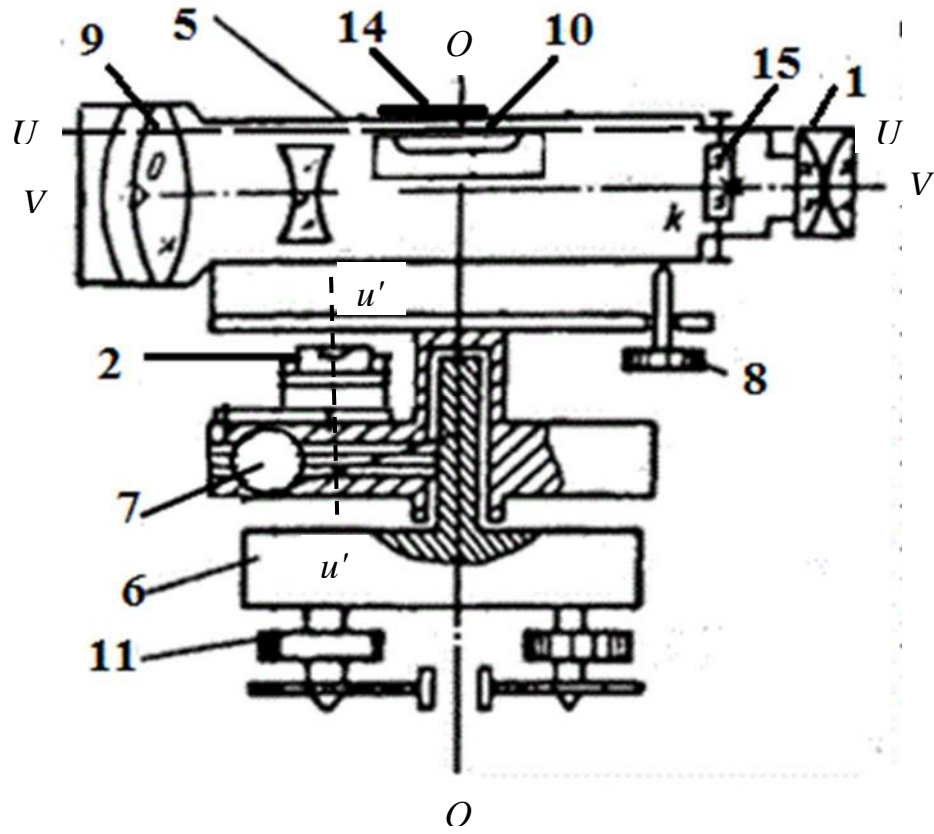
По точности все нивелиры делятся на три группы: высокоточные ($H-05$), точные ($H-3$) и технические ($H-10$). В их обозначениях H – нивелир, а цифры 05; 3 и 10 - ошибка в миллиметрах на 1 км двойного нивелирного хода.

При работе с нивелирами применяются нивелирные рейки трех типов; *РН-0.1* (для высокоточного нивелирования), *РН-3* (для точного нивелирования) и *РН-10* для технического нивелирования). Назначение реек - фиксировать вертикальные расстояния от нивелируемых точек до горизонтального визирного луча (отсчеты по рейкам).

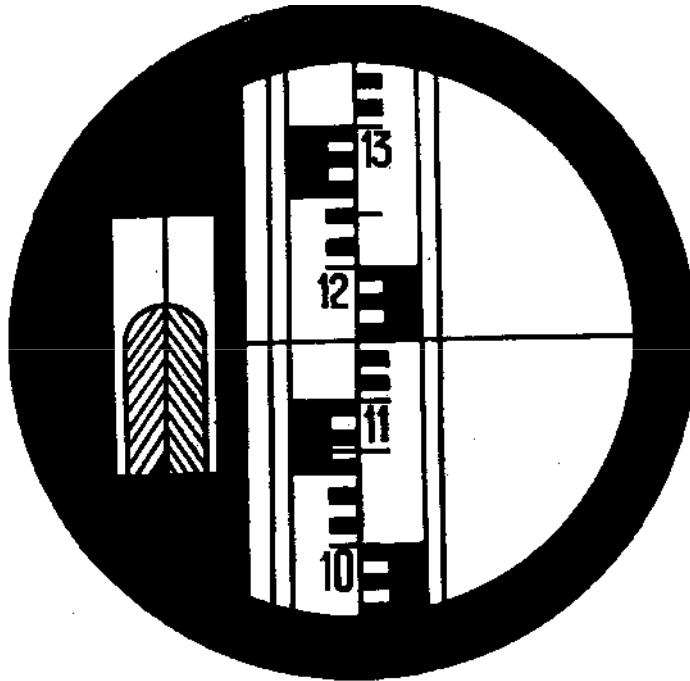
Неправильное расположение отдельных частей прибора (сетки нитей, уровней, компенсатора) может нарушить его идеальную геометрическую схему, поэтому необходимо периодически выполнять поверки нивелира.

Порядок выполнения задания 1:

- 1) Установите на штативе нивелир и закрепите его станковым винтом.
- 2) Приведите нивелир в рабочее положение. Для этого поверните зрительную трубу и расположите круглый уровень 2 между двумя любыми подъёмными винтами. Вращая эти винты в разные стороны, выведите пузырёк круглого уровня на воображаемую линию, соединяющую нуль-пункт уровня с третьим подъёмным винтом. Затем, вращая только третий подъёмный винт, выведите пузырёк в нуль-пункт. При необходимости все действия повторите. Добейтесь четкого изображения сетки нитей *mm* путем вращения окулярной трубочки 3. Теперь Ваш нивелир готов к работе.
- 3) В тетради в таблице перечислите в соответствии с рис. 11 название и назначение основных частей базовой модели нивелира *2Н-3Л*.
- 4) На схеме нивелира в тетради обозначьте цифрами основные части нивелира, укажите его оси: *OO*, *VV*, *UU*, *u'u'* (рис. 10).
OO – основная ось вращения прибора; *VV* – визирная ось зрительной трубы; *UU* – ось цилиндрического уровня; *u'u'* – ось круглого уровня.

a*б*

6



Отсчет по рейке 1,150 м. Расстояние $S=(1,236-1,064) \cdot 100=17,2$ м

Рис.10. Внешний вид (а), схема (б) и поле зрения (в) трубы нивелира с цилиндрическим уровнем



Рис. 11. Внешний вид нивелира 2Н-3Л

Таблица 4

ОСНОВНЫЕ ЧАСТИ НИВЕЛИРА 2Н-3Л

№ п/п	Название	Назначение
1	окуляр	Увеличение изображения цели
2	круглый уровень	Приведение основной оси вращения прибора в отвесное положение (при помощи подъемных винтов)
3	диоптрийное кольцо (на схеме нет)	Четкое изображение сетки нитей
4	кремальера (на схеме нет)	Четкое изображение визирной цели
5	зрительная труба	Основная часть нивелира
6	подставка	Основание прибора
7	двусторонний наводящий винт трубы	Точные перемещения в горизонтальной плоскости
8	элевационный винт	Приведение пузырька цилиндрического уровня в нуль-пункт
9	объектив	Формирование изображения визирной цели
10	цилиндрический уровень	Приведение визирного луча в строго горизонтальное положение (при помощи элевационного винта)
11	подъемный винт (три штуки)	Приведение нивелира в рабочее положение
12	лимб (на схеме нет)	Измерение горизонтальных углов
13	нониус (на рис. нет)	Отсчитывание по лимбу
14	визирная планка	Приближенное наведение на визирную цель
15	сетка нитей	Точное наведение на визирную цель и взятие отсчета по рейке

ЗАДАНИЕ 2. Выполните поверки нивелира с цилиндрическим уровнем 2Н-3Л. Запишите результат поверки и порядок юстировки.

Поверки нивелира необходимо выполнять после приведения нивелира в рабочее положение.

Порядок выполнения задания 2:

1. $u'u' \perp OO$. Ось круглого уровня должна быть параллельна основной оси вращения нивелира. Круглый уровень располагают между двумя подъемными винтами, вращая их одновременно в разные стороны, приводят пузырек круглого уровня на середину. Затем поворачивают трубу на 180° и наблюдают за перемещением пузырька.

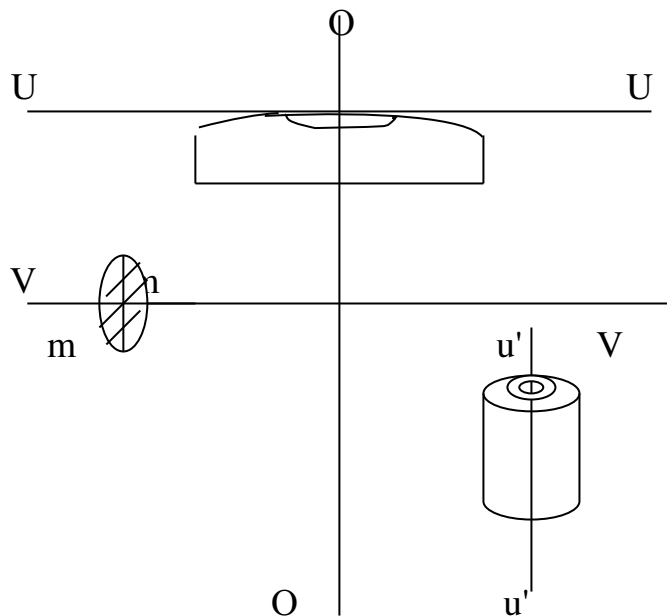


Рис. 12. Схема основных осей нивелира с цилиндрическим уровнем

Если пузырек круглого уровня остался в нуль-пункте, условие проверки выполнено, в противном случае производят юстировку. При помощи исправительных винтов круглого уровня перемещают пузырек по направлению к нуль-пункту на половину схода. Окончательно возвращают пузырек на середину подъемными винтами. После исправления поверку повторяют. В рабочей тетради запишите данные результата поверки.

Порядок юстировки (на лабораторной работе не выполняется): исправительными винтами круглого уровня пузырек смещают к нульпункту на половину схода. Окончательно возвращают его в нульпункт подъемными винтами. После исправления поверку повторяют.

2. $mm \perp OO$. Средняя горизонтальная нить сетки нитей должна быть пер-

пендикулярна оси вращения инструмента. Наводят трубу на рейку, расположенную не менее чем в 30 метрах от нивелира. Работают наводящим винтом трубы, перемещая изображение рейки сначала в правое положение поля зрения трубы, затем в левое, каждый раз при этом берут отсчет по рейке. В случае совпадения отсчетов $a_{П}$ и $a_{Л}$ условие поверки выполнено, в противном случае нужно делать юстировку.

Например, результат поверки: $a_{П}=2858$ мм, $a_{Л}=2858$ мм; отсчеты совпали; условие поверки выполнено.

Порядок юстировки: развернуть сетку нитей на величину среднего из отсчетов 2858 мм.

3. **UU ||VV**. Ось цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной оси зрительной трубы. Эта поверка считается основной поверкой нивелира. Один из способов ее выполнения – нивелирование «вперед» двух точек.

Установите нивелир на первой станции, в точке 1. Измерьте высоту инструмента i_1 , мм, возьмите отсчет по рейке во второй точке b , мм.

Установите нивелир во второй точке, приведите в рабочее положение, измерьте высоту инструмента i_2 , мм, возьмите отсчет по рейке в первой точке a , мм.

$$X = \frac{a + b}{2} - \frac{i_1 + i_2}{2}. \text{ Если } x \leq 4 \text{ мм, условие поверки выполнено.}$$

Результат поверки: I станция. $i_1 = \underline{2855}$ мм, $b = \underline{2854}$ мм.

II станция. $i_2 = \underline{2862}$ мм, $a = \underline{2864}$ мм.

$$X = \frac{2862 + 2854}{2} - \frac{2855 + 2862}{2} = 0,5 \text{ мм};$$

условие поверки выполнено.

Порядок юстировки:

1. Вычислите верный отсчет по рейке

$$a_0 = a - X = 2864 - 0,5 = \underline{2863,5} \text{ мм.}$$

2. Элевационным винтом наклоняйте зрительную трубу и установите на дальней рейке отсчет a_0 . При этом пузырек цилиндрического уровня сместится из середины.

3. Исправительным винтом цилиндрического уровня пузырек уровня возвратите на середину.

4. Повторите поверку.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение поверки геодезического прибора в соответствии с ГКИНП 17-195-99.
2. Покажите на нивелире положение каждой оси, дайте ее определение.
3. Нарисуйте схему осей нивелира и назовите условия поверок нивелира.
4. Расскажите порядок выполнения каждой поверки.
5. В каких случаях условия поверок выполняются (для каждой поверки отдельно) и как выполняется юстировка в случае невыполнения условия поверки.

ЗАДАНИЕ 3. Выполните замкнутый нивелирный ход по трем точкам. Работа выполняется в следующей последовательности:

1. Наведите по визирной планке *14* зрительную трубу на любую рейку в лаборатории. Отфокусируйте изображение рейки вращением кремальеры
4. Наводящим винтом *7* совместите перекрытие сетки нитей *15* с изображением рейки. Элевационным винтом *8* приведите пузырек цилиндриче-

скою уровня в нуль-пункт.

2. В поле зрения трубы Вы видите изображения: рейки, сетки нитей и концов половинок пузырька цилиндрического уровня 10. Возьмите отсчёты 0780, 5560 и 2313, 7091мм по черной и красной сторонам реек №1 и №2 (станция 1); по разности задних и передних отсчётов найдите два превышения -1533 и -1531 мм, которые не должны отличаться друг от друга более чем на 5 мм (если больше, то измерения повторите); запишите отсчёт в миллиметрах, соответствующий положению средней горизонтальной нити сетки 15 (рис. 10, в).

Смените высоту инструмента на 3-5 см; приведите нивелир в рабочее наложение (станция 2); возьмите отсчёты по черной и красной сторонам реек №2 и №3; вычислите превышения; вновь смените высоту инструмента на 3-5 см; приведите нивелир в рабочее положение (станция 3); возьмите отсчёты по черной и красной сторонам реек №2 и №3; вычислите превышения.

Внимание! Передняя точка предыдущей станции становится задней на следующей станции, а проложенный Вами нивелирный ход называется замкнутым (он начинается с точки 1 и ею заканчивается).

3. Определите превышение между тремя любыми точками, считая, что нивелирование производится с трёх станций способом «из середины». Все записи ведите в журнале нивелирования (табл. 5).

Внимание! Перед каждым отсчётом по рейке необходимо с помощью элевационного винта 8 привести пузырёк цилиндрического уровня 10 в нуль-пункт.

4. Обработайте результаты нивелирования. Вычислите средние превышения на каждой станции, округляя их до целых миллиметров. Произведите постраничный контроль путем сравнения полуразности сумм задних и передних отсчетов с алгебраической суммой средних превышений (они должны быть равны в пределах округлений средних превышений, т.е. ± 2 мм).

Произведите оценку точности нивелирования, сравнив полученную Вами высотную невязку, с допустимой величиной. Распределите высотную невязку f_h с обратным знаком поровну на каждое среднее превышение.

5. Вычислите абсолютные отметки точек 1, 2, 3, приняв отметку первой точки равной 10 м (20 м, 30 м ...) плюс количество метров, соответствующее Вашему номеру в списке групп (например, для двенадцатого $10+12=22,000$ м). Вычислите отметки двух других точек 2 и 3, помня, что отметка передней точки равняется алгебраической сумме отметки задней точки и среднего превышения (с учетом поправки) между этими точками.

Контролем служит получение вновь исходной отметки первой точки 1.

6. Вычислите дважды на каждой станции горизонт инструмента, прибавляя к отметке задней точки отсчёт по черной стороне рейки на этой точке и к отметке передней точки отсчёт по черной стороне рейки на этой точке.

Контролем служит получение на каждой станции двух одинаковых результатов.

Таблица 5

ЖУРНАЛ НИВЕЛИРОВАНИЯ трех точек

Дата 28.09.2020 г.Измерял Бударагина И. А.Вычислял Бударагина И. А.

:

№ станции	№№ пикетов и промежуточных точек	Отсчеты по рейке мм			Превышения, мм			Горизонт ин-струмента, м	Абсолютные отметки, м	Примечание
		зад-ние	перед-ние	проме-жу-точные	+	-	сред-нее			
	1	780						10,780	10,000	
1.		5560				1533	-1532			
	2		2313			1531		10,781	8,468	
			7091							
	2	0643				126	+1	9,111	8,468	
2.		5424				129	-128			
	3		769					9,110	8,341	
			5553							
	3	2358					+1	10,699	8,341	
3.		7147			1658		+1658			
	1		0700		1659			10,700	10,000	
			5488							

$$\sum \text{зад.} = 21912 \quad \sum \text{зад.} - \sum \text{пер.} = -1 \quad \sum h_{\text{ср.}} = -2$$

$$\sum \text{пер.} = 21914 \quad 2$$

$$\sum \text{зад.} - \sum \text{пер.} = -2$$

$$f_{\text{доп.}} = 5 \text{ мм} \cdot \sqrt{n} = \pm 8,7 \text{ мм, где } n - \text{число станций}$$

$$f_h = \sum h_{\text{ср.}} - (H_{Rp2.} - H_{Rp1.}) = -2 - 0 = -2 \text{ мм}$$

Контрольные вопросы

1. Объясните сущность и способы *геометрического* нивелирования.
2. *Классификация* нивелиров по точности и по конструкции?
3. Назначение у нивелира *круглого* и *цилиндрического* уровней?
4. *Отличие* нивелиров с цилиндрическим уровнем и компенсатором углов наклона?
5. Перечислите *название* и *назначение* основных частей нивелира
6. Классификация и характеристика нивелирных *реек*?
7. Дайте определение *осей* нивелира.
8. Как привести нивелир в *рабочее положение* и взять *отсчет* по рейке?
9. Как определяют *превышения* и *отметки* при геометрическом нивелировании?
10. Что такое *горизонт инструмента* и как он определяется с *контролем*?

ЗАДАНИЕ 4: Произвести геометрическое нивелирование трассы по панно; обработать нивелирный журнал; построить продольный профиль трассы.

На участке трассы закреплены через 100 м пикеты ПК1, ПК0. А в местах перегиба местности - плюсовые точки +30,+56,+70,+85. В начале и конце участка имеются реперы Rp1 и Rp2.

Порядок выполнения задания 4:

1. Установите нивелир перед панно и приведите его в рабочее положение. Считая, что на местности нивелирование данного участка трассы было бы выполнено с трёх станций способом «из середины», произведите нивелирование в следующей последовательности (табл. 6):

1) возьмите отсчёты по черной и красной сторонам реек на Rp1 и ПК0 (станция 1) и вычислите превышения, которые не должны различаться

между собой более чем на 5 мм;

2) смените высоту инструмента на 3-5 см. Приведите нивелир в рабочее положение; возьмите отсчеты по черной и красной сторонам реек на ПК0 и ПК1, а также отчёты только по черной стороне реек на плюсовых (промежуточных) точках (станция 2) и вычислите превышения;

3) смените высоту инструмента и приведите нивелир в рабочее положение; возьмите отсчёты по черной и красной сторонам реек на ПК1 и Rp2 (станция 3) и вычислите превышения.

2. На каждой станции найдите средние превышения, округляя их до целых миллиметров. Сделайте постраничный контроль.

3. Выпишите в нивелирный журнал абсолютные отметки реперов Rp1 и Rp2. Отметка Rp1 равна 10,000 м (20,000 м, 30,000 м ...) плюс количество метров соответствующее порядковому номеру студента в списке группы. Отметка Rp2 задается преподавателем.

4. Вычислите невязку, если она не превышает допустимой величины $f_{\text{доп.}} = 17 \text{ мм} \cdot \sqrt{n} = 34 \text{ мм}$, (где $n = 3$ - число станций), то распределите f_h с обратным знаком поровну на каждое среднее превышение.

5. Вычислите отметки связующих точек ПК0 и ПК1 по правилу; отметка передней точки равна отметке задней плюс среднее исправленное превышение между ними с учетом его знака. Помните, что отметки вычисляются в метрах, а превышения даны в миллиметрах. *Контролем* правильности вычислений этого этапа служит получение известной отметки Rp2.

6. Вычислите отметки промежуточных точек через горизонт инструмента, который равен отметке задней (передней) точки плюс отсчёт по черной шкале рейки на задней (передней) точке. Горизонт инструмента вычисляются в метрах и лишь на станции, где имеются промежуточные точки. В табл. 4 это станция 2, для которой горизонт инструмента равен 10,457 м и 10,461 м. За окончательное значение примите среднее 10,459 м. Отметка промежуточной точки равна разности среднего значения горизонта инструмента и отсчёта по рейке на этой точке.

Таблица 6

ЖУРНАЛ НИВЕЛИРОВАНИЯ ТРАССЫ

Дата 05.10.2020 г.Измерял Васин Е.А.Погода пасмурноВычислял Васин Е.А.

№ станции	№№ пикетов и промежуточных точек	Отсчеты по рейке мм			Превышения, мм			Горизонт инструмента	Абсолютные отметки, м	Примечание
		задние	передние	промежуточные	+	-	среднее			
	Rp1	0508					+4		10,000	
1.		5195				872	-872			
	ПК0		1380			871			9,132	
			6066							
	ПК0	1325						10,457	9,132	
		6012					+4			
2.	+30			0525	393		+393		9,934	
	+56			0826	393			10,459	9,633	
	+70			0907					9,552	
	+85			1676					8,783	
	ПК1		0932					10,461	9,529	
			5619							
3.	ПК1	0987					+3		9,529	
		5674				291	-292			
	Rp2		1278			293			9,240	
			5967							

$$\sum \text{зад.} = 19701 \quad \sum \text{зад.} - \sum \text{пер.} = -770,5 \quad \sum h_{\text{ср.}} = -771$$

$$\sum \text{пер.} = 21242 \quad 2$$

$$\sum \text{зад.} - \sum \text{пер.} = -1541$$

$$f_{\text{доп.}} = 17 \text{ мм} \cdot \sqrt{n} = 34 \text{ мм, где } n - \text{число станций}$$

$$f_h = \sum h_{\text{ср.}} - (H_{Rp2} - H_{Rp1}) = -771 - (9240 - 10000) = -771 + 760 = -11 \text{ мм}$$

7. Постройте профиль трассы в соответствии с образцом на рис.13. В графе «пикеты» укажите через 100 м пикеты 0 и 1, приняв горизонтальный масштаб 1:1000. В графе «расстояния» выпишите расстояния, характеризующие положение «плюсовых» точек. В графу «отметки земли» против каждого пикета и плюсовой точки выпишите их отметки с округлением до 0,01 м.

Верхней линии сетки присвойте отметку условного горизонта (в нашем примере 6,00 м). От этой линии против каждой точки проведите в масштабе 1:100 перпендикуляры высотой, равной разности между отметкой земли и отметкой условного горизонта. Концы перпендикуляров соедините.

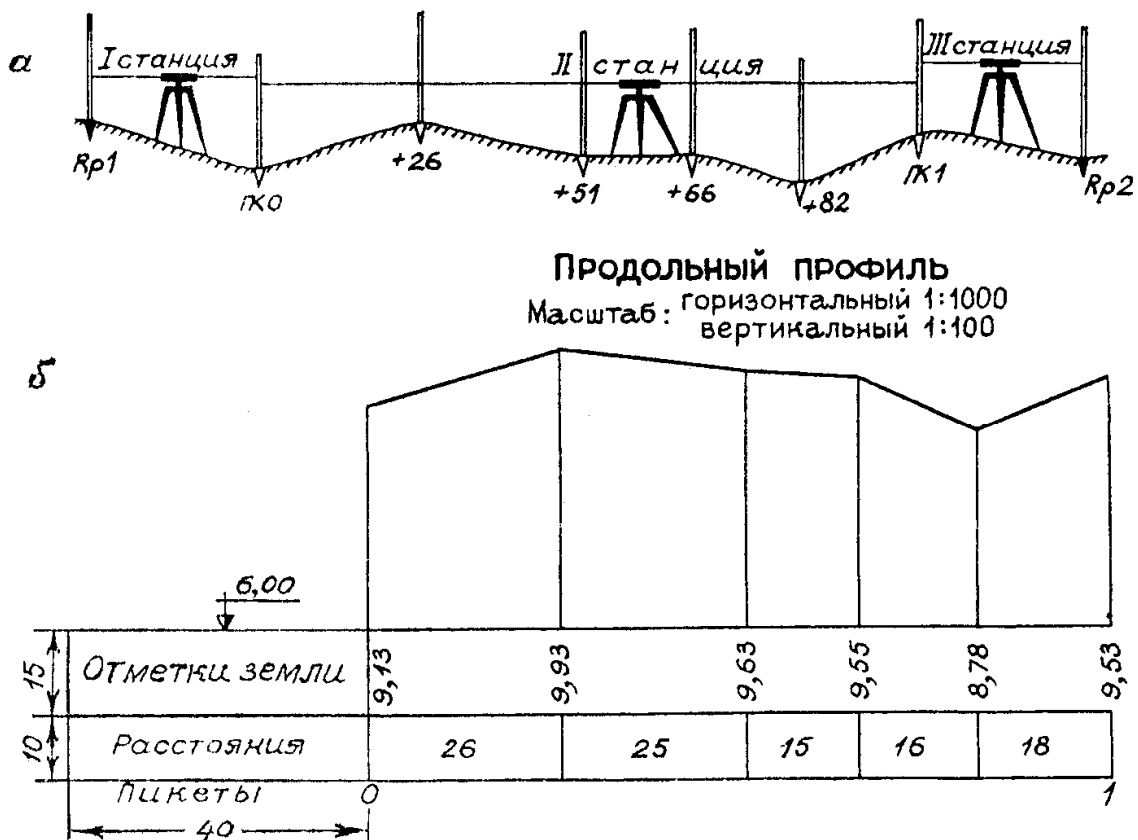


Рис. 13. Продольный профиль трассы

Контрольные вопросы

1. Объясните методику *последовательного* нивелирования.
2. Как определяется *невязка* в *замкнутом* и *разомкнутом* нивелирном ходе?
3. Как определяется *превышение* между связующими точками?
4. *Контроль* превышения на станции при *двусторонней* и *односторонней* рейке?
5. Чем *отличаемся* нивелирование связующих точек от промежуточных?
6. Объясните *разницу* между пикетами и плюсовыми точками.
7. Как и для чего производят *постраничный контроль*?
8. Как вычисляется и распределяется *невязка* разомкнутого нивелирного хода?
9. Порядок *вычисления* и *контроля* отметок связующих точек?
10. Как вычисляются отметки *промежуточных точек*?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

ТЕОДОЛИТЫ, ИХ УСТРОЙСТВО И РАБОТА С НИМИ (4 часа)

Для выполнения работы нужно иметь: один теодолит на двух студентов, штатив, отвес, угломерный журнал.

ЗАДАНИЕ 1: Изучить устройство теодолита, научиться приводить его в рабочее положение и производить отсчёты по горизонтальному и вертикальному кругам, измерить горизонтальный и вертикальный угол и оформить угломерный журнал.

Основное назначение теодолитов - измерение на местности горизонтальных и вертикальных углов. Для этого они снабжены горизонтальным и вертикальным кругами (лимбами) с градусными делениями. Любое положение зрительной трубы теодолита фиксируется на лимбе с помощью алидады путем взятия соответствующего отсчёта. В современных теодолитах лимбы изготовлены из стекла и снабжены оптическими отсчётными устройствами.

По точности все теодолиты делятся на три группы: высокоточные Т-1, точные Т2, Т5 и технические Т15, Т30. В этих обозначениях Т- теодолит, а цифры 1,2,5,15 и 30 - ошибка (в секундах) измерения угла одним приёмом.

По конструкции теодолиты подразделяются на две группы:

- 1) простые (лимб и алидада не имеют совместного вращения);
- 2) повторительные (лимб и алидада имеют как независимое, так и совместное вращение).

Во время измерений основная ось вращения теодолита OO должна быть отвесна и проходить через вершину измеряемого горизонтального угла. Её отвесность проверяется с помощью цилиндрического уровня, а центрирование прибора выполняется с помощью нитяного или оптического отвеса.

Порядок выполнения задания 1:

1. В рабочей тетради перечислите в соответствии с рис. 14 название и назначение основных частей теодолита. На схеме теодолита обозначьте цифрами основные части в соответствии с табл. 6 и укажите оси прибора; OO ,

VV, SS, UU.

2. Установите на штативе теодолит и закрепите его становым винтом. При этом закрепительные винты алидады 5 и трубы 8 должны быть ослаблены, а наводящие винты алидады 6, трубы 9 и лимба 4 установлены в среднее положение (рис. 14, *a*). Приведите теодолит в рабочее положение. Для этого он должен быть центрирован над точкой, закрепленной на полу лаборатории, а основная ось вращения *OO* приведена в отвесное положение.

Центрирование выполните с помощью нитяного отвеса, подвешиваемого на крючок станового винта, либо путем визирования зрительной трубой, установленной вертикально.

Основную ось вращения теодолита приведите в отвесное положение с помощью подъёмных винтов и цилиндрического уровня. Для этого вначале установите уровень *II* (рис. 14) по направлению двух любых подъёмных винтов *I5* и, вращая эти винты в разные стороны, выведите пузырёк в нуль-пункт. Затем поверните алидаду на 90° и, вращая только третий подъёмный винт, вновь выведите пузырёк в нуль-пункт. При необходимости все действия повторите.

Особое внимание обратите на назначение различных винтов и на недопустимость приложения усилий при их вращении.

Внимание! Теодолит *4Т30П* является четвёртой модификацией базовой модели *Т30*. Его отличительной особенностью является отсутствие закрепительного и наводящего винтов лимба. Он снабжён рукояткой, после лёгкого нажатия, на которую можно, путем её вращения, производить перестановку лимба, например, между первым и вторым полуприёмами при измерении горизонтальных углов, или установить на лимбе любой отсчёт.

3. Закрепите винт 4 лимба, ослабьте винты 2 и 8 алидады и трубы и наведите перекрестие сетки нитей на любую точку. Для этого:

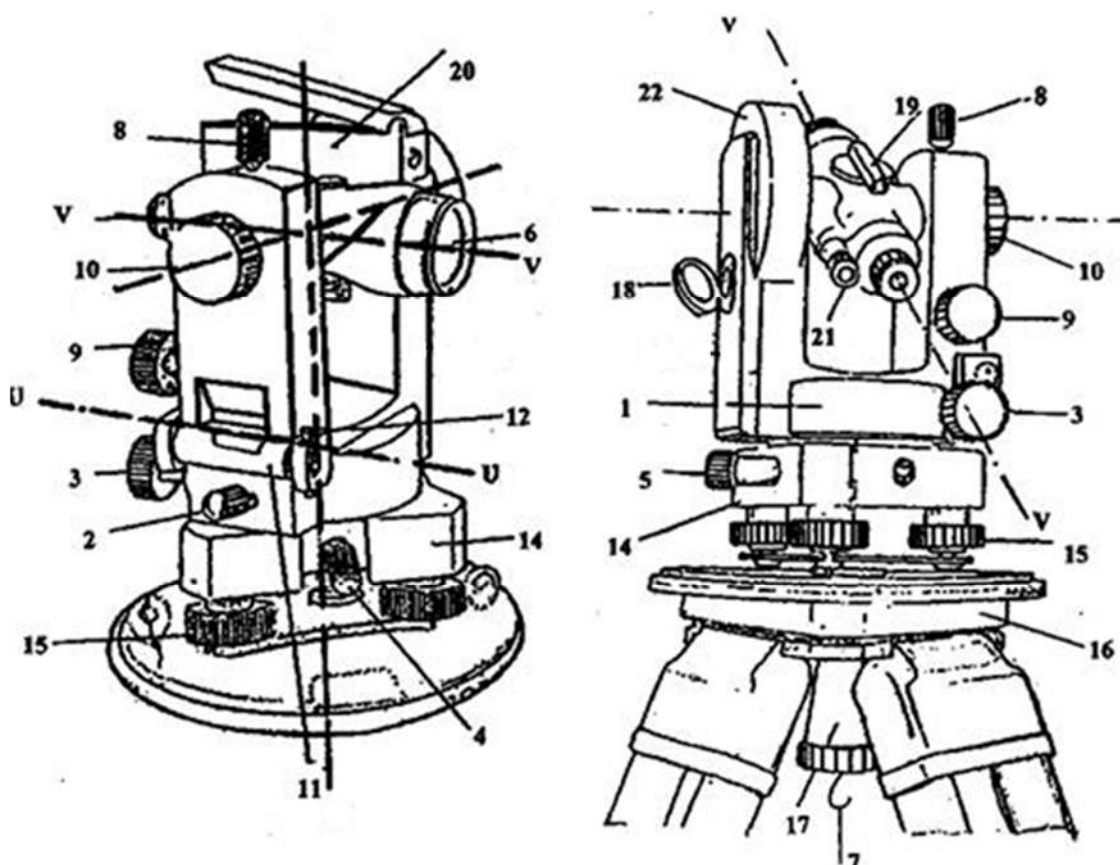
- 1) добейтесь четкого изображения сетки нитей путём вращения окулярной трубочки (эта операция выполняется один раз);
- 2) наведите трубу с помощью визирного приспособления *I9* на точ-

ку и закрепите винты 2 и 8 алидады и трубы;

- 3) отфокусируйте изображение точки вращением кремальеры 10:
- 4) В тетради запишите отсчёты по горизонтальному и вертикальному кругу, видимые в поле зрения отсчётного устройства теодолита.

У базового теодолита *T30* в качестве отсчётного приспособления служил штриховой микроскоп. В поле зрения микроскопа видны одновременно неподвижным штрих и деления вертикального *B* и горизонтального *Г* кругов. Оцифрован каждый градус от 0° до $360'$. Градусы разделены на 6 частей, значит *цена деления лимба* $10'$. Отсчет производится по штриху с точностью до 0,1 деления, то есть до $30''$.

a



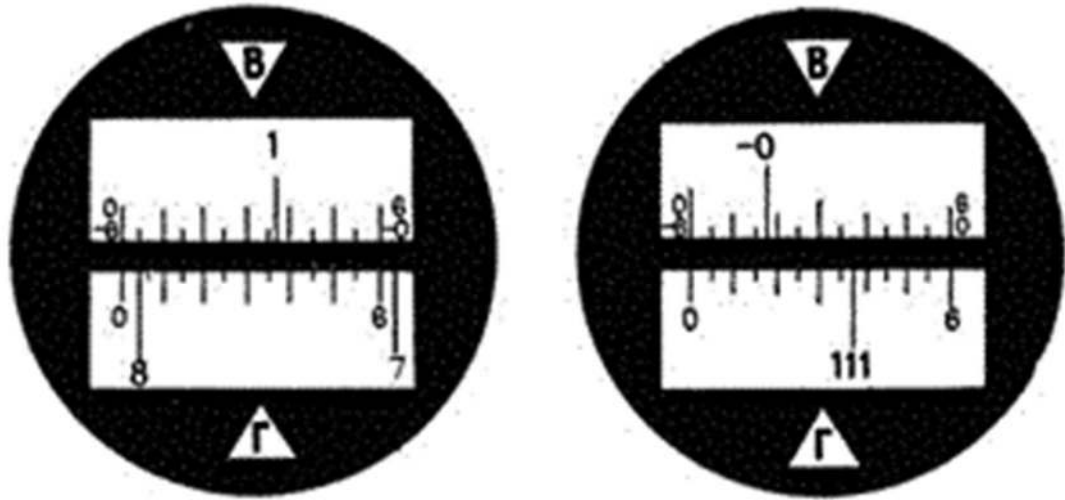
OO – основная ось вращения теодолита

VV – визирная ось зрительной трубы

SS – горизонтальная ось вращения зрительной трубы

UU – ось цилиндрического уровня

б



Отсчеты – гориз. круг $8^{\circ}04'$,
верт. круг $1^{\circ}36'$;

гориз. круг $111^{\circ}37'$, верт. круг $-0^{\circ}42,5'$.

Рис. 14. Внешний вид повторительного теодолита (а), поле зрения отсчётного микроскопа (б)

Таблица 7

ОСНОВНЫЕ ЧАСТИ ТЕОДОЛИТА 2Т30

№ п/п	Название	Назначение
1	Горизонтальный круг	Измерение горизонтальных углов
2	Закрепительный винт алидады	Закрепление алидады
3	Наводящий винт алидады	Точные перемещения зрительной трубы в горизонтальной плоскости
4	Закрепительный винт лимба	Закрепление лимба
5	Наводящий винт лимба	Точные перемещения лимба в горизонтальной плоскости
6	Объектив	Формирование изображения визирной цели
7	Крюк для отвеса	Подвешивание отвеса
8	Закрепительный винт трубы	Закрепление трубы

9	Наводящий винт трубы	Точные перемещения зрительной трубы в вертикальной плоскости
10	Кремальера	Четкое изображение визирной цели
11	Цилиндрический уровень	Приведение теодолита в рабочее положение, т.е. основной оси вращения теодолита в отвесное положение
12	Исправительные винты цилиндрического уровня	Исправление положения пузырька уровня (при выполнении юстировки)
13	Окуляр	Увеличение изображения цели
14	Подставка	Основание прибора
15	Подъемный винт (три штуки)	Приведение пузырька цилиндрического уровня в нуль-пункт
16	Головка штатива	Установка и закрепление теодолита
17	Становой винт	Закрепление теодолита на штативе
18	Зеркало подсветки	Освещение поле зрения микроскопа
19	Оптический визир	Приближенное наведение на визирную цель
20	Ориентир-буссоль	Измерение магнитного азимута
21	Окуляр микроскопа	Взятие отсчета по лимбам Г и В круга
22	Вертикальный круг	Измерение вертикальных углов
23	Сетка нитей	Точное наведение на визирную цель и взятие отсчета по рейке

5) наводящими винтами 3 и 9 алидады и трубы совместите перекрестие сетки с точкой визирования.

Внимание! Перед наведением зрительной трубы на другую точку необходимо ослабить винты 2 и 8 во избежание поломки прибора,

Теодолиты 2Т30П, 4Т30П снабжены шкаловым микроскопом (рис. 14, б), в поле зрения которого видны одновременно две неподвижных шкалы и деления вертикального В и горизонтального Г кругов. Каждая шкала длиной 60° разделена на 12 частей, поэтому цена деления шкал 5'. На горизонтальном круге нанесены и подписаны от 0° до 360° градусные деления,

на вертикальном круге также нанесены градусные деления, но применена так называемая секторная оцифровка (положительная и отрицательная). Цена деления Γ и B лимбов составляет 1° . Длина шкалы должна быть равна градусному делению лимба, в противном случае имеет место рен отсчётно-го приспособления, который исправляется в мастерской. Индексом для взятия отсчётов по Γ и B кругу служит его градусный штрих, расположенный в пределах шкалы. В нашем примере $B = +1^\circ 36'$, $\Gamma = 8^\circ 04'$. Точность отсчитывания можно повысить до $30''$, оценивая на глаз десятые части пятиминутных делений шкалы. Если бы в поле зрения микроскопа $2T30II$ был виден отрицательный градусный штрих -0° , то отсчет B был бы равен $-0^\circ 42,5'$.

Четкого изображения в поле зрения отсчётно микроскопа добиваются путем вращения трубочки $2I$ и подсветки зеркалом 18 .

4. Каждый студент измеряет один горизонтальный и один вертикальный угол с заполнением журнала измерения углов. Для этого установите теодолит на штативе в вершине измеряемого угла и приведите его в рабочее положение. Измерение горизонтального угла полным приемом выполните по следующей программе:

1) закрепите лимб и, действуя винтами $2, 3$ алидады и $8, 9$ трубы, наведите перекрестие сетки на правую точку 1 . Возьмите отсчет по горизонтальному кругу $156^\circ 47'$. Для контроля наводящим винтом 3 алидады сместите и вновь возвратите перекрестие сетки в точку 1 . Отсчитайте только минуты ($49'$) и выведите средний отсчет $156^\circ 48'$; действуя винтами $2, 3$ алидады и $8, 9$ трубы, наведите перекрестие сетки на левую точку 2 , произведите отсчёты по горизонтальному кругу, найдите среднее из отсчетов. Вычислите угол β из первого полуприёма как разность средних отсчётов на правую и левую точки.

Внимание! Перед выполнением второго полуприема поверните лимб на $2-5^\circ$ путём вращения его наводящего винта 5.

2) переведите трубу через зенит и, действуя винтами 2 и 3 алидады и 8, 9 трубы, выполните второй полуприём по аналогии с первым. Вычислите значение угла $155^\circ 36'$ из второго полуприёма. Если первый отсчёт меньше второго, то прибавьте к первому отсчету 360° .

Расхождение значений горизонтальных углов в полуприёмах не должно превышать двойной точности отсчётного устройства $2t$.

3) Второй студент измеряет горизонтальный угол между теми же точками, но начинает измерения с точки 2. В сумме полученные первым и вторым наблюдателем углы должны дать 360° .

6. Измерение вертикального угла выполните следующим образом:

1) наведите перекрестие сетки на точку 1, возьмите отсчёт по вертикальному В кругу $6^\circ 42'$. Для контроля наводящим винтом 9 трубы сместите и вновь возвратите перекрестие сетки на точку 1 и отсчитайте по В кругу только минуты ($40'$). Выведите средний отсчет;

2) переведите трубу через зенит и все действия повторите при другом положении вертикального круга. Выведите средний отсчет - $6^\circ 39'$;

3) оставив трубу наведенной на точку, вычислите место нуля $МО$ и угол наклона ϑ .

При вычислении угла наклона необходимо использовать следующие формулы:

$$МО = \frac{КЛ + КП}{2}.$$

$$\vartheta = КЛ - МО; \vartheta = МО - КП; \vartheta = \frac{КЛ - КП}{2}.$$

Внимание! По этим трём формулам Вы должны получить одно и то же значение угла наклона.

Внимание! Если значение $МО$ оказалось более $2t$, то его следует исправить (привести $МО$ к нулю). Для этого, действуя наводящим винтом 9 трубы, установите на вертикальном круге отсчёт, равный по модулю вычисленному углу наклона (ϑ нас $6^\circ 40'$). При этом перекрестие сетки сме-

стится с точки наводки. Вертикальными исправительными винтами сетки нитей возвратите её перекрестие в точку наводки.

Таблица 8

Журнал измерения угловТеодолит 4Т30П № 94386Дата 15 марта 2020г.Измерял Скачкова Ю.В.Вычислял Скачкова Ю.В.

№ станции	№, № точек визирова-	Положение вертик. кр.	Отсчеты по микроскопу			Средние отсчеты		Величина угла				Примечание
			1		2			из полу-приемов		средняя		
			°	'	'	°	'	°	'	°	'	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	1	КЛ	156	47	49	156	48	155	37			
Т	2	КЛ	1	10	12	1	11					
	1	КП	155	02	00	155	01	155	36	155	36,5	
	2	КП	359	25	25	359	25					
Контроль: $\beta_1 + \beta_2 =$												
Измерение угла наклона												
	1	КЛ	6	42	40	6	41					
Т	1	КП	-6	39	39	-6	39			6	40	

Контрольные вопросы

1. Объясните *принцип* измерения горизонтального угла.
2. Перечислите *основные части* прибора для измерения углов.
3. Дайте определение *осей* и *плоскостей* теодолита.
4. Как определить *цену деления* лимба и *точность* отсчитывания по лимбу?
5. Порядок взятия отсчетов по *штриховому* и *шкаловому*
6. микроскопам?
7. Как *классифицируются* теодолиты по точности и по конструкции?
8. Что значит привести теодолит в *рабочее положение* и как это выполняется?
9. Объясните порядок измерения горизонтальных углов способом

приёмов.

10. Что такое *угол наклона* линии местности, его измерение и вычисление?

11. Что такое *место нуля*, порядок его определения и приведения к нулю?

ЗАДАНИЕ 2: Выполнить поверки теодолита.

Соблюдение идеальной геометрической схемы теодолита проверяется периодически путем выполнения соответствующих поверок.

Необходимо выполнить четыре поверки теодолита. В тетради в табл. 7 должно быть записано условие каждой поверки, методика её выполнения, полученные результаты и порядок юстировки. При выполнении задания пользуйтесь схемой расположения осей теодолита (рис. 15).

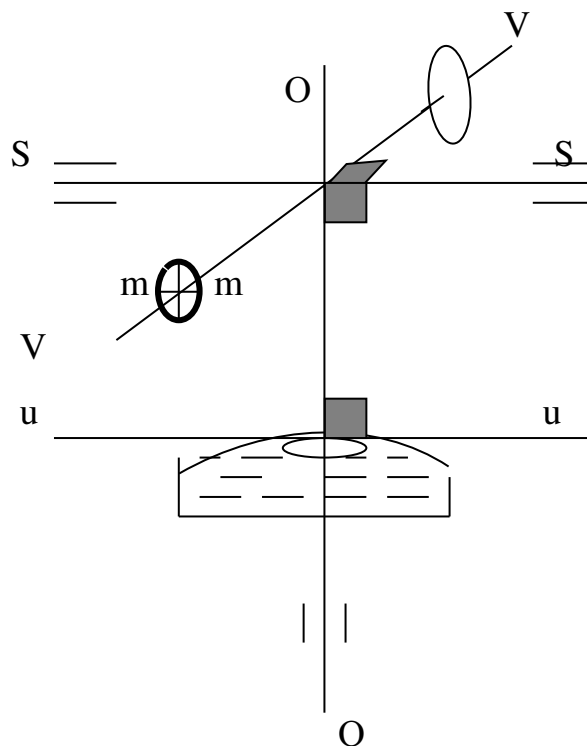


Рис. 15. Схема осей теодолита

Порядок выполнения задания 2:

Ослабив винты 5 алидады и 8 зрительной трубы, приведите основную ось OO в отвесное положение по цилиндрическому уровню и выполните поверки при закрепленном винте 3 лимба в следующей последовательности:

1. Ось цилиндрического уровня должна быть перпендикулярна основной оси вращения инструмента – $uu \perp OO$. Установите уровень по направлению двух подъемных винтов и их вращением в противоположные стороны приведите пузырек в нуль-пункт, поверните алидаду на 180° : если пузырек остался в нуль-пункте, то условие выполнено, если сместился – необходимо исправление (рис. 16).

Порядок юстировки: исправительными винтами цилиндрического уровня пузырек смещают в нуль-пункт на половину схода. Окончательно возвращают его в нуль-пункт подъемными винтами. После исправления поверку повторяют.

2. Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна оси вращения зрительной трубы – $VV \perp SS$. Иначе: зрительная труба не должна иметь коллимационной ошибки (рис. 17).

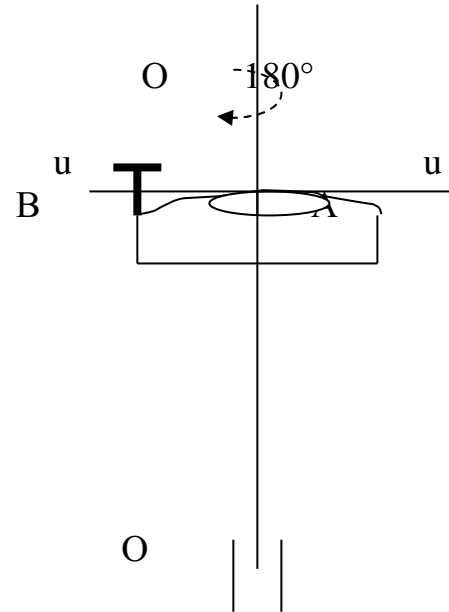
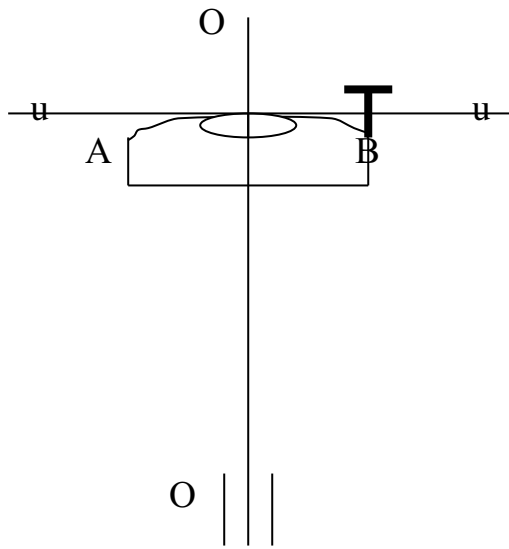
После установки теодолита в рабочее положение, визируйте, работая винтами 2, 3 алидады и 8,9 зрительной трубы, на одну и ту же удаленную точку при двух положениях вертикального круга. Возьмите отсчеты по горизонтальному кругу $KЛ$ и $KП$.

Вычислите коллимационную погрешность по формуле:

$$C = \frac{KЛ - (KП \pm 180^\circ)}{2}.$$

Выполните повторное измерение коллимационной погрешности, выполнив те же действия при визировании на другую точку. Вычислите коллимационную погрешность второй раз.

а) Условие выполнено



б) Условие не выполнено

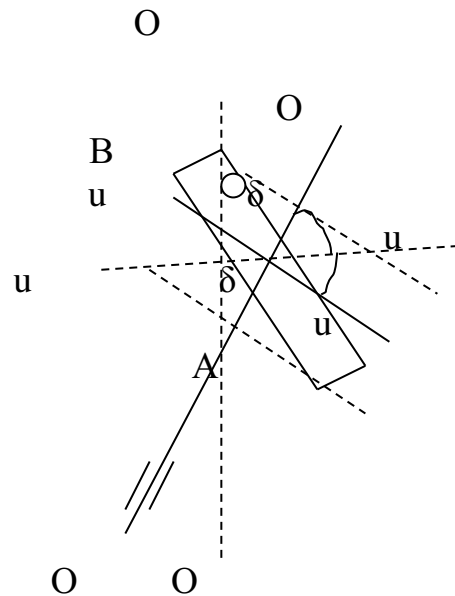
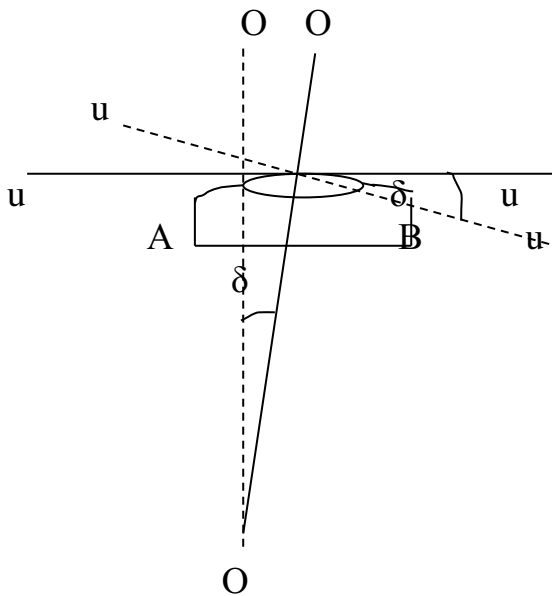


Рис. 16. Первая поверка теодолита

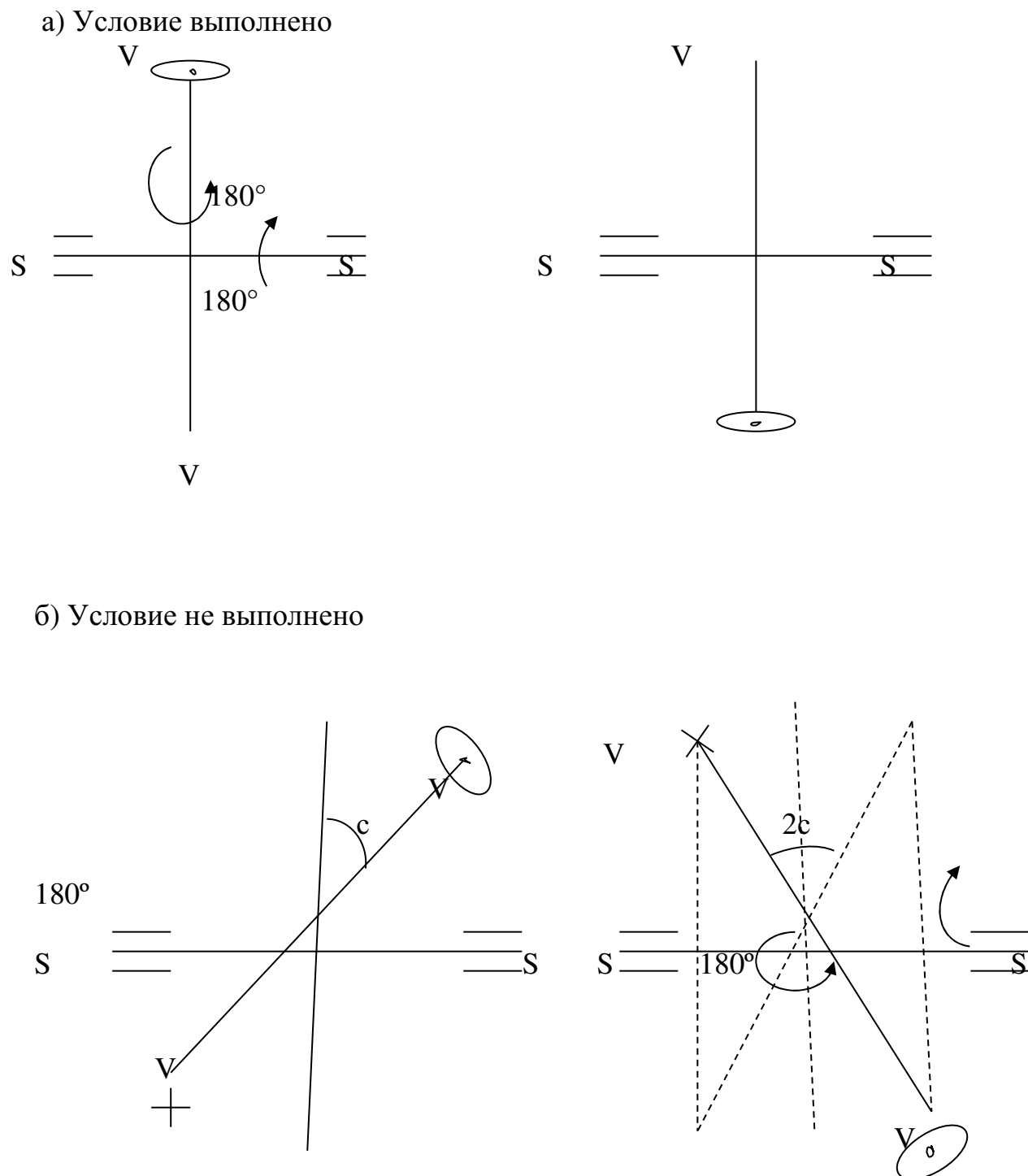


Рис. 17. Проверка коллимационной ошибки

Значение коллимационной погрешности должно быть постоянным, колебание её величины в процессе производства работ не должно превышать $2t=1'$ (для теодолитов серии Т30). Если $C > 2t$, производят юстировку.

Порядок юстировки: вычисляют правильный отсчет $\alpha=(КП\pm 180^\circ)+C$

или КЛ-С. Устанавливают его на лимбе горизонтального круга наводящим винтом алидады. Возвращают перекрестие сетки нитей на точку наведения боковыми исправительными винтами сетки нитей. После исправления по-верку повторяют.

3. Горизонтальная ось вращения зрительной трубы должна быть перпендикулярна основной оси вращения прибора $SS \perp OO$.

Проверку выполните проектированием высокорасположенной точки (А, расположенной под углом не менее 15° к горизонту) вниз при двух положениях вертикального круга. a' – проекция А при КП; a'' – проекция А при КЛ (рис.18).

Наведите перекрестие сетки нитей на точку, работая винтами 2, 3 алидады и 8, 9 зрительной трубы. Открепите винт 8 зрительной трубы, опустите трубу в горизонтальное положение, фиксируйте карандашом проекцию a' при КП, затем a'' при КЛ.

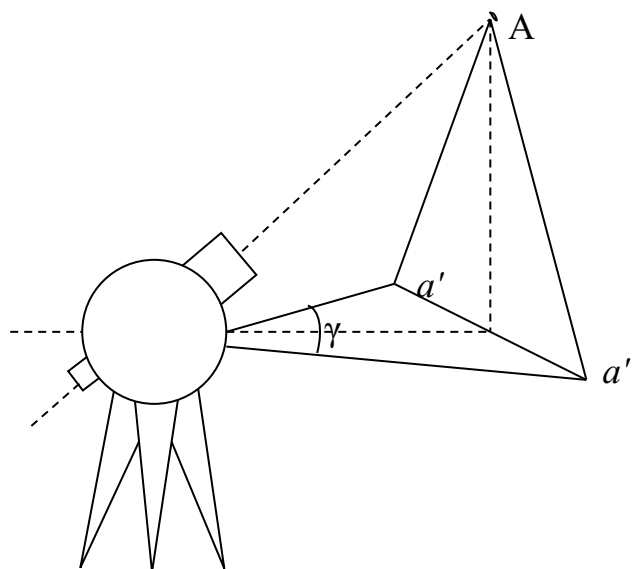


Рис. 18. Третья проверка теодолита

Если проекции точки А совпали или отличаются не более, чем на 0,5 ширины биссектора, условие проверки выполнено. В противном случае производится юстировка в мастерской.

4. Вертикальная нить сетки должна быть вертикальна (горизонтальная горизонтальна) или горизонтальная нить сетки должна быть перпендикуляр-

на основной оси вращения прибора – $mm \perp OO$. Наведите на точку перекрестие сетки нитей винтами алидады и трубы и, работая наводящим винтом алидады 3, следите за перемещением сетки нитей по точке наводки. Если средняя нить сетки перемещается по точке наведения, условие поверки выполнено. Нить сходит с точки наведения – условие поверки не выполнено, производится юстировка.

Порядок юстировки: необходимо ослабить стопорные винты сетки нитей и развернуть ее. Зажать стопорные винты.

Контрольные вопросы

1. Что называется *основной осью* OO теодолита?
2. Как приводится в *отвесное положение* основная ось OO теодолита?
3. Почему *ось цилиндрического уровня* mm должна быть перпендикулярна основной оси OO теодолита? Как это проверяется и исправляется?
4. Что такое *коллимационной ошибка* C , её определение и устранение?
5. Почему *ось вращения трубы* SS должна быть перпендикулярна основной оси OO теодолита? Как это проверяется и исправляется?
6. Как проверить и исправить положение *сетки нитей* относительно основной оси OO теодолита?
7. Какие части теодолита и зачем имеют *исправительные* винты?
8. Что значит «*выполнить поверки*» теодолита?
9. Назовите *плоскости* теодолита и поясните их взаимное положение.
10. Перечислите название и назначение *винтов* теодолита.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

ТАХЕОМЕТРИЧЕСКАЯ СЪЕМКА МОДЕЛИ МЕСТНОСТИ (4 часа)

Для выполнения работы нужно иметь: один теодолит на двух студентов, штатив, журнал тахеометрической съемки, микрокалькулятор или тахеометрические таблицы, транспортёр, чертежные принадлежности

ЗАДАНИЕ 1: Произвести тахеометрическую съёмку участка местности, начертить абрис съёмки.

Полевые работы выполняются вдвоем, камеральные — индивидуально.

Порядок выполнения задания 1:

1. Установите теодолит перед панно и приведите в рабочее положение (центрируйте, горизонтируйте, ориентируйте);

Первые две операции Вам знакомы. Для ориентирования лимба закрепите его винт 3 и, вращая алидаду, установите на Г круге от руки отсчёт примерно равный $0^{\circ}00'$. Закрепите алидаду и вращением её наводящего винта 3, добейтесь того, чтобы отсчет по горизонтальному кругу был точно равен $0^{\circ}00'$.

Затем, открепив Г лимб, наведите перекрестие сетки на ориентирный пункт (пирамиду) на панно и лимб закрепите. Точное наведение осуществите наводящим винтом лимба 5. Проверьте отсчет по горизонтальному кругу, который должен остаться равным $0^{\circ}00'$.

Внимание! В дальнейшем все наведения на речные точки осуществляются при закрепленном Г лимбе.

2. Измерьте с точностью до сантиметра высоту i инструмента и запишите её в журнал (табл. 8).

Распределите обязанности между членами бригады. Один работает у инструмента, другой ведёт записи в тахеометрическом журнале (табл. 8) и составляет абрис тахеометрической съёмки. В процессе работы обязанности исполнителей меняются.

3. Съёмку каждой речной точки выполните в следующей последователь-

ности:

1) Наведите «от руки» зрительную трубу на рейку так, чтобы средняя горизонтальная нить сетки расположилась в районе отсчёта по рейке, приблизительно равную высоте инструмента i . Закрепите алидаду и трубу. Наводящим винтом алидады совместите вертикальную нить сетки с рейкой.

2) Наводящим винтом трубы совместите одну из дальномерных нитей сетки с ближайшим дециметровым делением рейки. По другой дальномерной нити определите количество сантиметровых делений, заключенных между этими нитями. Полученный результат, соответствующий дальномерному расстоянию от теодолита до рейки, запишите в журнал (графы 1 и 2).

В графе 10 журнала «Примечание» обязательно должна быть указана характеристика речной точки (вершина, перегиб ската, подошва т. п.).

3) Наводящим винтом зрительной трубы совместите среднюю горизонтальную нить сетки с отсчетом на рейке, равным высоте инструмента или другим отсчетом V , отметив его в графе 3.

4) Возьмите отсчёты по горизонтальному Γ и вертикальному B кругам и запишите их в графы 4 и 5 журнала.

5) В такой последовательности выполните съёмку всех речных точек. Обязательно параллельно со съёмкой составляйте абрис, то есть примерную схему расположения речных точек (рис. 18, а). На абрисе указывайте номера точек, направления однородных (без перегиба) скатов и несколькими горизонталями отразите генеральную форму рельефа.

6) Окончив съёмку всех речных точек, проверьте ориентировку Γ лимба теодолита. Для этого наведите перекрестие сетки на ориентирный пункт (пирамиду) и запишите в журнале отсчёт по горизонтальному кругу.

7) Если он не равен $0^{\circ}00'$ то ориентировка лимба была нарушена в процессе работы, причём неизвестно в какой момент. В этом случае необходимо заново ориентировать теодолит и проверить отсчеты по горизонтальному кругу на все речные точки.

Журнал тахеометрической съемки с заполненными графами 1—5, 10 и абрис должны быть у каждого студента.

ЗАДАНИЕ 2: Обработать журнал тахеометрической съемки; построить план тахеометрической съёмки.

Камеральную обработку результатов тахеометрической съемки произведите в следующей последовательности:

1) Возьмите из журнала измерения углов (табл. 7) значение места нуля $МО$ и запишите его в журнал тахеометрической съёмки. Вычислите углы наклона по формуле $v = KL - MO$ и запишите их в графу 6 с обязательным указанием знака.

2) Пользуясь микрокалькулятором, определите по значениям D (графа 2) и v горизонтальные проложения d (графа 7) от теодолита до каждой речной точки и превышения h (графа 8) речных точек над точкой стояния теодолита: $h^T = d \cdot tg\vartheta$. Эти величины могут быть найдены и по тахеометрическим таблицам. Обязательно указывайте знак превышения, который соответствует знаку угла наклона.

3) Примите отметку точки стояния теодолита $H_{ст}$ равной 10,00 м (20,00 м, 30,00 м...) плюс количество метров, равное порядковому номеру студента в списке группы. Вычислите с точностью до 0,01 м отметки речных точек H_i (графа 11) по формуле: $H_i = H_{ст.} + h_i$, $h = h^T + i - V$. На этом обработка журнала тахеометрической съемки заканчивается. При его оформлении графы 1, 2, 3, 4, 5 и 12 оставьте в карандаше, а графы 6-11 оформите ручкой.

Съемку производил Петров С. Вычислял Петров С. Дата 20.03.20

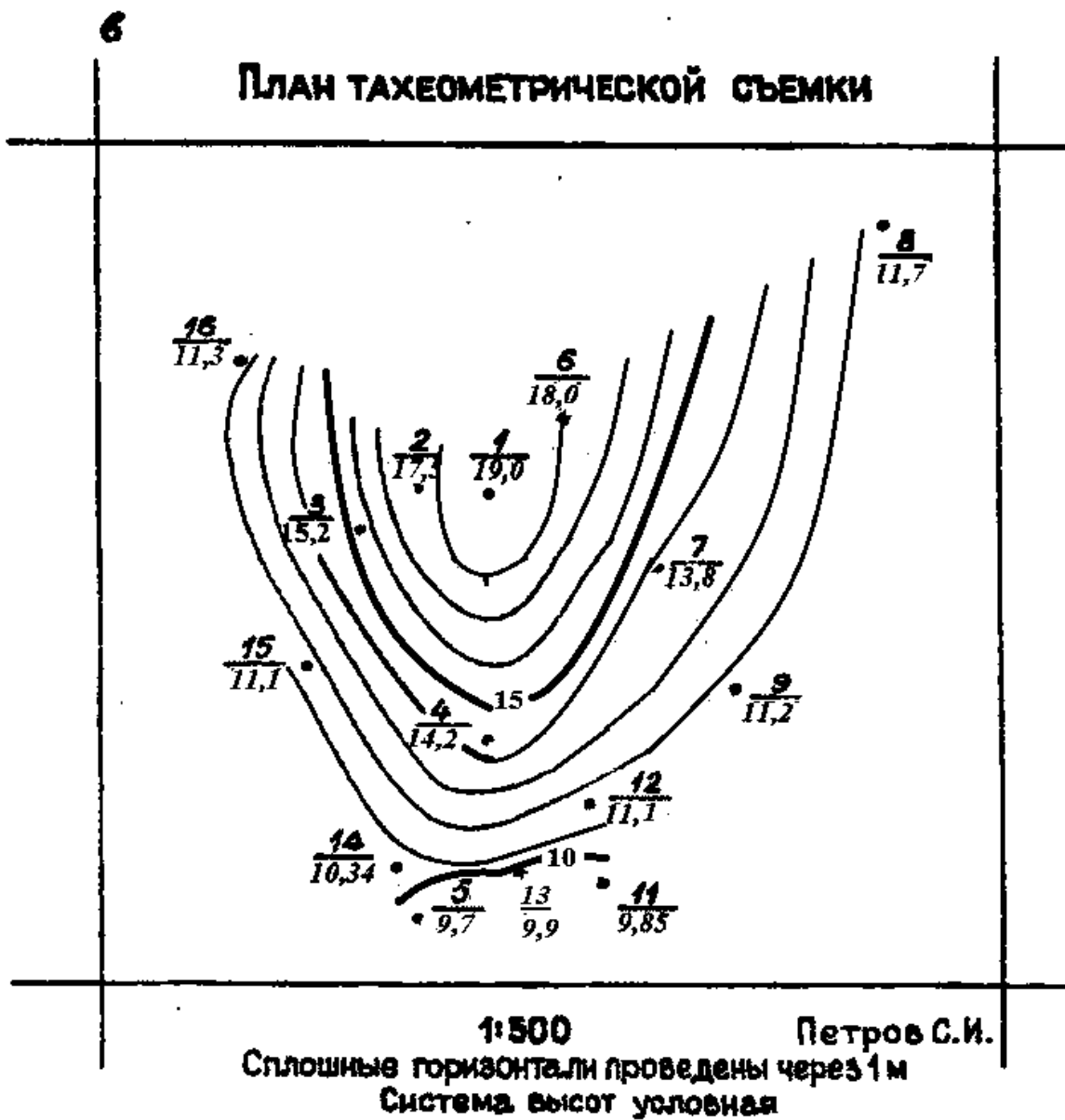
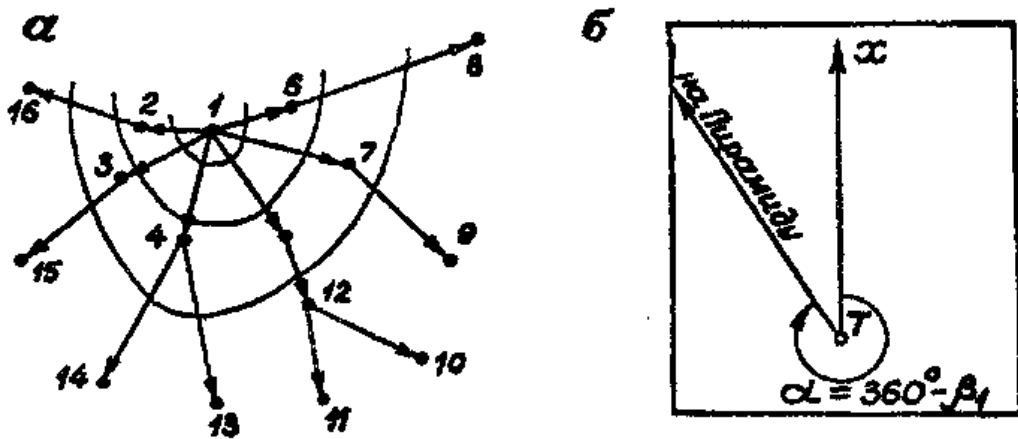


Рис. 19. Абрис (а), схема ориентирования (б) и план тахеометрической съемки (в)

4) На листе формата А4 наметьте точку стояния теодолита Т (рис. 19, б). Проведите из неё ориентирное направление на пирамиду под дирекционным углом $\alpha = 360^\circ - \beta_1$ к условной оси x . Здесь β_1 , отсчёт по горизонтальному кругу на точку 1 (у нас $38^\circ 38'$).

Отложите по транспортиру от ориентирного направления горизонтальные углы (графа 4). По соответствующим направлениям отложите горизонтальные проложения в масштабе 1:500 (графа 7). Таким образом, способом полярных координат нанесите все речные точки на план. Подпишите их номера и отметки с округлением до 0,1 м. При густом расположении речных точек их номера можно не указывать.

Приняв высоту сечения рельефа 1 м, проинтерполируйте в соответствии с абрисом отметки точек, проведите горизонтали, утолстите горизонтали кратные пяти метрам и подпишите их отметки. Отметки речных точек подпишите курсивом, отметки утолщенных горизонталей - прямым шрифтом. Высота указанных подписей 2,5 мм. Толщина основных горизонталей 0,15 мм, а утолщенных - 0,25 мм. Оформите в карандаше план в соответствии с рис. 19.

Контрольные вопросы

1. В чем сущность *тахеометрической* съемки и как приводится теодолит в *рабочее положение* для её выполнения?
2. Что такое *речные точки*, где они выбираются и какие измерения производят для определения их *планового* положения?
3. Какие измерения необходимо произвести для определения *превышения* речной точки над точкой стояния теодолита?
4. Для чего *ориентируют* Г лимб теодолита на станции, и как осуществляется *контроль* ориентирования?
5. Что такое *абрис* тахеометрической съемки, *как* и *когда* он составляется?

6. С какой целью визируют на *высоту инструмента* до взятия отсчёта по вертикальному кругу?
7. По каким *формулам* вычисляют углы наклона, и на что влияет *их знак*?
8. Как вычисляют горизонтальное *проложение* и *превышение* между речной точкой и станцией?
9. Объясните формулу для вычисления *отметок* речных точек.
10. Порядок построения и оформления плана тахеометрической съёмки?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6
РАБОТА С АЭРОФОТОСНИМКАМИ (2 часа)

ЗАДАНИЕ: научиться работать с аэрофотоснимками.

Для выполнения работы необходимо иметь: стереопару снимков, стереоскоп и топографическую карту на двух студентов.

1. Определите масштаб снимка:

$$\frac{1}{N} = \frac{ав}{AB \cdot M} = \frac{11}{137500} = \frac{1}{12500},$$

где ав – расстояние между двумя точками на снимке, АВ – расстояние между этими же точками на карте; М – знаменатель масштаба карты.

2. Вычислите продольное перекрытие снимков:

$$l = 18 \text{ см},$$

$$l_{\text{пер.}} = 12,8 \text{ см},$$

$$P = \frac{l_{\text{пер.}}}{l} \cdot 100\% = 71 \%.$$

3. Вычислите базис воздушного фотографирования:

$b = 65$ мм, расстояние между главными точками снимков;

N - знаменатель масштаба снимка.

$$B = b \cdot N = 0,065 \cdot 12500 = 812,5 \text{ м}.$$

4. Вычислите высоту фотографирования H :

$$K = \frac{N}{M} = \frac{12500}{25000} = 0,5, \text{ где } K - \text{коэффициент увеличения снимка; } N$$

- знаменатель масштаба снимка; M - знаменатель масштаба карты.

$$H = N \cdot f_{\text{к}} = K \cdot M \cdot f_{\text{к}} = 0,5 \cdot 12500 \cdot 0,15 = 937,5 \text{ м, где}$$

$f_{\text{к}} = 0,15$ м, фокусное расстояние объектива аэрофотоаппарата;

N - знаменатель масштаба снимка.



5. Выполните дешифрирование аэрофотоснимков: при помощи стереоскопа получите стереоскопическое изображение местности, распознайте имеющуюся ситуацию и контуры на снимках, зарисуйте их в тетради и оформите чертеж условными знаками (рис. 20).

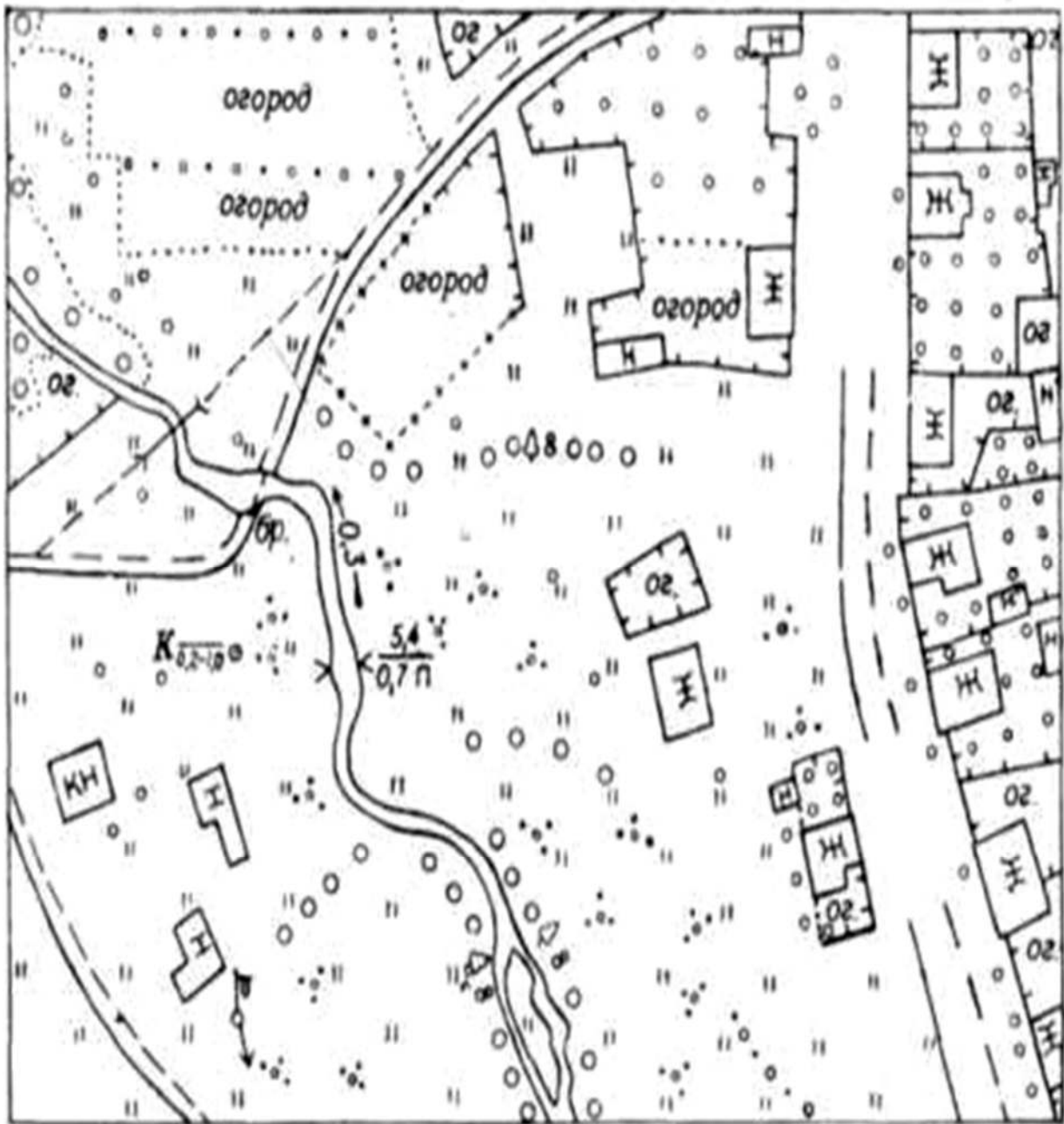

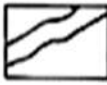


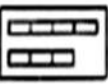
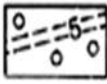
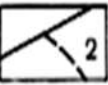
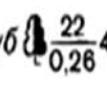
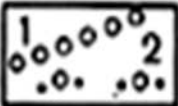
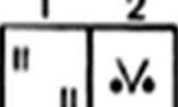
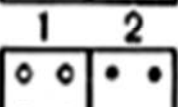
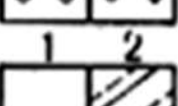


Рис. 20. Дешифрирование аэрофотоснимков

Условные обозначения:

	Постройки жилые огнестойкие (1), жилые неогнестойкие (2), нежилые неогнестойкие (3)		Речи, изображаемые в масштабе карты
	Водонапорная башня		Речки, шириной до 3 м, броды
	Парники		Леса, просеки (5-ширина в м)
	Дороги грунтовые (1), полевые (2)		Характеристика древостоя (в м: 22-высота; 0,26-толщина; 4-расстояние между деревьями)

	Узкие полосы леса (1), кустарников (2)
	Луговая травянистая растительность (1), газоны (2)
	Сады фруктовые (1), ягодные (2)
	Пашни (1), огороды (2)

Контрольные вопросы

1. В чем отличие перспективных и плановых снимков?
2. Дайте определение стереопары.
3. Что называется масштабом снимка? Как он определяется?
4. Дайте определение продольного перекрытия снимков, расскажите порядок его вычисления.
5. Как найти главные точки на снимке?
6. Что называется базисом воздушного фотографирования?
7. Как в полете обеспечивается продольное перекрытие снимков не менее 60%?
8. По какой формуле вычисляют высоту фотографирования?
9. Что значит выполнить дешифрирование снимков?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙОБРАБОТКА РЯДА РАВНОТОЧНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ (2 часа)

ЗАДАНИЕ: выполнить оценку точности ряда равноточных измерений по вероятнейшим ошибкам; выполнить оценку точности функций измеренных величин. Для выполнения работы нужно иметь: микрокалькулятор.

Пусть одна и та же величина (угол, расстояние и др.) измерена n раз. Результаты измерений считаются равноточными, если они выполнены в одинаковых условиях, инструментами одинаковой точности, наблюдателями одинаковой квалификации. Обработка такого ряда равноточных измерений предусматривает вычисление:

- 1) вероятнейшего значения измеряемой величины,
- 2) средней квадратической ошибки m отдельного измерения,
- 3) средней квадратической ошибки M вероятнейшего значения.

За вероятнейшее значение из ряда равноточных измерений одной и той же величины принимается среднее арифметическое из результатов измерений, а в случае неравноточных измерений – весовое среднее.

Отклонения результатов измерений от вероятнейшего значения называются вероятнейшими ошибками, пользуясь которыми производят оценку точности.

Для оценки точности результата, который является функцией независимо измеренных величин, например, $z = f(x, y, \dots, t)$ пользуются формулой :

$$m_z^2 = \left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 m_x^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2 m_y^2 + \dots + \left(\frac{\partial f}{\partial t}\right)^2 m_t^2 ,$$

где m_z – средняя квадратическая ошибка результата, а выражения в скобках представляют собой частные производные по каждой переменной, средние квадратические ошибки которых равны m_x, m_y, \dots, m_t .

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ РЯДА РАВНОТОЧНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ПО
ВЕРОЯТНЕЙШИМ ОШИБКАМ

Дата: 29.11.19Вычислял: Петров М.П.

№ п/п	Результаты измерений l_i	Вероятнейшие ошибки $\delta_i = l_i - L, \text{ м}$	$\delta^2, \text{ м}^2$	Решение
1	2	3	4	5
1	318,19	+0,015	0,0002	$m = \sqrt{\frac{[\delta^2]}{n-1}} = 0,03$
2	318,18	0,005	0,0000	
3	318,14	-0,035	0,0012	$M = \frac{m}{\sqrt{n}} = 0,01\text{м}$
4	318,15	-0,025	0,0006	
5	318,21	+0,035	0,0012	$\frac{1}{N} = \frac{M}{L} = \frac{1}{32000}$
6	318,18	0,005	0,0000	

$$L = 318,00 + \frac{[\Delta l]}{n} = 318,175; [\delta] = 0,00; [\delta^2] = 0,0032 \text{ м}^2$$

Порядок выполнения задания:

1. Выпишите в ведомость (табл. 10) результаты l_i измерений длины линии (графа 2). При записи первых трёх результатов измените значения сантиметров, прибавив к ним свой порядковый номер (так, для двенадцатого следует записать 318,31; 318,30; 318,26).

2. Вычислите средние квадратические ошибки четырёх простейших функций измеренных величин (табл. 10).

ВЫЧИСЛЕНИЕ СРЕДНИХ КВАДРАТИЧЕСКИХ ОШИБОК
ФУНКЦИЙ ИЗМЕРЕННЫХ ВЕЛИЧИН

№№п/п	Условие задачи	Решение
1	$l = l_1 - l_2$ $l_1 = 89,17 \text{ м}$ $m_1 = 0,09 \text{ м}$ $l_2 = 34,52 \text{ м}$ $m_2 = 0,17 \text{ м}$	$m_l =$ $\sqrt{m_1^2 + m_2^2} = \sqrt{0,0081 + 0,0196} =$ $0,17 \text{ м}$ $l = 54,65 \text{ м}$ $\frac{1}{N} = \frac{m_l}{l} = \frac{0,17}{54,65} = \frac{1}{300}$
2	$d = kn$ $k=100$ $n= 59 \text{ см}$ $m_n=0,2 \text{ см}$	$m_d=km_n=100 \cdot 0,2=20 \text{ см}$ $d=100 \cdot 59=5900 \text{ см}$ $\frac{1}{N} = \frac{m_d}{d} = \frac{20}{5900} = \frac{1}{300}$
3	$F=ab$ $a=109 \text{ м}$ $m_a=0,5$ $b= 209 \text{ м}$ $m_b=1,0 \text{ м}$	$m_F = \sqrt{(bm_a)^2 + (am_b)^2}$ $= \sqrt{(209 \cdot 0,5)^2 + 109^2}$ $= 151,0 \text{ м}^2$ $F=109 \cdot 209=22781 \text{ м}^2$ $\frac{1}{N} = \frac{m_F}{F} = \frac{151}{22781} = \frac{1}{150}$
4	$i=h/d$ $h=5 \text{ м}$ $m_h=0,1 \text{ м}$ $d=100 \text{ м}$ $m_d=1,0 \text{ м}$	$i = \frac{5}{100} = 0,050$ $m_i = \frac{1}{d} \cdot \sqrt{m_h^2 + \left(\frac{hm_d}{d}\right)^2}$ $= \frac{1}{100} \sqrt{0,1^2 + \left(\frac{5 \cdot 1,18}{100}\right)^2} = 0,0011$

ЗАДАЧА 1. Длина линии $N1 = l$ найдена как разность длин $MN = l_1 = 89,17$ м и $M1 = l_2 = 34,52$ м (см. рис. 13). Линия l_1 измерена с ошибкой $m_1 = 0,09$ м, а l_2 с ошибкой $m_2 = 0,05$ м плюс количество см, равное Вашему порядковому номеру (например, для двенадцатого $m_2 = 0,17$ м). Найдите среднюю квадратическую m_l и относительную m_l/l ошибки.

ЗАДАЧА 2. Расстояние d измерено нитяным дальномером с коэффициентом $k = 100$. Определите среднюю квадратическую m_d и относительную m_d/d ошибки, если количество сантиметровых делений n между дальномерными нитями равно 50 плюс Ваш порядковый номер, а ошибка m_n их определения равна 0,2 см.

ЗАДАЧА 3. Строительная площадка имеет в плане форму прямоугольника со сторонами $a = 100$ м и $b = 200$ м (к значениям a и b прибавьте Ваш порядковый номер). Вычислите среднюю квадратическую m_F и относительную m_F/F ошибки площади, если стороны измерены с ошибками $m_a = 0,5$ м, $m_b = 1,0$ м.

ЗАДАЧА 4. Вычислите уклон i и его среднюю квадратическую ошибку m_i , если превышение $h = 5$ м измерено с ошибкой $m_h = 0,1$ м, а горизонтальное проложение между точками $d = 100$ м с ошибкой $m_d = 1,0$ м плюс количество сантиметров, равное Вашему порядковому номеру.

Контрольные вопросы

1. Какие измерения называют равноточными?
2. Назовите виды ошибок геодезических измерений, дайте их характеристику.
3. Перечислите свойства случайных ошибок.
4. По какой формуле вычисляют вероятнейшие ошибки?
5. Какую величину называют вероятнейшим значением ряда измерений одной величины?
6. Какие ошибки, и по каким формулам вычисляют при оценке точности по вероятнейшим ошибкам?
7. Напишите и объясните формулу средней квадратической погрешности функции общего вида.
8. Напишите и объясните формулы средней квадратической ошибки функции суммы (разности) величин; функции произведения; функции произведения постоянного числа на аргумент; функции частного.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8
ПОДГОТОВКА РАЗБИВОЧНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ПЕРЕНОСА
ПРОЕКТА СООРУЖЕНИЯ В НАТУРУ (2 часа)

Для выполнения работы нужно иметь; чертежные принадлежности, микрокалькулятор.

ЗАДАНИЕ: Построить фрагмент плана, определить координаты проектной точки А, решить обратные геодезические задачи; произвести расчёт разбивочных данных и оформить схемы для разбивки проектной точки А.

Разбивочные данные это угловые и линейные величины, которые необходимо отложить на местности, чтобы закрепить точки и оси сооружения. Эти данные могут быть получены графическим, аналитическим или графоаналитическим способами. При графическом способе углы и длины линий измеряют непосредственно на плане. Аналитический способ применим тогда, когда координаты проектных точек известны, а разбивочные данные получают путем аналитических расчетов. Графоаналитический способ заключается в том, что координаты проектных точек определяют графически с плана, а угловые и линейные величины получают путем аналитических расчётов,

В результате подготовки разбивочных данных составляют разбивочные схемы, на которых указывают пункты геодезического обоснования, значения длин линий и углов, необходимых для обозначения на местности точек и осей строящегося сооружения.

Порядок выполнения задания.

1. Выберите из табл. 12 по заданному преподавателем блоку вариантов значения a , b , c и e , прибавляя к a и c свой порядковый номер (например, для двенадцатого и блоке А: $a = 6,62$ см, $b = 3,32$ см, $c = 3,12$ см, $e = 7,20$ см).

2. Подпишите координаты линий координатной сетки в соответствии с заданными координатами геодезических пунктов М и N. Эти пункты нанесите на план масштаба 1:1000, обозначьте на нем проектную точку А-

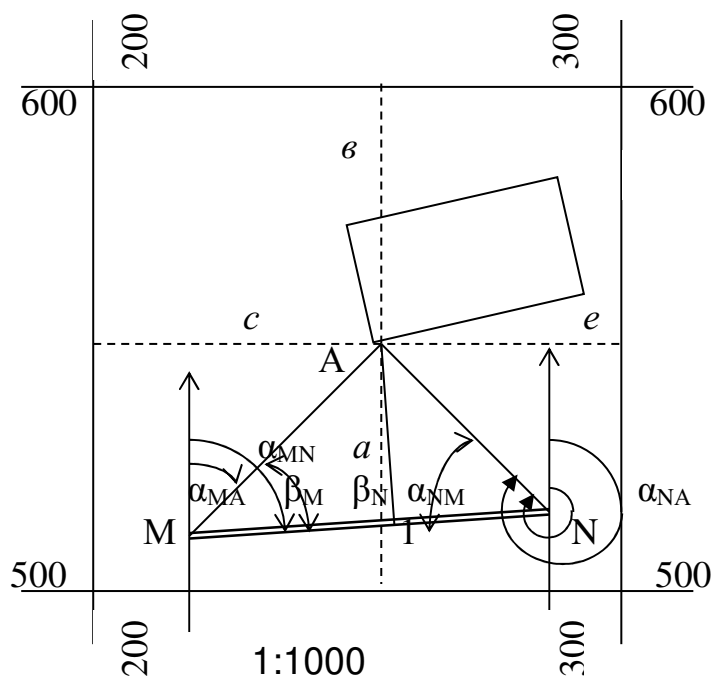
длины линий, дирекционные α и разбивочные β углы (рис. 21).

Таблица 12

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ФРАГМЕНТА ПЛАНА

Блоки вариантов	a , см	b , см	c , см	e , см	Геодезические пункты			
					M		N	
					X, м	Y, м	X, м	Y, м
А	6.50	3.32	3.00	7.20	415.30	105.10	424.40	193.80
Б	6.00	3.82	3.50	6.70	509.68	213.58	525.04	293.25
В	5.50	4.32	4.00	6.20	619.30	309.00	607.00	394.50
Г	5.00	4.82	4.50	5.70	719.80	409.00	708.05	490.90

Фрагмент генерального плана



В 1 сантиметре 10 метров

Рис. 21. Фрагмент плана

3. Определите координаты проектной точки А с учётом деформации бумаги, на которой построен план. Для этого на плане необходимо измерить отрезки a , b , c и e и перевести их в метры (у Вас эти отрезки уже измерены, что составляет графическую часть подготовки данных, а все остальное - аналитическая часть). Например: $a = 6,01$ см, $b = 3,82$ см, $c = 3,51$ см и $e = 6,70$ см, тогда искомые координаты точки А будут равны:

$$X_A = x_i + a \frac{x_{i+1} - x_i}{a + b} = 500 + 60,1 \frac{100}{60,1 + 35,1} = 561,14 \text{ м};$$

$$Y_A = y_i + c \frac{y_{i+1} - y_i}{c + e} = 200 + 35,1 \frac{100}{35,1 + 67} = 234,38 \text{ м}.$$

4. Оформите в тетради ведомость (табл. 13), в которой запишите решение трех обратных геодезических задач. Каждая задача решается по формулам: $\Delta Y = Y_K - Y_H$; $\Delta X = X_K - X_H$; $\text{tgr} = \Delta Y / \Delta X$; $d = \Delta Y / \sin r$; $d = \Delta X / \cos r$.

Где r и d - румб и горизонтальное проложение линии, у которой координаты конечной точки X_K, Y_K , а начальной точки – X_H, Y_H .

Внимание! При определении ΔX и ΔY необходимо от координат конечной точки линии вычитать координаты начальной точки.

Знаки при ΔX и ΔY укалывают только на название румба и больше нигде не учитываются.

Таблица 13

ВЕДОМОСТЬ РЕШЕНИЯ ОБРАТНЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

№ п/п	Формулы и обозначения	Линии		
		МА	НА	МН
1	Y_K	234,38	234,38	293,25
2	Y_H	213,58	293,25	213,58
3	$\Delta Y = Y_K - Y_H$	+20,80	-58,87	+79,67
4	X_K	561,14	561,14	525,04
5	X_H	509,68	525,04	509,68
6	$\Delta X = X_K - X_H$	+51,46	+36,10	+15,36
7	$\text{tgr} = \Delta Y / \Delta X$	0,40420	-1,63075	5,18685
8	r	СВ 22,008°	СЗ 58,483°	СВ 79,088°
9	$\sin r$	0,37474	0,85248	0,98192
10	$\cos r$	0,92713	0,52275	0,18930
11	$d = \Delta Y / \sin r$	55,51	69,06	81,14
12	$d = \Delta X / \cos r$	55,50	69,06	81,14
13	d_{cp}	55,50	69,06	81,14
14	α	22,008°	301,517°	79,088°

Контролем вычислений является равенство значений d , полученных через ΔY и ΔX . За окончательное значение горизонтального приложения примите d_{cp} , среднее арифметическое, а по величине и названию румба вычислите дирекционный угол каждого направления.

5. В соответствии с фрагментом плана (рис. 21) и данными табл. 12 вычислите разбивочные углы β_M , β_N и β_A . В нашем примере:

$$\beta_M = \alpha_{MN} - \alpha_{MA} = 79,088^\circ - 22,008^\circ = 57,080^\circ = 57^\circ 04,8';$$

$$\beta_N = \alpha_{NA} - \alpha_{NM} = 301,517^\circ - 259,088^\circ = 42,429^\circ = 42^\circ 25,7';$$

$$\beta_A = \alpha_{AM} - \alpha_{AN} = 202,008^\circ - 121,517^\circ = 80,491^\circ = 80^\circ 29,4';$$

$$\text{Контроль: } \beta_M + \beta_N + \beta_A = 180^\circ;$$

6. Вычислите из прямоугольных треугольников AM_1 и NA_1 расстояния d ,

$$d_{M_1} = d_{MA} \cos \beta_M = 55,50 \cdot 0,54347 = 30,16 \text{ м};$$

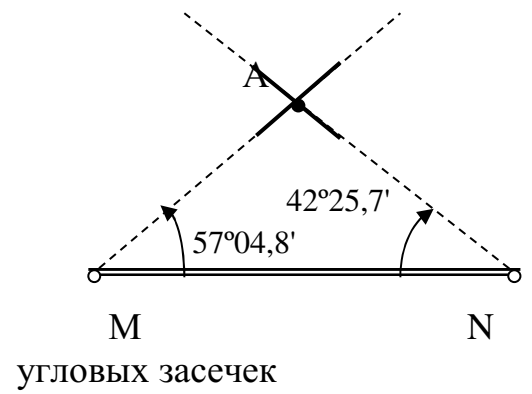
$$d_{N_1} = d_{NA} \cos \beta_N = 69,06 \cdot 0,73811 = 50,97 \text{ м};$$

$$d_{A_1} = d_{MA} \sin \beta_M = 55,50 \cdot 0,83943 = 46,59 \text{ м};$$

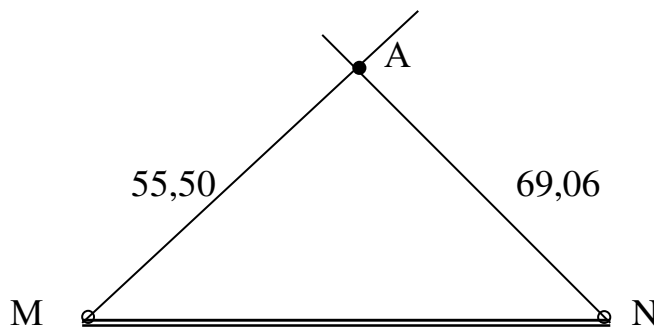
$$d_{A_1} = d_{NA} \sin \beta_N = 69,06 \cdot 0,67468 = 46,59 \text{ м};$$

$$\text{Контроль: } d_{M_1} + d_{N_1} = d_{MN} = 30,16 + 50,97 = 81,13 \text{ м}.$$

7. Вычертите в тетради разбивочные схемы (рис. 22), где укажите проектную точку A и геодезические пункты M и N , также численные значения разбивочных углов β и длин линий d . Проанализируйте полученные схемы и укажите, какие способы Вы рекомендуете для выноса в натуру точки A и почему.



линейных засечек



полярных координат

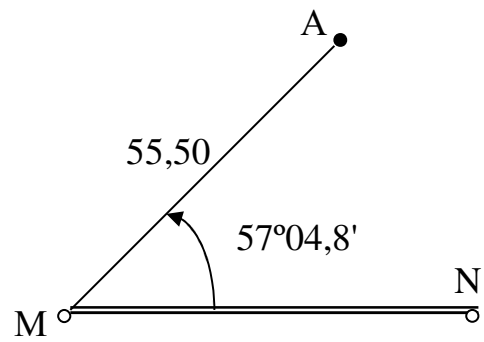


Рис. 22. Разбивочные схемы

Контрольные вопросы

1. Что такое *разбивочные данные* и *способы* их подготовки?
2. Как определить на плане координаты точки с учетом *деформации* бумаги?
3. В чем сущность *обратной геодезической задачи* и контроль ее решения?
4. Как определить *название румба* и перейти от него к дирекционному углу?
5. Как определить *угол между линиями по их дирекционным углам*?
6. Какие *элементы* выносят в *натуру* и как?
7. В чем заключается сущность *полярного* способа разбивки точек?
8. Методика разбивки точек способом *прямоугольных координат*?
9. Объясните способ разбивки точки *прямой угловой засечкой*.
10. Как и когда применяется способ разбивки точек *линейной засечкой*?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №10

ПОСТРОЕНИЕ НА МЕСТНОСТИ ПРОЕКТНОГО УГЛА И ТОЧЕК СПРОЕКТНОЙ ОТМЕТКОЙ (4 часа)

ЗАДАНИЕ 1. Построить на местности проектный угол от исходного направления геодезической сети.

Каждому студенту необходимо построить один горизонтальный угол, заданный преподавателем (по ходу часовой стрелки или против хода часовой стрелки относительно исходного направления). Точность построения угла не превышает точности отсчетного устройства угломерного прибора.

Результаты измерений свести в таблицу. Построение угла пояснить рисунком, на котором подписать в числовом виде свои измерения (рис. 23).

Таблица 14

ПОСТРОЕНИЕ ПРОЕКТНОГО УГЛА

№ точки стояния	№ точки визирования	Положение вертикального	Отсчеты по микролимбу		Проектный угол		Вычисленные отсчеты	
			о	'	о	'	о	'
Построение по направлению против часовой стрелки								
А	В	КЛ	5	00	57	45,8	307	14,2
		КП	185	00			127	14,2

Построение угла заданной величины производится относительно линии между пунктами геодезической сети (строительной сетки) или съемочного обоснования.

Порядок выполнения задания 1:

1. Устанавливают теодолит над точкой, которая является вершиной угла, и приводят его в рабочее положение.
2. При закрепленном лимбе горизонтального круга вращением алидады наводят зрительную трубу теодолита на вторую исходную точку (В) (при построении угла против часовой стрелки) или на точку (А) (при построении угла по часовой стрелке).

нии против часовой стрелки). Берут отсчет по лимбу горизонтального круга.

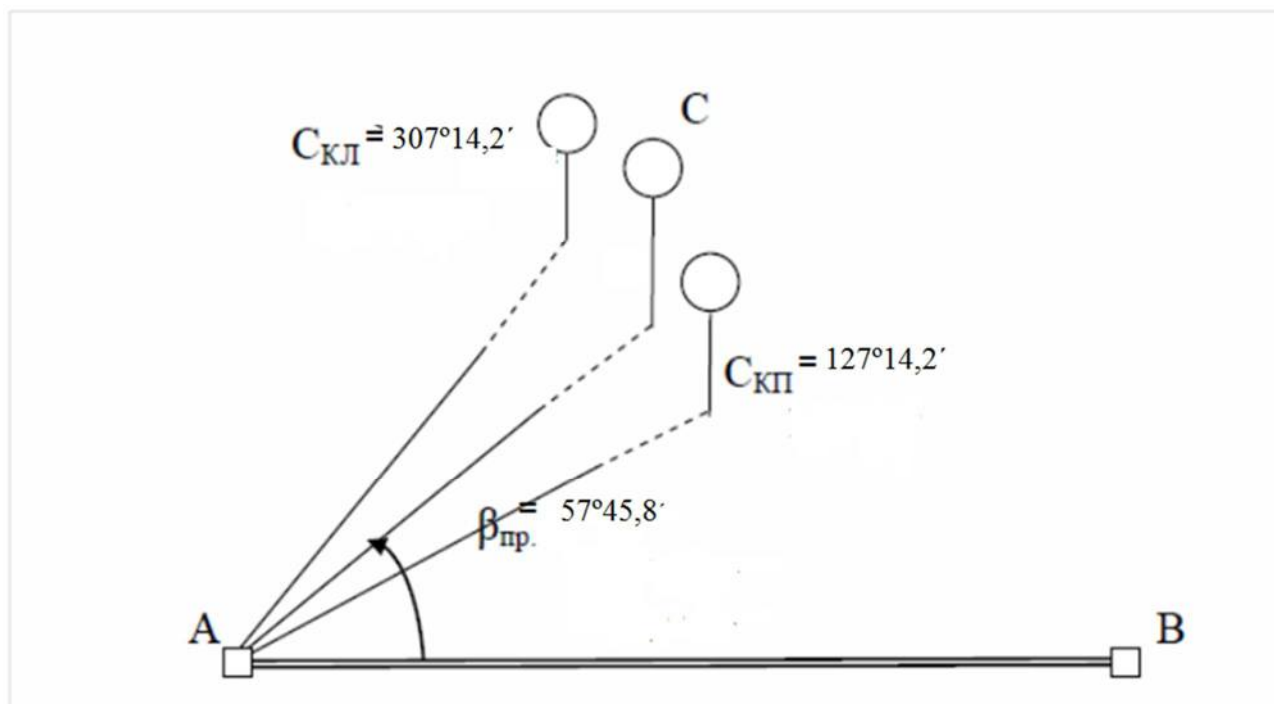


Рис. 23. Построение проектного угла

3. Вычисляют отсчет: складывают взятый отсчет со значением проектного угла, если угол строят по ходу часовой стрелки; вычитают проектный угол из взятого отсчета, если строят последний против хода часовой стрелки.

4. Устанавливают вычисленный отсчет на лимбе горизонтального круга вначале при одном положении вертикального круга, затем при другом, каждый раз фиксируют шпилькой или колышком на земле перекрестие сетки нитей $C_{кЛ}$ и $C_{кП}$. Окончательное направление закрепляют колышком, забивая его посередине между двумя полученными точками.

5. Измеряют построенный угол, чтобы убедиться в правильности построения.

Измеренный угол должен отличаться от проектного не более чем на двойную погрешность измерения угла теодолитом. При построении угла теодолитом 2Т30 – не более $1'$.

Таблица 15

Журнал измерения углов
(теодолит 2Т30П № 68375)

Дата 04.12.20 г. Измерял Петров Н.О. Вычислял Петров Н.О.

№ станции	№ точек визирован.	Положение вертик. круга	Отсчеты по микроскопу		Средние отсчеты	Величина угла				Примечание		
			1			2		из полу-приемов			средняя	
			о	'		'	о	'	о		'	о
А	В	КЛ	0	00	00	0	00	57	45,5	57	45,6	
	С	КЛ	302	14,5	14,5	302	14,5					
	В	КП	180	00	01	180	00	57	45,8			
	С	КП	122	14	14,5	122	14,2					

ЗАДАНИЕ 2. Вынести на указанную преподавателем конструкцию и отметить горизонтальным штрихом точку с заданной проектной отметкой.

Измерения необходимо сопроводить рисунком, на котором в числовом виде записать результаты измерений (рис. 24). Для контроля измерений задание выполняют при отсчетах по черной и красной стороне рейки.

Порядок выполнения задания 2:

- 1) Устанавливают рейку на репер с известной высотой H_{Rp} , берут отсчет по черной и красной стороне рейки а.
- 2) Вычисляют горизонт инструмента $ГИ = H_{Rp} + a$ и проектный отсчет по черной и красной стороне рейки:

$$в = ГИ - H_{пр}.$$

По команде наблюдателя рейку перемещают по вертикали до тех пор, пока он не увидит проектный отсчет в по рейке.

$$H_{пр} = 168,325 \text{ м}$$

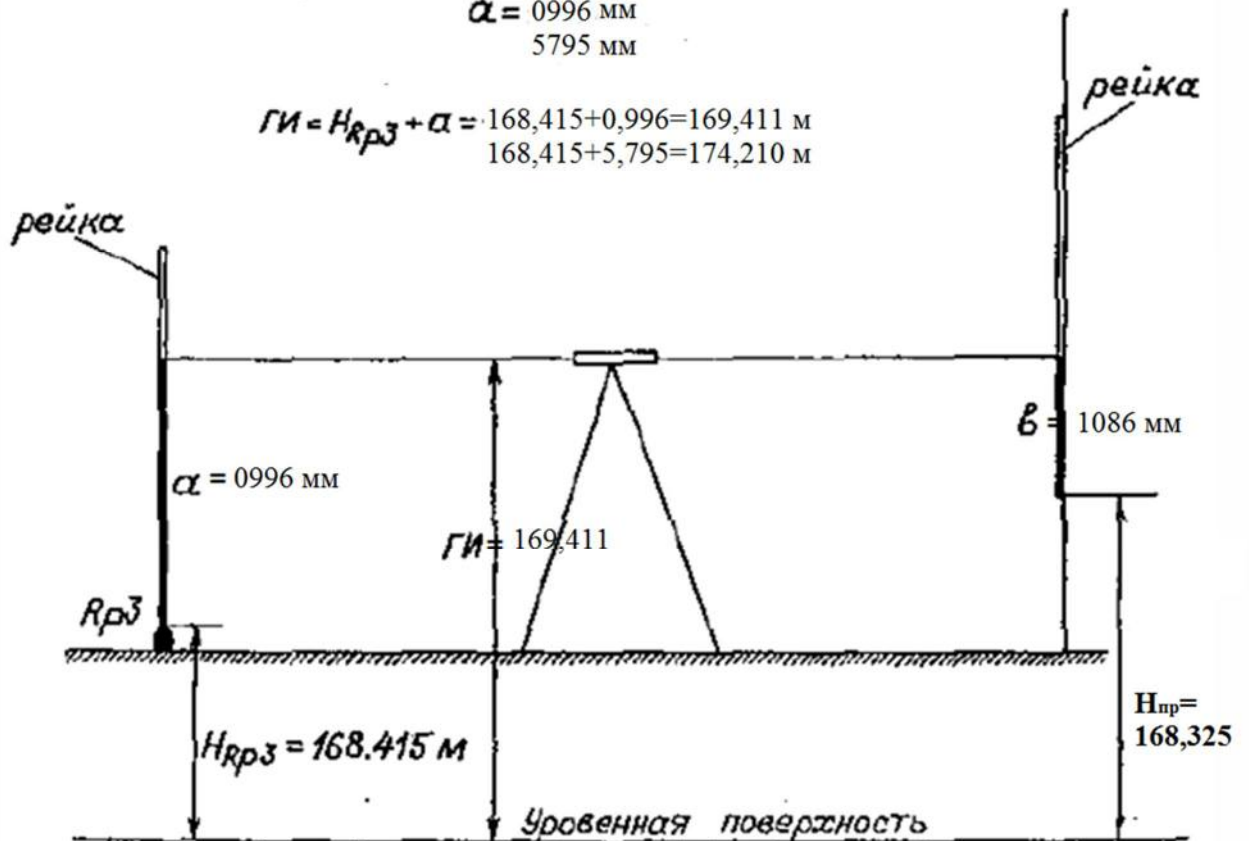
Определение горизонта инструмента

$$\alpha = 0996 \text{ мм}$$

$$5795 \text{ мм}$$

$$ГИ = H_{рз} + \alpha = 168,415 + 0,996 = 169,411 \text{ м}$$

$$168,415 + 5,795 = 174,210 \text{ м}$$



Вычисление проектного отсчета по рейке

$$b = ГИ - H_{пр} = 169,411 - 168,325 = 1,086 \text{ м}$$

$$174,210 - 168,325 = 5,885 \text{ м}$$

$$b = 1086 \text{ мм}$$

$$5885 \text{ мм}$$

Рис. 24. Вынос проектной отметки

- 3) Закрепляют пятку рейки горизонтальным штрихом.

Контрольные вопросы

1. Расскажите порядок построения проектного угла по направлению хода часовой стрелки и против часовой стрелки относительно исходного направления.
2. Порядок вынесения на местность точек с заданной отметкой (рисунок).

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №11

ВЫНЕСЕНИЕ ТОЧКИ В СТВОР (2 часа)

ЗАДАНИЕ: установить точку C' в створ базовой линии AB , то есть получить точку C .

Дано: $AC'=20$ м; C' – точка не в створе линии AB ; необходимо построить точку C – эту же точку в створе линии AB (рис. 25).

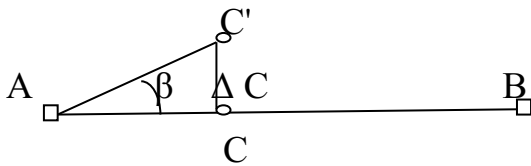


Рис. 25. Установка точки в створ

Порядок выполнения задания

1. Установите теодолит в т. А, приведите в рабочее положение.
2. Измерьте горизонтальный угол β полным приемом (табл. 16).

Таблица 16

Журнал измерения углов(теодолит 2Т30П № 99281)Дата 11.10.19Измерял Иванов А.А. Вычислял Иванов А.А.

№ станции	№ точек визируван.	Положение вертик. круг	Отсчеты по микро-роскопу			Средние отсчеты		Величина угла				Примечание
			1		2			из полу-приемов		средняя		
			°	'	"	°	'	°	'	°	'	
А	В	КЛ	296	46	44	296	45	6	32			
	С	КЛ	290	12	14	290	13			6	32,5	
	В	КП	116	44	46	116	45	6	33			
	С	КП	110	11	13	110	12					

3. Измерьте отрезок $AC'=3$ м.
4. Вычислите отрезок $\Delta = AC' \cdot \beta''/\rho'' = 3 \cdot 392/206265 = 0,342$ м; $\rho = 206265''$.
5. Отложите отрезки Δ и AC , закрепите точку C .
6. Выполните контрольное измерение угла β (табл. 17). Его значение должно быть $0^\circ 00'$. В противном случае все действия повторите.

Журнал измерения углов
(теодолит 2Т30П № 99281)

Дата 11.10.20 Измерял Иванов А.А. Вычислял Иванов А.А.

№ станции	№ точек визирован	Положение вертик. круг	Отсчеты по микроскопу			Средние отсчеты	Величина угла				Примечание	
			1		2		из полу- приемов		средняя			
			°	'	'		°	'	°	'		
А	В	КЛ	116	46	47	116	46,5	0	01	359	59,5	
	С	КЛ	116	44	45	116	44,5					
	В	КП	296	34	34	296	34	359	58,5			
	С	КП	296	35	36	296	35,5					

Контрольные вопросы

1. Расскажите порядок вынесения точки в створ.
2. Каков контроль установки точки в створ?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №12
ПРОВЕРКА ВЕРТИКАЛЬНОСТИ РЯДА КОЛОНН МЕТОДОМ
БОКОВОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ (2 часа)

ЗАДАНИЕ: теодолитом проверить вертикальность ряда колонн или стены в аудитории методом бокового нивелирования.

Порядок выполнения задания:

Постройте линию, параллельную оси ряда колонн на расстоянии, $a=1$ м от нее. В точке А на построенной линии установите теодолит, приведите в рабочее положение: горизонтируйте и центрируйте. Наведите зрительную трубу на цель, установленную в точке А'. Закрепите алидаду и больше не вращайте ее. Поставьте рейку в горизонтальном положении пяткой к осевой риске на каждой колонне внизу и вверху. Каждый раз берите отсчет по рейке b и c по вертикальной нити теодолита. Отсчеты запишите на рисунке рядом с соответствующей осевой риской. Измерьте расстояние рулеткой между осевыми рисками на колонне d и между соседними колоннами D . Результаты измерений занесите на рисунок (рис.26).

Вычислите разности отсчетов по рейке на нижней и верхней риске $\Delta = b - c$. Постройте график отклонения ряда колонн от вертикали: $+\Delta$ - отклонение колонны вправо, $-\Delta$ - отклонение влево.

Вычислите крен каждой колонны по формуле:

$$i = \operatorname{tg} \nu = \frac{b - c}{d}.$$

где b и c – отсчеты по рейке соответственно по нижней и верхней риске, d – расстояние между ними.

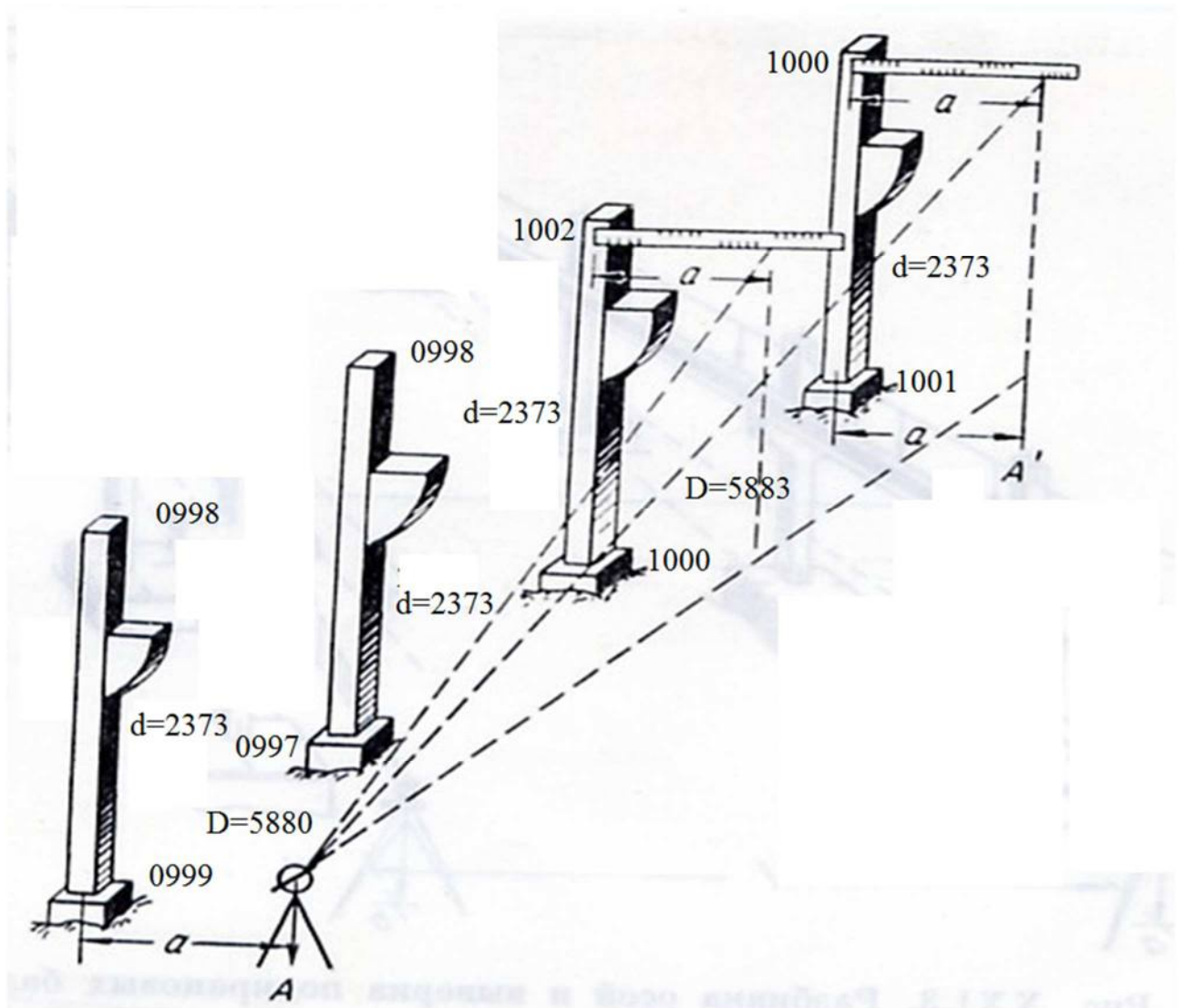


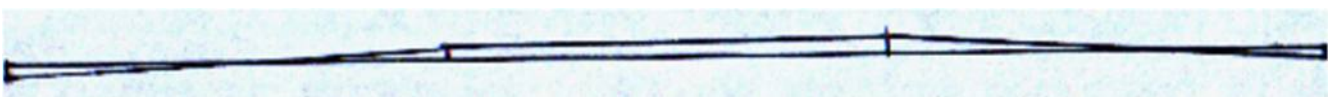
Рис. 26. Контроль вертикальности ряда колонн способом бокового нивелирования

$$i_1 = \operatorname{tg} \nu_1 = \frac{1}{2373} = 0,0004; \quad i_2 = \operatorname{tg} \nu_2 = \frac{-1}{2373} = -0,0004; \quad i_3 = \operatorname{tg} \nu_3 = \frac{-2}{2373} = -0,0008;$$

$$i_4 = \operatorname{tg} \nu_4 = \frac{1}{2373} = 0,0004.$$

ОТКЛОНЕНИЕ КОЛОНН ОТ ВЕРТИКАЛИ В ПОПЕРЕЧНОМ СЕЧЕНИИ

Масштаб: по горизонтали в 1 см – 1 м; по вертикали в 1 мм – 1 мм.



$\Delta_1 = 1 \text{ мм}$

$\Delta_2 = -1 \text{ мм}$

$\Delta_3 = -2 \text{ мм}$

$\Delta_4 = 1 \text{ мм}$

Вывод: колонны находятся в вертикальном положении; максимальное отклонение -2 мм, при допустимом значении 3 мм.

Кочетова Элеонора Фёдоровна
Шеховцов Геннадий Анатольевич
Акрицкая Ирина Игоревна

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ

Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторных работ для студентов специальности
08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений
по дисциплине «Инженерная геодезия»

Подписано в печать 05.03.2020г. Формат 60х90 1/16 Бумага газетная.
Печать трафаретная. Уч. изд. л. 5,1. Усл. печ. л. 5,4. Тираж 300 экз. Заказ №

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования «Нижегородский государственный архитектурно-строительный
университет» 603950, Нижний Новгород, ул. Ильинская, 65.
Полиграфический центр ННГАСУ, 603950, Н.Новгород, Ильинская, 65
<http://www.nngasu.ru>, srec@nngasu.ru