

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ БССР

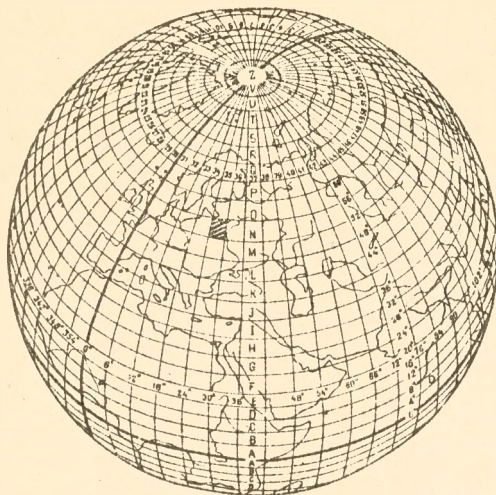
БРЕСТСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

по дисциплине

ИНЖЕНЕРНАЯ
ГЕОДЕЗИЯ

методические указания



БРЕСТ • 1988

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Б С С Р

БРЕСТСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

Кафедра инженерной геодезии

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ "ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ"

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Утверждены на заседании
Совета факультета ВиГ
протокол № 3 от 5.02.1988г.

г. Брест - 1988 г.

УДК 528.48 (076.5)

Лабораторные работы по дисциплине "Инженерная геодезия".
Методические указания. Брест, Минвуз БССР, БИСИ, 1988г.

В указаниях изложены требования к обработке и оформлению результатов измерений, полученных в процессе выполнения лабораторных работ. Даны пояснения и методика выполнения лабораторных работ. Настоящие указания являются практическим руководством при выполнении последних и предназначены для студентов специальностей 29.03; 29.08; 31.10.

Одобрено кафедрой инженерной геодезии 19 декабря 1987г.,
протокол № 2.

Составили:

Л. Деева Э.В., Жуков Н.Г., Жукова В.П., Синякина Н.В., Старикович Г.В.,
Шухаров В.С. под общей редакцией Зеленского А.М.

В подготовке рукописи к изданию принял участие Елизаров В.М.

Рецензенты: кафедра инженерной геодезии
Пермского политехнического института;
доцент Винницкого политехнического
института, канд. техн. наук
Ратушняк Г.С.

Редактор Зеленский А.М.

I. ОБРАБОТКА И СФОРМИРОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

I.1. Общие сведения об отчете по лабораторным работам

Правильно оформленная лабораторная работа – это отчет, основу которого составляют три части: I часть – вводная, где описывается оборудование, используемое при выполнении лабораторной работы и применяемый метод измерений, а также схемы приборов и измерений; II часть – основная, где приводятся результаты всех измерений; III часть – заключительная, где даются итоговые результаты эксперимента, полученные выводы и рекомендации.

Результаты измерений необходимо записывать и обрабатывать соответствующим образом. Разумная схема записи предупреждает грубые ошибки при выполнении измерений, экономит время, позволяет быстро понять смысл работы. Поэтому измерения записываются в таблицы четким шрифтом, не исправляя "цифру по цифре" и не обводя чернилами первоначально написанное карандашом.

Все подготовительные работы (изучение содержания и порядка выполнения работы, оформление вводной части, вычерчивание таблиц и т.д.) следует выполнять заранее с тем, чтобы в лаборатории только производить измерения, записывать и обрабатывать результаты измерений.

I.2. Подготовка к измерениям:

Прежде, чем приступить к измерениям, следует:

1. Изучить содержание лабораторной работы и порядок ее выполнения;
2. Ознакомиться с принципом действия приборов и правилами обращения с ними;
3. Определить цену деления шкал, точность измерительных устройств, величины приборных погрешностей и правильность установки начальных отсчетов;
4. Наметить порядок, в котором должны следовать отдельные действия и отсчеты.

Беспорядочные наблюдения и наблюдения с пропусками обычно приводят к неудовлетворительным результатам. Во всех случаях, когда возникает сомнение в правильности полученных результатов, наблюдения следует повторить. В случае, когда отсчет по шкале прибора возможен только один раз, такой отсчет следует делать с максимальным вниманием.

1.3. Оформление вводной части

Вводная часть должна содержать краткое описание приборов, которые реализуются в лабораторной работе, их проверок. Здесь также следует указать основные характеристики используемых приборов.

Рекомендуется следующая схема для оформления вводной части:

1. Указать название работы.
2. Нарисовать схематический чертёж, оптическую схему, поясняющую устройство прибора или метода измерений.
3. В одном-двух предложениях сформулировать идею метода измерений.
4. Привести основные формулы, необходимые для выполнения лабораторной работы.
5. Расшифровать обозначения и названия величин, встречающихся в работе.

1.4. Запись результатов измерений.

Результаты измерений следует записывать в таблицы или специальные журналы. При этом сначала записывается номер таблицы и ее название, каждый столбец (или строка) должны иметь свое название, обозначение и единицы измерений. Таблицу (или форму журнала) целесообразно вычерчивать только по линейке.

При реализации алгебраической формулы сначала записывается формула, затем записывается та же формула с подставленными в нее числовыми значениями, т.е. рекомендуется схема: формула – арифметическое выражение – результат расчета. Расчеты целесообразно выполнять с помощью электронных вычислительных машин.

1.5. Оформление заключения по работе

В заключительной части отчета по лабораторной работе нужно привести все итоговые результаты и сделать необходимые выводы.

Заключение может содержать:

1. Выводы о пригодности того или иного инструмента к работе.
2. Величины полученных ошибок, их допустимость.
3. Возможные источники ошибок на основе анализа лабораторной работы.
4. Меры дальнейшего повышения точности.
5. Возможность используемого прибора для строительства инженерных сооружений.
6. Общие замечания и предложения по лабораторной работе.

2. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № I. Топографические карты и планы и задачи, решаемые на них

2.1. Общие сведения

Каждый лист топографической карты ограничен с востока и запада отрезками меридианов, а с севера и юга — отрезками параллелей. Они образуют внутреннюю рамку этого листа, имеющую форму трапеции. Широты параллелей и долготы меридианов подписаны в углах трапеции. Например (см. рис. 2.1), широты южной и северной параллели равны соответственно $54^{\circ}40'00''$ и $54^{\circ}42'30''$, а долготы западного и восточного меридианов — $18^{\circ}03'45''$ и $18^{\circ}07'30''$, что в подписях широт градусы пишутся сверху параллелей, а минуты и секунды под ними; в подписях долгот градусы пишутся слева от меридиана, а минуты и секунды справа от него.

На некотором расстоянии от внутренней рамки прочерчивается так называемая минутная рамка — две тонкие линии с расстоянием между ними в два миллиметра. Стороны минутной рамки разделены на чередующиеся черные и белые полоски, представляющие собой отрезки, равные одной минуте. Если соединить прямыми линиями концы одноименных минутных делений, расположенных на противоположных сторонах минутной рамки, то получится сетка параллелей и меридианов, называемая географической сеткой. С помощью географической сетки можно определить географические координаты любой точки на карте. Следует помнить, что на листах топографических карт меридианы и параллели не проводятся (кроме рамок трапеции). Но в случае необходимости их всегда можно провести.

На современных топографических картах наносится система прямых линий, которые, пересекаясь под прямыми углами, образуют сетку квадратов, равномерно покрывающую весь лист карты. Эта сетка называется координатной или километровой сеткой, т.к. линии, ее образующие, проводятся через целое число километров. Вертикальные линии такой сетки параллельны осевому меридиану зоны, а горизонтальные — экватору.

На выходах координатных линий за внутреннюю рамку даны подписи: вдоль боковых сторон рамки — абсциссы, вдоль верхней и нижней — ординаты. Подписи горизонтальных линий означают число километров, на которое данная линия удалена от экватора. Так, если нижняя горизонтальная линия километровой сетки имеет надпись 6065, (рис. 2.1), это значит, что данная линия удалена от экватора на 6065 км и любая точка лежащая на этой линии имеет абсциссу 6065 км. Подписи у верти-

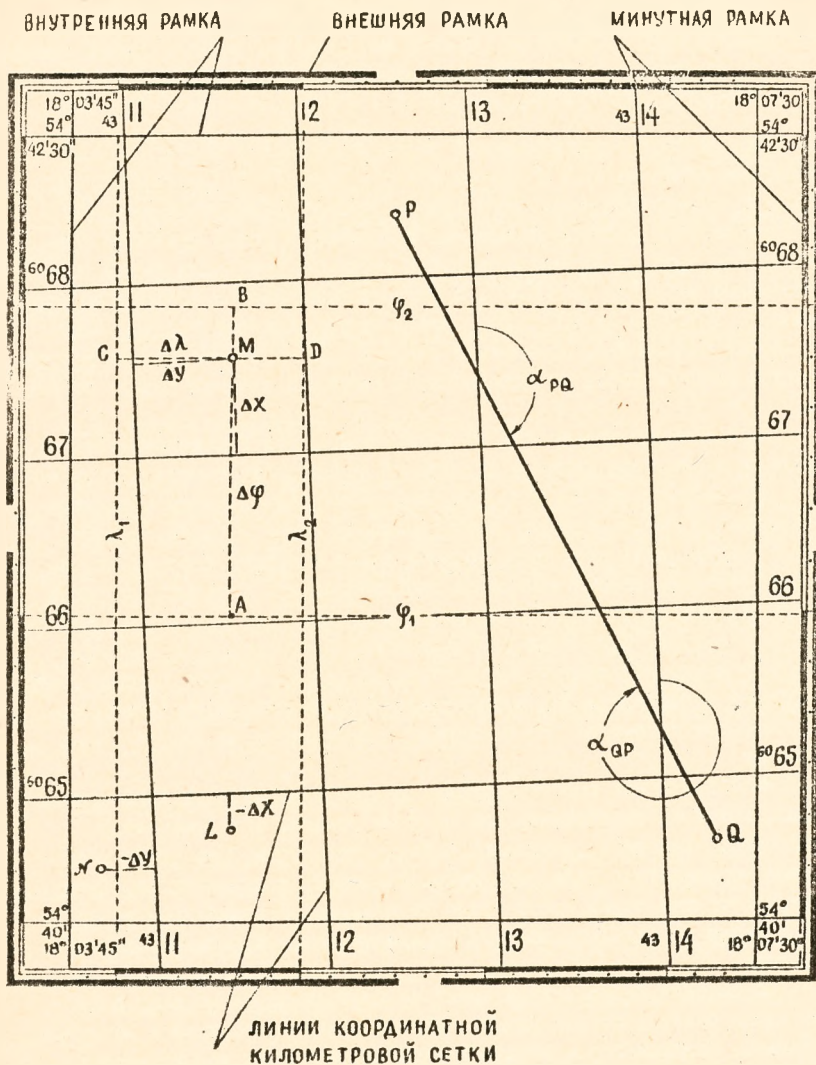


Рис. 2. I. Схема определения географических и прямоугольных координат и дирекционных углов

4 ЗОНА

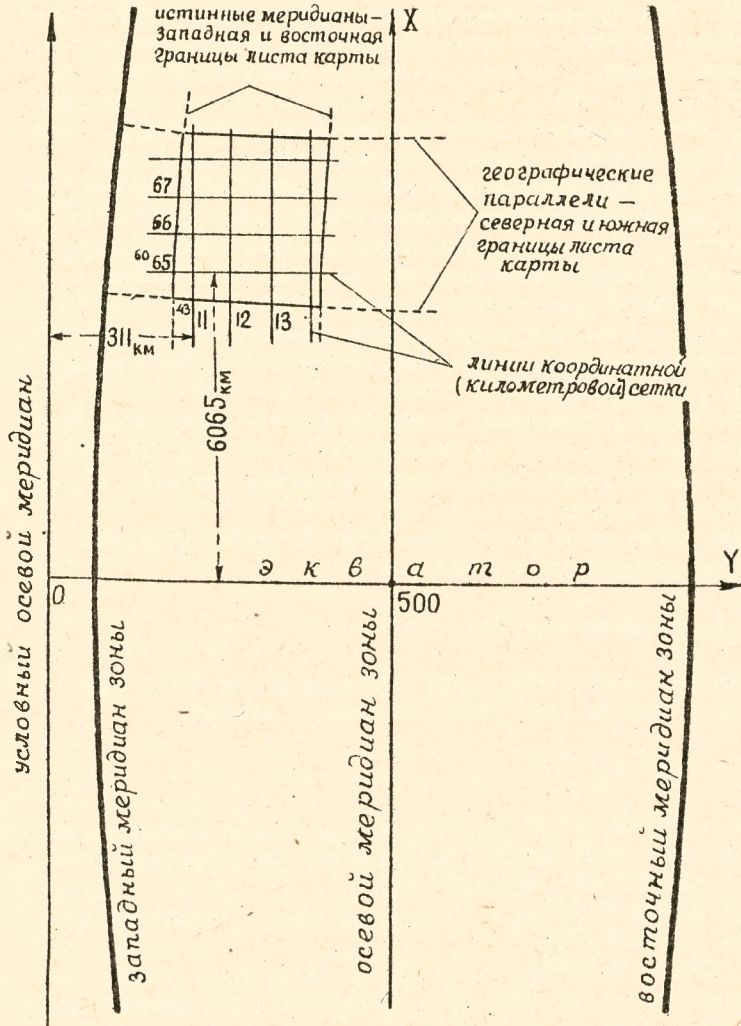


Рис. 2.2. Положение листа карты в зоне

кальных линий километровой сетки складываются из двух элементов: первые одна или две цифры указывают номер зоны, к которой относится топографическая карта, остальные цифры – так называемая приведенная ордината, т.е. число километров, на которое данная вертикальная линия удалена от начала координат. (Необходимо помнить, что начало координат смещено от осевого меридиана к западу на 500 км). Приведенная ордината, выраженная в километрах, всегда есть трехзначное число. Поэтому в подписи у вертикальной линии три последние цифры – приведенная ордината, стоящие перед ними цифры – номер зоны.

Так, если вертикальная линия имеет подпись 43II (рис.2.2), это значит, что она находится в 4-й зоне и расположена в 3II км от начала координат (приведенная ордината). При необходимости можно получить расстояние вертикальной линии и от осевого меридиана, т.е. истинную ординату. Для этого достаточно из приведенной ординаты вычесть 500 км. В нашем случае истинная ордината равна 3II-500=189, т.е. вертикальная линия расположена к западу от осевого меридиана на 189 км.

Координаты километровых линий, ближайших к углам рамки, подписываются полностью, а координаты остальных линий – только двумя последними цифрами, означающими десятки и единицы километров в значении абсцисс и ординат.

При помощи километровой сетки можно определить прямоугольные координаты любой точки на карте.

2.2. Оборудование и ТСО

Для выполнения лабораторной работы необходимо иметь карту, поперечный масштаб, транспортир, измеритель, линейку.

2.3. Содержание работы

Лабораторная работа рассчитана на 3 аудиторных занятия (6 часов). При выполнении работы студенты должны научиться решать следующие задачи на топографической карте:

1. Занятие 1. Определить географические и прямоугольные координаты заданной точки.

2. Занятие 2. Определить расстояние между двумя точками, дирекционный угол, румб, истинный и магнитный изомуты заданного направления.

3. Занятие 3. Определить отметку точки, расположенной между

двумя горизонталями, через заданную точку провести заложение, соответствующее скату наибольшей крутизны и определить ее величину, построить профиль местности по заданному направлению.

2.4. Занятие № I

2.4.1. Определение географических координат заданной точки

Географические координаты любой точки можно определить по положению ее относительно ближайших параллелей и меридианов. Пусть, например, требуется определить широту и долготу точки М (рис. 2.1). Для этого, используя минутную рамку, около данной точки проводят ближайший западный и ближайший восточный меридианы с долготами λ_1 и λ_2 и соответственно южную и северную параллели с широтами φ_1 и φ_2 . Вокруг точки М получается одюминутная трапеция (практически – прямоугольник). Далее проводят через точку М отрезок меридиана АВ и отрезок параллели СД. Теперь для определения широты точки М поступают следующим образом. По значению широты параллели южной рамки карты ($54^{\circ}40'$), подписанной в юго-западном и юго-восточном углах карты, определяют широту φ_1 параллели, проведенной к югу от точки М. В нашем случае $\varphi_1 = 54^{\circ}41'$. Очевидно, широта точки М будет больше широты φ_1 , на величину отрезка $AM = \Delta\varphi$, выраженного в секундах дуги, т.е. $\varphi_M = \varphi_1 + \Delta\varphi$. Для определения $\Delta\varphi$ при помощи линейки измеряют (в мм) отрезки АМ и АВ. По отношению

$$\frac{AM}{AB} = \frac{\Delta\varphi''}{60''} \text{ получают } \Delta\varphi'' = \frac{AM \cdot 60''}{AB} \quad (2.1)$$

Пусть, в нашем случае, $AM = 155$ мм, $AB = 184$ мм. Тогда $\Delta\varphi'' = \frac{155 \cdot 60}{184} = 51''$; прибавив эту величину к широте южной параллели, получим широту точки М $\varphi_M = 54^{\circ}41' + 51'' = 54^{\circ}41'51''$. Аналогично поступают и при определении долготы точки М. По значению долготы западного меридиана карты ($18^{\circ}03'45''$), подписанной в юго-западном и северо-западном углах карты, определяют долготу меридиана, проведенного к западу от точки М. В нашем случае $\lambda_1 = 18^{\circ}04'$. Долгота точки М будет больше λ_1 на величину отрезка $CM = \Delta\lambda$, выраженного в секундах дуги, т.е. $\Delta\lambda = \lambda_1 + \Delta\lambda$. Для определения $\Delta\lambda$ при помощи линейки измеряют (в мм) отрезки СМ и СД. По отношению

$$\frac{CM}{CD} = \frac{\Delta\lambda''}{60''} \text{ получают } \Delta\lambda'' = \frac{CM \cdot 60''}{CD} \quad (2.2)$$

Пусть $СМ = 69$ мм, $СД = 107$ мм. Тогда $\Delta \lambda = \frac{69 \cdot 60}{107} = 39''$, прибавив эту величину к долготе меридиана, проведенного к западу от точки $М$, получим $\lambda_M = 18^\circ 04' + 39'' = 18^\circ 04' 39''$

Географические координаты точек на карте можно определить приближенно. В этом случае через точку, координаты которой нужно найти, проводят параллель и меридиан до пересечения их с делениями минутной рамки. По положению этих линий на минутных делениях глазомерно определяют широту и долготу точки. Для проведения меридиана и параллели через данную точку можно воспользоваться следующим приемом. Сначала провести меридиан и параллель ближайšie к точке, а затем через точку прочертить линии, параллельные полученным.

Практически, при определении географических координат параллели и меридианы можно не прочерчивать, а фиксировать их с помощью линейки.

2.4.2. Определение прямоугольных координат заданной точки

Прямоугольные координаты любой точки легко определяются по положению ее относительно ближайших линий километровой сетки с младшей подписью (левая вертикальная и нижняя горизонтальная линии).

Для определения прямоугольных координат пользуются измерителем и поперечным масштабом.

Чтобы найти абсциссу точки, измерителем берут раствор, равной расстоянию (по перпендикуляру) от точки до ближайшей южной (нижней) координатной линии и по поперечному масштабу (в масштабе карты) определяют это расстояние в метрах. Полученную величину приписывают справа к подписи южной координатной линии.

Для нахождения ординаты измеряют расстояние в метрах от точки до ближайшей западной (левой) координатной линии и его величину приписывают справа к подписи западной линии.

Пусть, например, требуется определить прямоугольные координаты точки $М$ (X_M и Y_M рис. 2.1). Подпись южной координатной линии 6067. Это значит, что расстояние от экватора до нее 6067 км. Абсцисса точки $М$ будет, очевидно, равна

$$X_M = 6067_{\text{км}} + \Delta X. \quad (2.3)$$

Величина ΔX , измеренная при помощи поперечного масштаба, оказалась равной 588 м. Следовательно $X_M = 6067000 \text{ м} + 588 \text{ м} = 6067588 \text{ м}$. Аналогично определяется ордината точки $М$. Очевидно, что

$$Y_M = 4311 \text{ км} + \Delta Y. \quad (2.4)$$

Величина ΔY , измеренная при помощи поперечного масштаба, оказалась равной 522 м. Следовательно $Y_M = 4311000 \text{ м} + 522 \text{ м} = 4311522 \text{ м}$.

В практике нередки случаи, когда точка, координаты которой требуется определить, находится в неполном квадрате километровой сетки. Здесь, во избежание ошибок, важно не путать рамки листа карты с километровыми линиями. Так, например, при определении абсциссы точки L (рис. 2.1) было бы грубейшей ошибкой измерять расстояние от точки до южной рамки трапеции, которая, как известно, представляет собой параллель, ограничивающую лист карты с юга. Поскольку ближайшей по отношению к точке L южной (нижней) координатной линии нет (она оказалась за рамкой карты), измеряют расстояние от точки L до ближайшей северной (верхней) координатной линии и полученную величину вычитают из абсциссы этой линии. Пусть величина измеренного отрезка оказалась равной 125 м. Тогда абсцисса точки L будет $X_L = 6065000 - 125 = 6064875$.

Сказанное в полной мере относится и к определению ординаты точки N . Измеряют расстояние от точки до ближайшей восточной (правой) координатной линии и полученное значение вычитают из ординаты этой линии. Пусть измеренное расстояние получилось равным 176 м. Тогда ордината точки N будет $Y_N = 4311000 - 176 = 4310824$.

2.5. Занятие № 2

2.5.1. Определение расстояния между двумя точками

Для определения расстояний по карте измерителем берут раствор, равный измеряемому отрезку и устанавливают его на поперечном масштабе так, чтобы обе ножки оказались на одной горизонтальной линии. При этом левая ножка должна совпадать с одной из наклонных линий первого (левого) основания, а правая находиться на одном из перпендикуляров к основанию. Далее определяют количество оснований, десятых и сотых долей основания, уложившихся между ножками измерителя. Найдя в масштабе карты величину основания, его десятой и сотой долей, определяют длину отрезка.

Например, раствор измерителя (АВ) получился равным 3 основаниям, 7 десятым и 6 сотым основания (рис. 2.3). Измерение производилось по карте масштаба 1:10000.

В этом масштабе основанию масштаба, его десятой и сотой доли

будут соответствовать горизонтальные отрезки местности 200, 20 и 2 метра. Тогда измеренное расстояние $AB = 200 \times 3 + 20 \times 7 + 2 \times 6 = 752\text{м.}$ (При основании масштаба 2 см.).

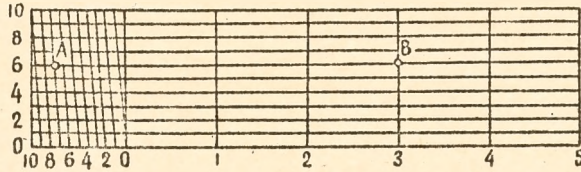


Рис. 2.3. Измерение расстояний при помощи поперечного масштаба

2.5.2. Определение дирекционного угла, румба, истинного и магнитного азимутов

Дирекционный угол какого-либо направления на карте определяется очень просто. Для этого транспортир накладывают на карту так, чтобы его нулевой диаметр совместился с одной из вертикальных линий километровой сетки, а центр транспортира находился на линии, направление которой измеряется. Дирекционным углом будет угол, отсчитанный по ходу часовой стрелки от северного конца вертикальной линии до данного направления. На рис. 2.1. показаны дирекционные углы направлений PQ и QR .

Для перехода от дирекционных углов к румбам пользуются табл. 2.1

Таблица 2.1

Соотношения между дирекционными углами и румбами

№ четверти	Интервал изменения дирекц. угла	Название румба	Связь румба (Z) с дирекционным углом (α)
I	$0^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	СВ	$Z = \alpha$
II	$90^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	ЮВ	$Z = 180^\circ - \alpha$
III	$180^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$	ЮЗ	$Z = \alpha - 180^\circ$
IV	$270^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	СЗ	$Z = 360^\circ - \alpha$

Например, дирекционный угол направления PQ (рис. 2.1) $\alpha_{PQ} = 156^\circ 30'$. Требуется определить румб этого направления. Поскольку дирекционный угол находится во второй четверти, румб получается из выражения $Z = 180^\circ - \alpha$, т.е. $Z_{PQ} = ЮВ : 23^\circ 30'$.

Истинные и магнитные азимуты непосредственно на карте не измеряются, т.к. для этого нужно наносить на нее направления истинного и магнитного меридианов. Обычно, для определения истинного азимута измеряют дирекционный угол направления и вводят в него поправку за сближение меридианов по формуле

$$A = \alpha \pm \gamma. \quad (2.5)$$

Для определения магнитного азимута в измеренный дирекционный угол вводят поправки за сближение меридианов и склонение магнитной стрелки по формуле

$$A_m = \alpha \pm \gamma \pm \delta. \quad (2.6)$$

Для облегчения решения этих задач и предотвращения ошибок рекомендуется обратиться к графической схеме, помещенной под южной рамкой карты. На этой схеме приведены данные о сближении меридианов γ и склонении магнитной стрелки δ , а также показано взаимное расположение осевого меридиана (вертикальных линий километровой сетки), истинного и магнитного меридианов.

К графику проводят произвольное направление PQ, как это показано на рис. 2.3. и обозначают дирекционный угол, истинный и магнитный азимуты. В этом случае наглядно видно, что истинный и магнитный азимут направления меньше измеренного дирекционного угла соответственно на $2^{\circ}22'$ и $8^{\circ}22'$. Так, если для направления PQ измеренный дирекционный угол равен $156^{\circ}30'$, то при $\gamma = 2^{\circ}22'$ и $\delta = 8^{\circ}22'$, для истинного и магнитного азимуты получим следующие значения:

$$A = \alpha - \gamma = 156^{\circ}30' - 2^{\circ}22' = 154^{\circ}08';$$
$$A_m = A - \delta = 154^{\circ}08' - 8^{\circ}22' = 145^{\circ}46'.$$

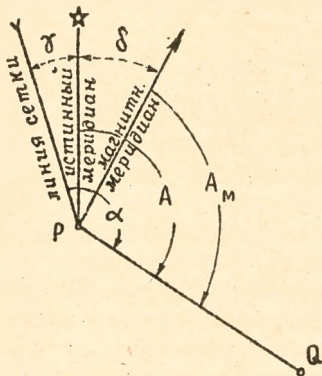


Рис. 2.3. Связь между дирекционным углом и азимутами истинным и магнитным

Примечание: западное сближение меридианов имеет знак минус, восточное - плюс; склонение магнитной стрелки - наоборот.

2.6.1. Определение отметки точки, расположенной между двумя смежными горизонталями

Если точка расположена на горизонтали, то ее отметка равна отметке горизонтали. Если точка расположена между горизонталями, то для определения ее отметки необходимо узнать высоту ближайшей к ней младшей горизонтали и прибавить к этой величине превышение данной точки над горизонталью, т.е.

$$H_{\text{точки}} = H_{\text{гориз.}} + \Delta h. \quad (2.7)$$

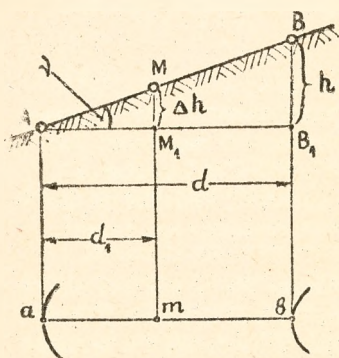


Рис. 2.4. К определению отметки точки, расположенной между горизонталями

Величина Δh определяется из следующих соображений. Пусть на рис.2.4. линия ската AMB пересечена горизонтальными плоскостями, проходящими через точки A и B . Расстояние BB_1 между секущими плоскостями представляет собой высоту сечения h . Точки a , m и b являются проекциями точек A , M и B местности на горизонтальную плоскость; km_1 же, проходящие через точки a и b - проекции горизонталей на ту же плоскость; отрезок $ab = d$ - заложение; d_1 - расстояние от точки до младшей горизонтали. Из подобия треугольников MAM_1 и BAB_1 получаем

$$\frac{\Delta h}{h} = \frac{d_1}{d}, \quad \Delta h = \frac{d_1}{d} \cdot h. \quad (2.8)$$

Практически задача решается так. Пусть на карте требуется определить отметку точки m . Высота сечения рельефа $h = 2,5$ м.

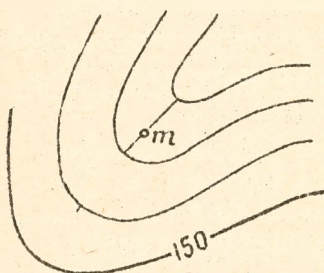


Рис. 2.5. К определению отметки ближайшей горизонтали

Зная высоту сечения и отметку одной из горизонталей (рис.2.5), находят отметку ближайшей к этой точке младшей горизонтали. В нашем случае она равна 155 м. Проводят через заданную точку заложение по кратчайшему расстоянию. Измерением или оценкой на глаз устанавливают, что точка m отстоит от младшей горизонтали на 0,3 всего заложения. Значит и по высоте она отстоит от младшей горизонтали на 0,3 высоты сечения, т.е. на

$2,5 \times 0,3 = 0,8$ м. Следовательно, отметка точки m равна $H_m = 155 \text{ м} + 0,8 \text{ м} = 155,8 \text{ м}$.

Превышение можно определить и по отношению к старшей горизонтали, тогда для получения отметки точки его нужно вычесть из отметки старшей горизонтали.

2.6.2. Определение крутизны ската

Крутизну ската можно характеризовать углом наклона γ , т.е. углом, составленным направлением ската с горизонтальной плоскостью (рис. 2.4.). Из рисунка видно, что

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{h}{d}. \quad (2.9)$$

Зная высоту сечения h (для данной карты она является величиной постоянной и приводится внизу под южной рамкой) и, измерив на карте заложение d , получают тангенс угла наклона, а затем и сам угол. Из формулы (2.9) видно, что крутизна ската при постоянной высоте сечения будет тем больше, чем меньше заложение. Так, из всех заложений, проведенных на карте через заданную точку m , минимальным является заложение $a\beta$ (рис. 2.6.). Этот отрезок и нужно измерить на карте, чтобы получить наибольшую крутизну.

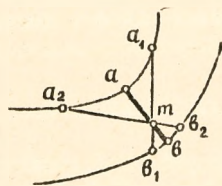


Рис. 2.6. Определение крутизны ската

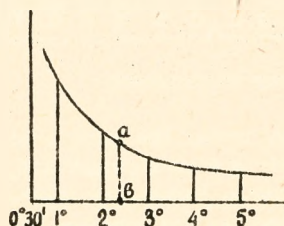


Рис. 2.7. Масштаб заложений

Пусть, например, масштаб карты 1:10000; высота сечения рельефа 2,5 метра; заложение $a\beta$, измеренное с помощью поперечного масштаба оказалось равным 62 м. Тогда $\operatorname{tg} \gamma = 2,5 : 62 = 0,0403$, $\gamma = 2^{\circ}18'$.

Для упрощения решения этой задачи на нижнем поле каждого листа карты помещается специальный график, называемый масштабом заложений (рис. 2.7.). В основании этого графика даны значения крутизны скатов, а на перпендикулярах к основанию отложены в масштабе карты соответствующие им заложения. Через концы отложенных на графике заложений проведена плавная кривая. Для определения крутизны ската по масштабу заложений берут с карты в раствор циркуля-измерителя соответ-

ствующее заложение, например, $a\beta$ (если требуется определить наибольшую крутизну). Затем циркуль прикладывают к масштабу заложений так, чтобы одна ножка циркуля приходилась на линию основания, а другая – на кривую. При этом прямая, соединяющая ножки циркуля должна быть параллельна линиям заложений. Пусть отрезок $a\beta$ занял на графике положение, отмеченное пунктиром (рис. 2.7). В этом месте по надписям у основания графика на глаз определяют число градусов и долей градуса, характеризующих крутизну ската. На рис. 2.7. это составляет 2,3°.

2.6.3. Построение профиля местности по заданному направлению

Пусть по направлению АВ (рис. 2.8.а) необходимо построить профиль, т.е. вертикальный разрез земной поверхности. Для этого отмечают точки пересечения линии АВ с горизонталями и со всеми характерными точками и линиями рельефа. На рис. 2.8.а. такие точки обозначены цифрами 1, 2, 3,

Далее на отдельном листе бумаги (обычно на миллиметровой) прочерчивают прямую линию (основание профиля), от которой намечают первую точку А, а остальные точки наносят путем откладывания взятых с плана расстояний до всех остальных точек 1, 2, 3 и т.д..

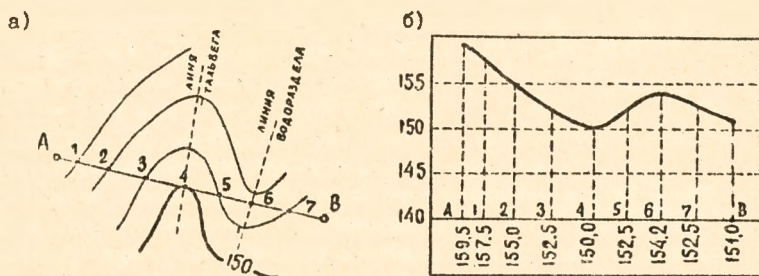


Рис. 2.8. Построение профиля по заданному направлению

Затем определяют отметки всех намеченных точек. При этом отметки точек, лежащих на горизонтали, равны отметкам этих горизонталей, а отметки точек, находящихся между горизонталями, определяют описанным в параграфе 2.6.1. способом. В нашем примере, при подсчете отметок горизонталей, высота сечения рельефа принималась равной 2,5 м; отметки конечных точек А и В – заданы.

Полученные отметки подписывают у соответствующих точек основания

профиля. К основанию профиля во всех точках восстанавливают перпендикуляры, на которых откладывают отметки соответствующих точек. Чтобы получить достаточно выразительный профиль, масштаб в вертикальном направлении берут в 20 раз крупнее масштаба горизонтального (т.е. масштаба карты). Так, для горизонтального масштаба 1:10000 вертикальный масштаб принимают равным 1:500.

Если принять линию основания профиля за нулевую высоту, длина перпендикуляров получится большая. Во избежание этого основанию профиля придается некоторая отметка, называемая отметкой условного горизонта (на рис. 2.8.6. равна 140 м). Из отметок точек вычитают отметку условного горизонта и разность откладывают вверх от линии основания. Полученные точки соединяют плавной кривой, которая и будет линией профиля. Отметка условного горизонта назначается с таким расчетом, чтобы линия профиля отстояла от основания на несколько сантиметров.

2.7. Материалы, подлежащие сдаче

По результатам выполнения лабораторной работы студент должен представить для защиты решение всех задач с приложением поясняющих рисунков, вычислений, основных формул и заключения по работе.

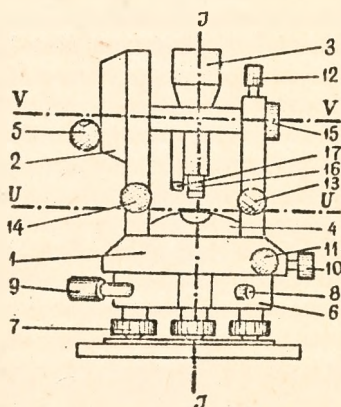
2.8. Литература

1. Шилов П.И., Федоров В.И. Инженерная геодезия. Недра, М., 1971, с.13-41.
2. Закатов П.С. Инженерная геодезия. Недра, М., 1969, с.28-44.
3. Хейфец Б.С., Данилевич Е.Б. Практикум по инженерной геодезии. Недра, М., 1979, с.18-30.

3. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2. Изучение теодолита

3.1. Общие сведения

Теодолит – геодезический инструмент, предназначенный для измерения горизонтальных и вертикальных углов. Основными частями теодолита являются горизонтальный и вертикальный круг, зрительная труба, наводящие устройства и отсчетные приспособления. На рис. 3.1. представлена схема устройства теодолита.



- 1 - горизонтальный круг;
- 2 - вертикальный круг;
- 3 - зрительная труба;
- 4 - цилиндрический уровень горизонтального круга;
- 5 - цилиндрический уровень вертикального круга;
- 6 - подставка (трегер);
- 7 - подъемные винты;
- 8 - закрепительный винт лимба;
- 9 - наводящий винт лимба;
- 10 - закрепительный винт алидады;
- 11 - наводящий винт алидады;
- 12 - закрепительный винт трубы;
- 13 - наводящий винт трубы;
- 14 - установочный винт уровня вертикального круга;
- 15 - кремальера;
- 16 - окулярное кольцо;
- 17 - микроскоп отсчетного устройства.

Примечание: у теодолитов Т30 и 2Т30 детали 5 и 14 отсутствуют.

Рис. 3.1. Схема устройства теодолита

По ГОСТу 10529-79 выпускаются теодолиты со стеклянными угломерными кругами, называемые оптическими. Изготовление теодолитов с металлическими кругами прекращено.

3.2. Оборудование и ТСО

Для выполнения лабораторной работы необходимы теодолиты 2Т30, Т30, штативы или кронштейны со станowymi винтами, визирные цели, бланки журналов измерения горизонтальных углов.

3.3. Содержание работы

3.3.1. Занятие № 1. Изучение устройства теодолита

Задание выполняется в следующем порядке.

1. Закрепить теодолит с помощью станового винта на штативе или кронштейне и изучить названия и назначения основных его частей, используя при этом теодолит и рис. 3.1. Пронаблюдать за перемещением лимба и зрительной трубы, вращая наводящие винты 9 и 13.

2. Установить зрительную трубу по глазу. Для этого поступают следующим образом: наводят трубу на светлый фон и вращением окулярного кольца 16 добиваются четкого изображения сетки нитей.

3. Навести зрительную трубу на точку предмета. Для этого открепить винты 10, 12 и приблизительно навести трубу на точку, пользуясь визиром трубы и закрепить винты. Затем, наблюдая через трубу, установить четкое изображение предмета вращением кремальеры 15. Действуя наводящими винтами 11, 13, пересечение нитей (пересечение вертикальной и средней нити рис. 3.2) совместить с изображением точки предмета.

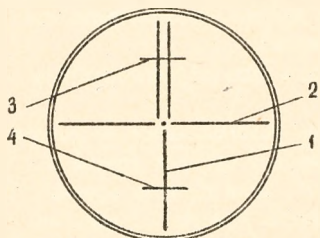


Рис. 3.2. Поле зрения зрительной трубы теодолита
1 - вертикальная нить;
2 - средняя нить;
3, 4 - дальномерные нити

4. Изучить отсчетные устройства теодолитов и научиться брать отсчеты.

В теодолитах ТЗ0 и 2ТЗ0 отсчеты берут соответственно по штриховому (рис. 3.3) и шкаловому (рис. 3.4) микроскопам (рис. 3.4). В поле зрения микроскопа видны одновременно деления вертикального (В) и горизонтального (Г) кругов. При этом наименьшее деление лимба для теодолита ТЗ0 составляет $10''$, а для 2ТЗ0 - $1''$. В качестве отсчетного индекса является штрих у ТЗ0 и шкала с ценой деления $5''$ у 2ТЗ0.

Сделать отсчет по микроscope ТЗ0 - это значит определить расположение делений лимба относительно штриха индекса. При этом десятые доли деления лимба оцениваются на глаз. На рис. 3.3. отсчет по вертикальному кругу составляет $B = 358^{\circ}25'$ и по горизонтальному кругу $\Gamma = 107^{\circ}34'$. Отсчет по микроscope теодолита 2ТЗ0 берут по расположению нулевого штриха шкалы. На рис. 3.4. $B = 2^{\circ}17'$; $\Gamma = 234^{\circ}43'$. В обоих теодолитах точность отсчетных устройств равна $1''$.

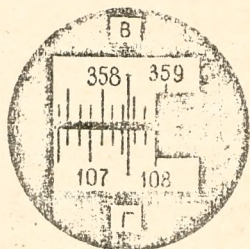


Рис. 3.3. Поле зрения штрихового микроscope ТЗ0

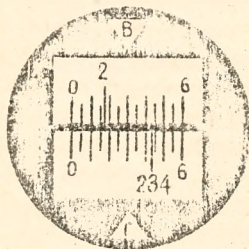


Рис. 3.4. Поле зрения шкалового микроscope 2ТЗ0

3.3.2. Занятие 2. Поверки теодолита

К теодолиту предъявляется ряд требований, которые связаны с взаимным расположением его основных осей.

Основные оси теодолита показаны на рис. 3.1.

JJ - вертикальная ось инструмента (ось вращения лимба горизонтального круга); UU - ось цилиндрического уровня (прямая касательная к нуль-пункту); VV - горизонтальная ось вращения зрительной трубы; ZZ - визирная ось зрительной трубы, прямая, проходящая через центр объектива и пересечение сетки нитей (на рис. 3.1 оси JJ и ZZ совпадают).

Соблюдение основных требований, которым должен удовлетворять теодолит, проверяется выполнением следующих поверок:

1. Ось цилиндрического уровня UU должна быть перпендикулярна к вертикальной оси JJ теодолита.

Поворотом верхней части теодолита уровень устанавливают по направлению двух подъемных винтов и, вращая их, приводят пузырек уровня в нуль-пункт. Затем поворачивают уровень на 180° . Если пузырек уровня остался на середине, то условие поверки выполнено (допуск 1 деление уровня). В противном случае на половину отклонения перемещают пузырек уровня к нуль-пункту исправительным винтом уровня, а на оставшуюся часть - подъемными. Далее поверку повторяют.

2. Одна из нитей сетки должна быть параллельна, а другая перпендикулярна к оси вращения теодолита JJ .

Наводят визирную ось трубы на точку и, работая наводящим винтом трубы, наклоняют трубу вверх и вниз. Если при этом точка не будет сходиться с вертикальной нитью, то условие выполнено. В противном случае снимают защитную крышку с окуляра, ослабляют винты крепления окулярной части к трубе и поворотом окулярной части добиваются правильного положения.

3. Ось вращения зрительной трубы VV должна быть перпендикулярна к оси теодолита JJ .

Устанавливают теодолит в 3-5 м от стены и наводят на какую-либо высоко расположенную точку при одном из положений вертикального круга, например, при круге "право". (Здесь и в дальнейшем будем различать два положения вертикального круга по отношению к наблюдателю и зрительной трубе, направленной в сторону наблюдаемого объекта: "круг право" (КП) и "круг лево" (КЛ)). Наклоном зрительной трубы проектируют верхнюю точку в нижнюю часть стены (примерно на уровень инструмента), где помощник помечает карандашом проекцию пересечения сетки нитей. Условие будет выполнено, если проекции верхней точки при КП и КЛ совпали. В случае несовпадения средняя точка из двух проекций будет соответствовать

правильному расположению осей. В современных конструкциях теодолитов невыполнение условия может быть устранено только в мастерской или в заводских условиях.

4. Визирная ось трубы ZZ должна быть перпендикулярна к оси вращения зрительной трубы VV теодолита.

Невыполнение последнего условия (рис. 3.5.) приводит к ошибке в отсчете по лимбу теодолита, которая называется **к о л л и м а ц и о н н о й** ошибкой C .

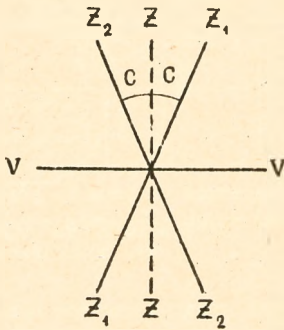


Рис. 3.5. Коллимационная ошибка: ZZ - положение визирной оси при соблюдении условия; Z_1Z_2 и Z_3Z_4 при несоблюдении условия соответственно при КП и КЛ

3. Наводят на ту же точку при другом положении вертикального круга и берут отсчет. Коллимационную ошибку вычисляют по формуле

$$C = \frac{КП - КЛ \pm 180^\circ}{2}, \quad (3.1)$$

где КП и КЛ - отсчеты по горизонтальному кругу теодолита соответственно при круге право и лево. Отсчеты и вычисления записывают в журнал (табл. 3.1).

Правильность определения коллимационной ошибки проверяют повторными наблюдениями на другую точку. Если $|C| \leq 2t$, где t - точность отсчета по теодолиту, то условие считают выполненным.

Исправление коллимационной ошибки выполняют следующим образом (рис. 3.6).

Наводящим винтом алидады устанавливает правильный отсчет на лимбе, вычисляемый по формуле

$$N = \frac{КП + КЛ \pm 180^\circ}{2}. \quad (3.2)$$

Коллимационную ошибку выявляют путем визирования на одну и ту же точку при двух положениях вертикального круга (при КП и КЛ). При этом поступают следующим образом.

1. При помощи уровня приводят вертикальную ось теодолита в отвесное положение.

2. При одном из положений вертикального круга, например, при КП, при закрепленном лимбе, работая винтами алидады и зрительной трубы, наводят трубу теодолита на точку и берут отсчет по горизонтальному кругу.

Таблица 3.1.

Журнал определения коллимационной ошибки

№ станции	Положение круга	№ точек визируваний	Отсчет по горизонтальному кругу	2С	Правильный отсчет N	Примечание
5	КП	2	27°21'	6'	27°24'	До исправления
	КЦ	2	207°27'	3'	207°24'	
5	КЦ	6	226°55'	5'	226°52,5'	
	КП	6	46°50'	2,5'	46°52,5'	
	КП	6	46°52'	1'		После исправления
	КЦ	6	226°53'	0,5'		

При этом верхняя часть теодолита повернется на угол С, вследствие чего изображение точки в поле зрения трубы сместится с пересечения нитей (рис. 3.6.б).

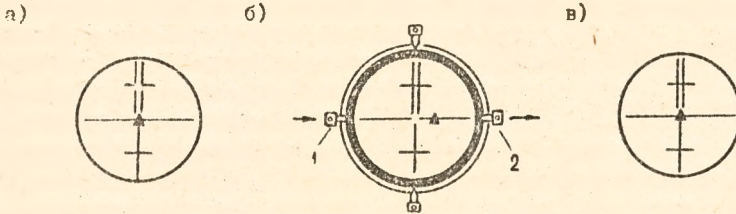


Рис. 3.6. Порядок исправления коллимационной ошибки:
 а) - до установки правильного отсчета;
 б) - после установки правильного отсчета;
 в) - после исправления коллимационной ошибки

2. Действуя боковыми исправительными винтами 1 и 2 (рис.3,6.б) сетки, последнюю перемещают до совмещения пересечения нитей с изображением точки (рис.3.6.в).

После исправления поверку повторяют.

3.3.3. Занятие № 3. Измерение горизонтального угла одним приемом

Для измерения угла при точке А (рис.3.7) поступает следующим образом:

1. Устанавливает теодолит над точкой А и приводят его в рабочее положение, т.е. центрирует при помощи нитяного или оптического отвеса с длиной 0,5-1 см и нивелирует (горизонтирует) при помощи уровня.

Для этого устанавливают уровень по направлению двух подъемных винтов, например, 1-2, рис. 3.8а. Вращая подъемные винты в противоположных направлениях, устанавливают пузырек уровня на середину ампулы. Затем устанавливают уровень по направлению третьего винта (рис.3.8б) и, вращая его, приводят пузырек на середину ампулы. Действия повторяют до тех пор, пока при любом положении уровня его пузырек не будет находиться на середине ампулы (допуск - I деление).

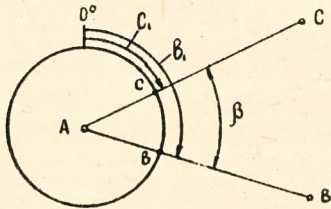


Рис. 3.7. Схема измерения горизонтального угла

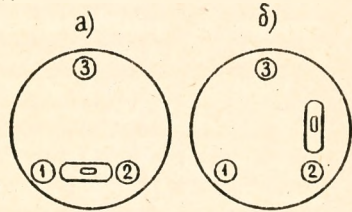


Рис. 3.8. Приведение плоскости лимба в горизонтальное положение

Прием состоит из двух полуприемов, т.е. угол измеряется при двух положениях вертикального круга (КП и КЦ).

2. Первый полуприем начинают, например, при КП. При закрепленном лимбе наводят трубу на правую точку В (эта точка старше по отсчету, рис. 3.7), берут отсчет β_1 и записывают его в журнал (табл. 3.2).

Таблица 3.2

Журнал измерения горизонтального угла

№ станции	Круг	№ точек визирования	Отсчеты по гориз. кругу	Значение углов в полуприеме	Среднее значение угла
А	КП	В С	149°54' 81°37'	68°17'	68°17'30"
А	КЦ	В С	327°26' 259°08'	68°18'	

3. Наводят трубу на точку С и берут отсчет C_1 . Угол β_1 , полученный при КП, вычисляют по формуле

$$\beta_1 = \beta_1 - C_1 \quad (3.3)$$

В примере таблица 3.2. $\beta_1 = 149^{\circ}54' - 81^{\circ}37' = 68^{\circ}17'$.

4. Перед вторым полуприемом смещают лимб на 2-3° и закрепляют. Переводят трубу через зенит и уже при КЛ в той же последовательности, как и в первом полуприеме, визируют на точки В и С, берут соответственно отсчеты b_2 и c_2 и вычисляют значение угла

$$\beta_2 = b_2 - c_2. \quad (3.4)$$

В примере $\beta_2 = 277^{\circ}26' - 259^{\circ}08' = 68^{\circ}18'$.

В случае, если отсчет на правую точку меньше отсчета на левую, к нему прибавляют 360°.

5. При $|\beta_1 - \beta_2| \leq 2t$, где t - точность отсчитывания по микро-шпону, из двух значений угла вычисляют среднее

$$\beta = (\beta_1 + \beta_2) / 2. \quad (3.5)$$

В табл. 3.2. $\beta = \frac{68^{\circ}17' + 68^{\circ}18'}{2} = 68^{\circ}17'30''$.

3.4. Содержание отчета по работе

После выполнения лабораторной работы студент должен представить:

1. Схему, поясняющую устройство теодолита (рис. 3.1)
2. Изображения отсчетных устройств теодолитов Т30 и 2Т30 с результатами отсчетов, которые получены при выполнении первого занятия.
3. Результаты выполнения проверок теодолита.
4. Журнал измерения горизонтального угла.

Литература

1. Нестеренок М.С. Инженерная геодезия. Высшая школа. Минск. 1986, с. 46-61.
2. Хайфец В.С., Данилевич Б.Б. Практикум по инженерной геодезии. Издра. М., 1973, с. 63-91.

4. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. Изучение нивелира

4.1. Общие сведения

Нивелир – геодезический прибор, предназначенный для определения превышений между точками при помощи горизонтального визирного луча и вертикально установленных в этих точках реек (рис. 4.1.).

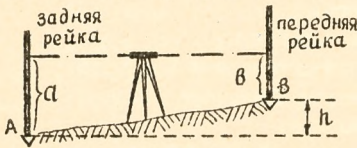


Рис. 4.1. Сущность геометрического нивелирования

На рис. 4.1. отсчеты a и b по задней и передней рейкам; h – превышение между точками А и В ($h = a - b$). В соответствии с государственным стандартом Союза ССР ГОСТ 10528-76 нивелиры выпускают трех типов: Н-05 (высокоточные), Н-3 (точные) и Н-10 (технические). В основу шифра нивелиров положена величина средней

квадратической ошибки в мм (0,5; 3; 10) измерения превышения на 1 км двойного нивелирного хода. В зависимости от устройства, применяемого для приведения визирной оси трубы в горизонтальное положение, нивелиры всех типов выпускаются двух исполнений: с уровнем при зрительной трубе и с компенсатором углов наклона визирной оси. При наличии компенсатора в шифре нивелира добавляется буква К (Н-05К, Н-3К, Н-10К).

Соответственно нивелирам ГОСТ 1058-76 предписывает выпуск нивелирных реек РН-05 (односторонняя штриховая), РН-3 (двухсторонняя шашечная), РН-10 (двухсторонняя шашечная).

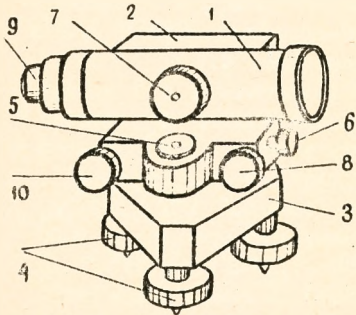
4.1.1. Устройство нивелира Н-3 (НВ-1)

Нивелир Н-3 предназначен для нивелирования III и IV классов, а также для инженерно-геодезических работ при изысканиях и в строительстве. Технические данные нивелира Н-3: увеличение зрительной трубы $\Gamma = 30^{\times}$; коэффициент дальномера $K = 100$; цена деления круглого уровня $\tau_k = 10''$; цилиндрического $\tau_c = 15''$.

На рис. 4.2. изображен внешний вид нивелира с указанием наименований основных частей.

Главная часть нивелира – зрительная труба 1 и контактный цилиндрический уровень 2 неподвижно скреплены между собой и имеют общий корпус, основанием которого служит трегер 3 с тремя подъемными винтами 4. Корпус вращается вокруг вертикальной оси. Приведение нивели-

ра в рабочее положение (установку оси вращения в отвесное положение) выполняют подъемными винтами 4 по круглому уровню 5. После грубой наводки на рейку положение зрительной трубы I фиксируют винтом 6 закрепительного устройства. Кремальерой 7 добиваются четкого изображения рейки в поле зрения трубы (установка трубы по предмету).



- 1 - зрительная труба;
- 2 - коробка цилиндрического уровня;
- 3 - треггер;
- 4 - подъемные винты;
- 5 - круглый установочный уровень;
- 6 - закрепительный винт корпуса;
- 7 - кремальера;
- 8 - наводящий винт;
- 9 - окуляр;
- 10 - элевационный винт.

Рис. 4.2. Внешний вид нивелира Н-3

Точное наведение трубы на рейку осуществляют наводящим винтом 8. Установку трубы по глазу (четкое изображение сетки нитей) выполняют вращением окуляра 9. Установку визирной оси трубы в горизонтальное положение выполняют элевационным винтом 10 по цилиндрическому уровню 2, приводя в оптический контакт концы пузырька (рис. 4.3.в).

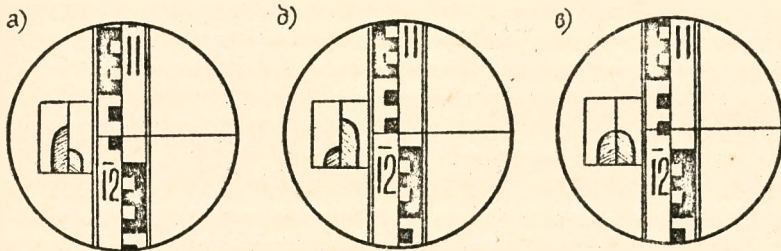


Рис. 4.3. Поле зрения трубы нивелира Н-3 при положении пузырька цилиндрического уровня вне нуля-пункта (а,б) и в нуля-пункте (в)

При соблюдении параллельности оси цилиндрического уровня и визирной оси зрительной трубы отсчет по рейке, равный 1185 (рис. 4.3.в), будет правильным, то есть соответствовать горизонтальной визирной оси.

Если нивелир вместо цилиндрического контактного уровня снабжен компенсатором углов наклона визирной оси зрительной трубы (Н-ЗК),

то, приведением оси вращения нивелира подъемными винтами в вертикальное положение по круглому установочному уровню, обеспечивается самустановка линии визирования в горизонтальное положение.

В отличие от Н-3 нивелир с компенсатором Н-3К не имеет цилиндрического уровня и элевационного винта. Вместо закрепительного и наводящего винтов имеется только один винт бесконечной наводки.

4.2. Оборудование и ТСО

Для выполнения лабораторной работы необходимо следующее оборудование: нивелиры Н-3 (НВ-1), нивелиры Н-3К (Н-4К), нивелирные рейки, штативы (кронштейны), макеты реек, модель местности (панорама), бланки журналов технического нивелирования, микрокалькуляторы.

4.3. Содержание работы

4.3.1. Занятие № 1. Приобретение практических навыков обращения с нивелиром Н-3 и Н-3К

4.3.1.1. Приведение нивелира в рабочее положение

Установите нивелир на штатив (кронштейн), закрепив его становым винтом. Ослабьте закрепительный винт 6 (рис. 4.2.) и поверните корпус нивелира круглым уровнем к себе. Вращая подъемные винты, приведите пузырек уровня в нуль-пункт. Наведите трубу нивелира на рейку и закрепите винт 6. Установите трубу по глазу, вращая окуляр 9, и по предмету - кремальерой 7. Точное наведение трубы на рейку выполните наводящим винтом 8 (Н-3) или винтом бесконечной наводки. Для приведения визирной оси в горизонтальное положение вращайте элевационный винт 10 (рис. 4.2.), пока в поле зрения трубы не будет наблюдаться оптический контакт (рис. 4.3.в).

4.3.1.2. Отсчет по рейке

Нивелирная рейка имеет длину 3 или 4 м, которая разбита на сантиметровые деления. Каждое дециметровое деление подписано. Отсчеты берутся с точностью до 1 мм, оценивая доли сантиметровых делений на глаз. В нашем примере (рис. 4.3.в) отсчет будет 1185 мм.

Рейка имеет две стороны: черную и красную. Отсчет по черной стороне начинается от нуля, а по красной стороне начало счета смещено на 4685 или 4785 мм. Превышения, подсчитанные по черным сторонам реек и по красным, теоретически должны быть равны. Но практически, из-за случайных ошибок, они отличаются. По инструкции расхождение допускается не более 5 мм.

4.3.1.3. Поверки нивелира Н-3

Ознакомившись с устройством нивелира и научившись брать отсчет по рейке, выполните поверки нивелира. У нивелира выполняют следующие поверки.

1. Поверка правильности установки круглого уровня. Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения нивелира. Делается так же как у теодолита. Только приведение и исправление производится всеми тремя подъемными винтами и всеми тремя исправительными винтами. Исправительные винты расположены под круглым уровнем.

2. Поверка правильности установки сетки нитей. Горизонтальная нить сетки должна быть перпендикулярна оси нивелира. Поверка выполняется при помощи рейки. Если разность отсчетов при положении рейки в левой половине поля зрения трубы и в правой будет более 2 мм, то нужно исправлять в мастерской или в заводских условиях.

3. Поверка правильности установки цилиндрического уровня (главное условие), то есть соблюдение параллельности оси уровня и визирной оси трубы, выполняется двойным нивелированием (рис. 4.4.) линии длиной 50-75 м. Учитывая ограниченные размеры лаборатории для проверки необходимо пользоваться макетами реек масштаба 1:5. Тогда и расстояние между точками А и В можно условно считать в 5 раз большим. Нивелир устанавливают на ст. I, элевационным винтом пузырек уровня приводят в ноль-пункт и берут отсчеты a_1 и b_1 по рейкам. Затем нивелир переставляют на ст. 2 и, поступая подобным же образом, берут отсчеты a_2 и b_2 .

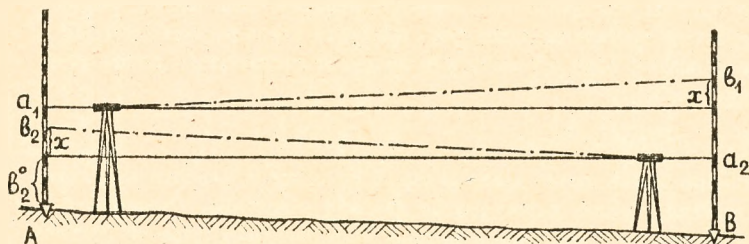


Рис. 4.4. Поверка главного условия нивелира

Если условие выполняется, отсчеты v_1 и v_2 будут содержать ошибку, которая определяется по формуле $\chi = \frac{a_1 + a_2}{2} - \frac{b_1 + b_2}{2}$; и не должна превышать 4 мм при расстоянии между точками А и В 75 м. Исправление производят исправительными винтами цилиндрического уровня (под круглой крышкой возле окуляра), предварительно установив среднюю нить сетки на правильный отсчет $b_2^0 = b_2 + \chi$ элевационным винтом.

4.3.2. Занятие № 2. Техническое нивелирование

В качестве объекта нивелирования следует использовать модель местности (папирamu) с намеченными (закрепленными) на ней реперами, пикетами, промежуточными и плюсовыми точками.

Каждой бригаде (3 - 4 человека) задается участок трассы между двумя реперами с известными отметками (рис. 4.5.).

Необходимо выполнить продольное геометрическое нивелирование трассы, устанавливая нивелир посередине между связующими точками и беря отсчеты по черным и красным сторонам подвесных реек-макетов, устанавливаемых на точках (реперах, пикетах, плюсовых). Результаты нивелирования следует записывать в журнал технического нивелирования (табл. 4.1.)

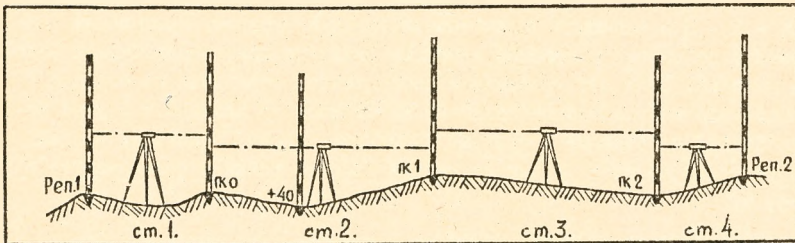


Рис. 4.5. Схема нивелирования трассы на модели местности

Таблица 4.1.

Журнал технического нивелирования

№ станций	№ пикетов и пром. точек	Отсчеты по рейкам, мм			Превышения, мм		Горизонт-инструмента, м	Высота, м
		задний	передн.	промеж.	внчсл.	средн.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Реп. 1	1036	1248		- 212	+4		50,000
	пк 0	5720	5932		- 212	-212		49,792
2	пк 0	1340	1390		- 50	+4	51,134	49,744
	пк 1	6024	6077		- 53	- 52		49,904
	+ 40			1230				
3	пк 1	1880	0426		+1154	+4		50,902
	пк 2	6265	5112		+1153	+1154		
4	пк 2	1318	1022		+ 296	+3		51,200
	Реп. 2	6002	5708		+ 294	+296		
$\Sigma 3 = 29286$		$\Sigma 1 = 26915$			$\Sigma = +2370$	$\Sigma = +1185$		$f_n = - 15$ мм
$\Sigma 3 - \Sigma 1 = + 2370$								$H_{II} - H_{II} = + 1200$ мм

Порядок работы на станции

1. Установите нивелир на штативе примерно посередине между исходным репером и нулевым пикетом (пк 0) и приведите его в рабочее положение.

2. Наведите зрительную трубу на заднюю рейку (Реп. I).

3. Элевационным винтом приведите пузырек цилиндрического уровня в нуль-пункт.

4. Возьмите отсчет по черной и красной сторонам рейки и запишите их в графу 3 журнала.

5. Наведите трубу нивелира на переднюю рейку (пк 0) и выполните действия, указанные в п.п. 3 и 4, записав отсчеты в графу 4.

6. Выполните контроль на станции, вычислив превышения по формуле $h = 3 - \Pi$ и запишите превышения в графу 6 журнала. Превышения, полученные по черной и красной сторонам рейки не должны отличаться более чем на 5 мм. Если это требование соблюдается, перейдите на станцию 2 и выполните нивелирование подобным же образом. В противном случае нивелирование на станции I следует выполнить заново. Отсчет на промежуточную точку берется только по черной стороне рейки и записывается в графу 5.

Обработка журнала включает:

1) вычисляют средние превышения с записью их в графу 7;

2) выполняют контроль правильности вычисления превышений (постраничный контроль): $\sum 3 - \sum \Pi = \sum h_{\text{выч}} = 2 \sum h_{\text{ср}}$;

3) вычисляют невязку хода по формуле:

$$f_h = \sum h_{\text{выч}} - (H_K - H_N), \quad (4.1.)$$

где $\sum h_{\text{ср}}$ - сумма средних превышений (в приведенном примере $\sum h_{\text{ср}} = 1185$);
 H_K и H_N - высоты конечного и начального реперов (взять из каталога высот реперов, табл. 4.2.).

Если f_h не превышает $f_{h \text{ доп}} = 50 \sqrt{L}$ мм, где

L - длина хода в км ($L = 0,3$ км для всех вариантов), нивелирование выполнено правильно.

4) Невязку, взятую с обратным знаком, распределяют поровну в каждое среднее превышение;

б) вычисляют отметки связующих точек (графа 9)

$$H_{\text{посл.}} = H_{\text{пред.}} + h_{\text{ср}} + V, \quad (4.2.)$$

где $H_{\text{посл.}}$ - отметка последующей связующей точки;

$H_{\text{пред.}}$ - отметка предыдущей точки;

$h_{\text{ср}}$ - среднее превышение между точками;

V - поправка, полученная в результате распределения невязки.

Например, отметка ПК 0 получается

$$H_{\text{ПК } 0} = 50.000 - 0,212 + 0,004 = 49,792.$$

- 6) Вычисляют горизонт инструмента (ГИ) для станций, с которых нивелировались промежуточные точки. Горизонт инструмента равен отметке точки плюс отсчет по рейке (по черной стороне), стоящей на этой точке. Для станции 2 $GI = 49,744 + 1,390 = 51,134$ м,
или $GI = 49,792 + 1,340 = 51,132$ м.

Разница в 2 мм получилась за счет распределения невязки. Горизонт инструмента записывают в графу 8.

- 7) Вычисляют отметки промежуточных точек. Отметка промежуточной точки равна горизонту инструмента минус отсчет по рейке, стоящей на промежуточной точке.

Для промежуточной точки ПК I + 40

$$H_{(+40)} = 51,134 - 1,230 = 49,904$$

Таблица 4.2.

Каталог высот реперов на панораме в лаборатории 209

№ реперов	Высоты	№ реперов	Высоты	№ реперов	Высоты	№ реперов	Высоты
1	50.000	3	49.793	5	50.040	7	49.805
2	49.890	4	49.761	6	49.805	8	49.935

4.4. Содержание отчета по работе

Отчет должен содержать: описание основных приемов работы с нивелиром - приведение в рабочее положение, подготовку трубы к работе, методики нивелирования (работа на станции); схему нивелира с указанием наименований основных частей, рисунок поля зрения трубы нивелира, схему проверки главного условия; журнал технического нивелирования трассы.

4.5. Литература

1. Федоров В.И., Шидов Г.И. Инженерная геодезия. М., Недра, 1982. с. 140-149, 150-151.
2. Инженерная геодезия. Под редакцией П.С.Закатова 2-е изд., М., Недра, 1978, с.215-218, 232-238.
3. Хейфец В.С., Данилевич Б.В. Практикум по инженерной геодезии. М., Недра, 1979, с. 159-164.

5. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4. Изучение тахеометра

5.1. Общие сведения

Тахеометр – это инструмент с вертикальным кругом, дальномером, предназначенный для измерения вертикальных углов, длин линий и превышений. ГОСТ 10812-74 предусматривает выпуск следующих тахеометров:

- ТЭ – тахеометр электрооптический для измерения расстояний, горизонтальных и вертикальных углов;
- ТД – тахеометр с дальномером двойного изображения для определения превышений и расстояний по горизонтальной рейке;
- ТН – тахеометр номограммный для определения горизонтальных расстояний и превышений;
- ТВ – тахеометр внутрибазовый безрейчный для измерения расстояний и превышений.

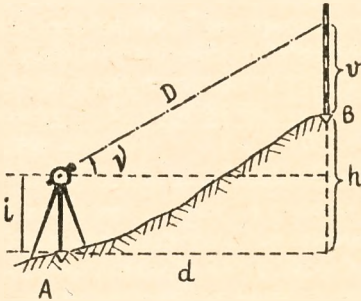


Рис. 5.1. Схема тригонометрического нивелирования

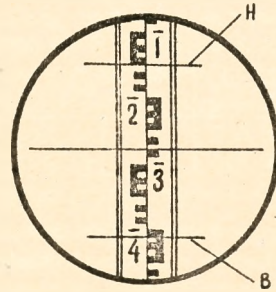


Рис. 5.2. Определение расстояния нитяным дальномером

Для тахеометрической съемки обычно используют теодолиты с дальномером и вертикальным кругом, типа Т15, 2Т30, Т30, 2Т30П и т.д. Горизонтальное расстояние d и превышение h (рис. 5.1.) определяют косвенным способом и вычисляют по формулам

$$d = D \cdot \cos^2 \nu ; \quad (5.1.)$$

$$h = \frac{1}{2} D \cdot \sin 2\nu + i - v , \quad (5.2.)$$

где D – расстояние, измеренное нитяным дальномером;
 ν – вертикальный угол (угол между горизонтальной плоскостью и линией визирования);
 i – высота инструмента (расстояние по отвесной линии от точки на поверхности земли до оси вращения зрительной трубы теодолита);

v - высота наведения (расстояние от пятки рейки до точки визирования на рейке).

Расстояние D измеряют нитяным дальномером и вычисляют по формуле

$$D = K \cdot n, \quad (5.3.)$$

где K - коэффициент дальномера ($K = 100$);

n - число сантиметровых делений рейки между дальномерными нитями B и H (Рис. 5.2.).

На рис. 5.2. отсчет по верхней нити B равен 41 см, а по нижней H - 15 см, следовательно $n = B - H = 41 - 15 = 26$ см; $D = K \cdot n = 100 \cdot 26 \text{ см} = 2600 \text{ см} = 26 \text{ м}$.

5.2. Измерение вертикального угла теодолитом

Угол между горизонтальной плоскостью и направлением визирной оси зрительной трубы называется углом наклона (вертикальным углом). Измерение вертикальных углов производится при помощи вертикального круга теодолита, лимб которого скреплен с осью трубы и вращается вместе с ней, а отсчетный индекс остается неподвижным при любом положении зрительной трубы.

При измерении вертикальных углов теодолит приводят в рабочее положение, визируют на точку средней нити при двух положениях вертикального круга (КП и КЛ) и берут отсчеты по нему. В теодолитах, оснащенных уровнем при алидаде вертикального круга (ТТ-5, Т15, Т5 и др.) перед взятием отсчета пузырек уровня приводят в нуль-пункт установочным винтом $I4$ (рис. 3.1.). Для теодолитов Т30, 2Т30 перед взятием отсчета необходимо убедиться, что пузырек уровня при горизонтальном круге находится в нуль-пункте.

5.2.1. Вычисление вертикальных углов

При вычислении вертикальных углов следует помнить, что вертикальный угол ν - это острый угол, который может быть положительным (рис. 5.3.а) либо отрицательным (рис. 5.3.б) в зависимости от направления визирной оси ZZ относительно линии горизонта UU

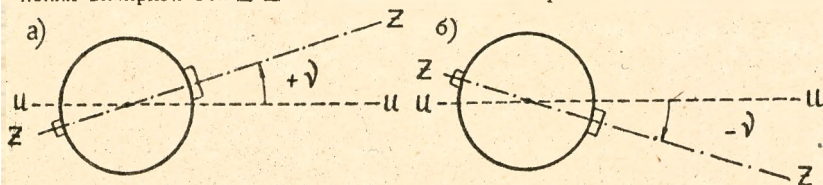


Рис. 5.3. Определение угла наклона визирной линии

При вычислении угла наклона вводится понятие "место нуля" (МО). МО - это отсчет по вертикальному кругу при горизонтальном положении визирной оси зрительной трубы и оси цилиндрического уровня при вертикальном круге (или горизонтальном для теодолитов Т30 и 2Т30).

Лимбы вертикальных кругов различных типов теодолитов оцифрованы по-разному. Поэтому вычисление вертикального угла имеет свои особенности для каждой группы теодолитов.

Ниже рассмотрены особенности вычисления МО и вертикальных углов, измеренных теодолитами ТТ-5, Т30 и 2Т30.

Теодолит ТТ-5. У ТТ-5 деления на лимбе оцифрованы от 0° до 360° по ходу часовой стрелки. Поэтому формулы для вычисления МО и \checkmark следующие:

$$МО = (R + L) / 2, \quad (5.4.)$$

где R и L - отсчеты по вертикальному кругу соответственно при круге "право" и "лево".

$$\checkmark = (R - L) / 2; \quad (5.5.)$$

$$\checkmark = R - МО; \quad (5.6.)$$

$$\checkmark = МО - L. \quad (5.7.)$$

Примечания:

1. При использовании формул 5.4. и 5.5. к отсчету менее 90° нужно прибавить 360° ; если МО получилось более 360° от него нужно вычесть 360° .

2. В случае, если разности, вычисленные по формулам 5.6. и 5.7. оказались в пределах от 360° до 270° , то их нужно привести к острому вертикальному углу, при этом от положительной разности нужно отнять 360° а к отрицательной прибавить.

Пример 1. Дано: $R = 30^{\circ}26'$; $L = 329^{\circ}38'$. Определить МО и \checkmark .
Здесь $R < 90^{\circ}$, следовательно $R + 360^{\circ} = 390^{\circ}26'$;

$$МО = (R + L) / 2 = (390^{\circ}26' + 329^{\circ}38') / 2 = 360^{\circ}02' = 0^{\circ}02';$$

$$\checkmark = (R - L) / 2 = (390^{\circ}26' - 329^{\circ}38') / 2 = + 30^{\circ}24';$$

$$\checkmark = R - МО = 30^{\circ}26' - 0^{\circ}02' = + 30^{\circ}24';$$

$$\checkmark = МО - L = 0^{\circ}02' - 329^{\circ}38' = - 329^{\circ}36' + 360^{\circ} = + 30^{\circ}24'.$$

Пример 2. Дано: $R = 330^{\circ}36'$; $L = 29^{\circ}22'$. Определить МО и \checkmark .
Здесь $L < 90^{\circ}$, следовательно $L + 360^{\circ} = 389^{\circ}22'$;

$$МО = (R + L) / 2 = (330^{\circ}36' + 389^{\circ}22') / 2 = 359^{\circ}59';$$

$$\checkmark = (R - L) / 2 = (330^{\circ}36' - 389^{\circ}22') / 2 = - 29^{\circ}23';$$

$$\checkmark = R - МО = 330^{\circ}36' - 359^{\circ}59' = - 29^{\circ}23';$$

$$\checkmark = МО - L = 359^{\circ}59' - 29^{\circ}22' = 330^{\circ}37' - 360^{\circ} = - 29^{\circ}23'.$$

Тахеометрическую съемку теодолитом ТТ-5 выполняют при круге "право", поэтому вертикальный угол вычисляют по формуле 5.6.

Теодолит Т30. Лимб вертикального круга теодолита Т30 оцифрован от 0° до 360° против хода часовой стрелки. Поэтому

$$MO = (L + R - 180^\circ) / 2 ; \quad (5.8)$$

$$\checkmark = (L - R + 180^\circ) / 2 ; \quad (5.9)$$

$$\checkmark = MO - R + 180^\circ ; \quad (5.10)$$

$$\checkmark = L - MO. \quad (5.11)$$

Примечания:

1. Если MO , вычисленное по формуле 5.8 получилось отрицательным, то к нему нужно прибавить 360° .

2. Если отсчет L находится в пределах от 270° до 360° , то в формулах 5.8, 5.9, 5.11 от L нужно вычесть 360° . (Исключением для формулы 5.11 является случай, когда MO находится в тех же пределах).

3. Если MO находится в пределах от 270° до 360° , а $L < 90^\circ$, то к L нужно прибавить 360° при вычислении угла по формуле 5.11.

Пример 3. Дано: $L = 28^\circ 25'$; $R = 151^\circ 31'$. Определить MO и \checkmark .

$$MO = (L + R - 180^\circ) / 2 = (28^\circ 25' + 151^\circ 31' - 180^\circ) / 2 = -0^\circ 02' + 360^\circ = 359^\circ 58' ;$$

$$\checkmark = (L - R + 180^\circ) / 2 = (28^\circ 25' - 151^\circ 31' + 180^\circ) / 2 = +28^\circ 27' ;$$

$$\checkmark = MO - R + 180^\circ = 359^\circ 58' - 151^\circ 31' + 180^\circ = +28^\circ 27' ;$$

$$\checkmark = L - MO = 28^\circ 25' + 360^\circ - 359^\circ 58' = +28^\circ 27' .$$

Пример 4. Дано: $L = 332^\circ 00'$; $R = 208^\circ 06'$. Определить MO и \checkmark .

$$MO = (L + R - 180^\circ) / 2 = (332^\circ 00' - 360^\circ + 208^\circ 06' - 180^\circ) / 2 = 0^\circ 03' ;$$

$$\checkmark = (L - R + 180^\circ) / 2 = (332^\circ 00' - 360^\circ - 208^\circ 06' + 180^\circ) / 2 = -28^\circ 03' ;$$

$$\checkmark = MO - R + 180^\circ = 0^\circ 03' - 208^\circ 06' + 180^\circ = -28^\circ 03' ;$$

$$\checkmark = L - MO = 332^\circ 00' - 360^\circ = -28^\circ 03' .$$

Тахеометрическую съемку теодолитом Т30 выполняют при круге "лево" и вертикальный угол вычисляют по формуле 5.11.

Теодолит 2Т30. Лимб теодолита 2Т30 оцифрован в обе стороны от 0° до $+60^\circ$ и -60° . Поэтому

$$MO = (L + R) / 2 ; \quad (5.12)$$

$$\checkmark = (L - R) / 2 ; \quad (5.13)$$

$$\checkmark = MO - R ; \quad (5.14)$$

$$\checkmark = L - MO.$$

Пример 5. Дано: $L = +28^{\circ}15'$; $R = -28^{\circ}19'$. Определить MO и \checkmark .

$$MO = (L + R) / 2 = (+28^{\circ}15' - 28^{\circ}19') / 2 = - 0^{\circ}02';$$

$$\checkmark = (L - R) / 2 = (+28^{\circ}15' - (-28^{\circ}19')) / 2 = +28^{\circ}17';$$

$$\checkmark = MO - L = - 0^{\circ}02' - (- 28^{\circ}19') = + 28^{\circ}17';$$

$$\checkmark = L - MO = + 28^{\circ}15' - (- 0^{\circ}02') = + 28^{\circ}17'.$$

Тахеометрическую съемку теодолитом 2Т30 выполняют при круге "лево" и вертикальный угол вычисляют по формуле 5.15.

5.2.2. Приведение MO вертикального круга к 0°

Для исправления MO в теодолитах с уровнем при алидаде вертикального круга (ТТ-5, Т15, Т5 и др.) дважды определяют MO и вычисляют по формуле 5.4. Если, полученные значения расходятся не более допустимого значения (для ТТ-5 - $1'$), то это свидетельствует о правильности определения MO . Для исправления MO приводят пузырек уровня при вертикальном круге на середину и при положении, например, КП, действуя наводящим винтом зрительной трубы, устанавливают отсчет по лимбу, равный MO , при этом визирная ось трубы займет горизонтальное положение. Далее, действуя установочным винтом алидады (уровня), совмещают нулевой индекс алидады с нулевым штрихом лимба. После чего визирная ось не изменит горизонтального положения, отсчет по лимбу будет равен нулю, а пузырек уровня сойдет с середины. Исправительными винтами уровня его пузырек приводят в нуль-пункт. В результате всех этих действий ось уровня и визирная ось будут горизонтальными, а отсчет по лимбу - равным нулю.

Для исправления MO в теодолитах Т30 и 2Т30 вычисленное значение угла наклона \checkmark , устанавливают на лимбе, действуя наводящим винтом зрительной трубы. Затем, приведя пузырек уровня при алидаде горизонтального круга с помощью подъемных винтов на середину, перемещают сетку нитей по вертикали при помощи вертикальных исправительных винтов до совмещения изображения точки M с горизонтальной нитью сетки.

После исправления заново определяют MO .

5.3. Оборудование, ТСО и ЭВМ

Для выполнения лабораторной работы необходимо иметь следующее оборудование: теодолиты, штативы, нивелирные рейки, модель местности (панорама), фотомакеты реек на панораме, микрокалькуляторы, бланки журналов тахеометрической съемки, тахеометрические таблицы.

5.4. Содержание работы

5.4.1. Занятие № 1. Изучение устройства вертикального круга

Установите теодолит на штатив (кронштейн) и приведите его в рабочее положение. Установите положение вертикального круга "круг право" (КП). Пользуясь винтами алидады и зрительной трубы, выполните визирование на произвольную точку М.

Приведите установочным винтом ось уровня при алидаде вертикального круга в горизонтальное положение. У ТЗ0 и 2ТЗ0 приводят пузырек уровня при горизонтальном круге подъемными винтами. Возьмите отсчет по вертикальному кругу и запишите его в соответствующую графу таблицы 5.1.

Аналогичное действие выполните при положении вертикального круга слева (КЛ). Вычислите значения M_0 по формуле 5.4 для теодолита ТТ-5 и 5.8 и 5.12 - для теодолита ТЗ0 и 2ТЗ0.

Если значение M_0 не превышает допуска ($2t$, где t точность инструмента), то вычислите угол наклона по формулам 5.4 - 5.7, 5.9 - 5.11 и 5.13 - 5.15 для соответствующих теодолитов. Если M_0 больше допуска, исправьте его под руководством преподавателя.

Значения вычисленного угла наклона ν должны получаться равными по всем трем формулам. В противном случае проверьте правильность вычисления M_0 и угла наклона ν .

Таблица 5.1

Определение M_0 вертикального круга

№ точек визир.	Тип теодолита	Круг	Отсчеты по веерным		Среднее	M_0
			I	II		
I	ТТ-5	КП	355°38'00"	38'30"	355°38'15"	I'22"
		КЛ	4°24'00"	25'00"	4°24'30"	
II		КП	1°15'00"	15'30"	1°15'15"	I'15"
		КЛ	358°47'00"	47'30"	358°47'15"	

5.4.2. Занятие № 2. Тахеометрическая съемка местности

Вымерить в рабочей тетради журнал тахеометрической съемки (табл. 5.2).

Съемку выполняем в следующем порядке:

1. Установите теодолит над точкой по указанию преподавателя, приведите его в рабочее положение и измерьте высоту теодолита i .
2. Совместите нулевые штрихи лимба в алидаде горизонтального круга и, вращая лимб, выполните визирование на ориентирный пункт (ориентирование).

3. Отвернув алидаду, наведите трубу на рейку (фотомакет на панораме). Определите дальнее расстояние до нее и, наведя среднюю горизонтальную нить на целый отсчет (U), возьмите отсчеты по вертикальному и горизонтальному кругам. Числовую информацию запишите в соответствующие графы табл. 5.2.

Таблица 5.2

Журнал тахеометрической съемки

Точка стояния 2; $H_{ст} = 100,58$ м; Производитель работ $i = 1.30$ м
 Ориентирование на 3: погода ... $MO = 0^{\circ}00'$; КП

№ точек	наблюдения	Расстояние, м	Высота U наведения,	Отсчеты		Угол наклона на γ	Горизонтальное положение, d, м	Превышения h' , м	$i - v$	Превышения h , м	Отметки пикетов H , м
				по горизон. кругу	по верт. кругу						
1		47.0	1.00	304 ⁰ 15	0 ⁰ 15	+0 ⁰ 15	47.0	+0.20	+0.30	+0.50	101.08
2		45.3	1.40	320 ⁰ 20	1 ⁰ 10	+1 ⁰ 10	45.3	+0.92	-0.10	+0.82	101.40

Закончив съемку, произведите вычисления. Значения углов наклона, превышений h и горизонтальных расстояний d , получите по формулам или тахеометрическим таблицам.

Высоты точек определите по формуле

$$H_T = H_{ст} + h ; \quad (5.16)$$

5.5. Содержание отчета по работе

В описательной части дать определение основных понятий: тахеометр, MO, угол наклона, превышение, тахеометрическая съемка.

Вычислительная часть работы должна быть представлена двумя таблицами 5.1 и 5.2.

5.6. Литература

1. Федоров В.И., Шилов В.И. Инженерная геодезия. М., Недра, 1982, с. 101-108.
2. Хейфец В.С., Данилевич Б.Б. Практикум по инженерной геодезии. М., Недра, 1979, с. 98-103.
3. Нестеренок М.С. Инженерная геодезия. Минск, Высшая школа, 1986, с. 62-63, 116-121.

6. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5. Измерение площадей

6.1. Общие сведения

В зависимости от наличия или отсутствия планов и карт применяют следующие способы определения площадей.

1. Аналитический - вычисление площади по результатам измерений линий и углов на местности с применением формул геометрии, тригонометрии, аналитической геометрии и т.д.

2. Графический - определение по плану или карте, когда участок, изображенный на карте делят на простейшие геометрические фигуры (треугольники, прямоугольники, трапеции и т.д.). В каждой фигуре на плане измеряют высоту и основание, по которым и вычисляют площадь, используя формулы геометрии.

3. Механический - определение по плану площади при помощи специальных приборов - **п л а н и м е т р о в**. Планиметром называют прибор, позволяющий получить площадь любой фигуры путем ее обвода.

Последний способ получил наибольшее распространение. Поэтому в лабораторной работе основное внимание уделено изучению планиметра и практике определения площадей при помощи планиметра.

Планиметр полярный двухкареточный (ПШ-2К) состоит из полюсного I и обводного 2 рычагов (рис. 6.1а).

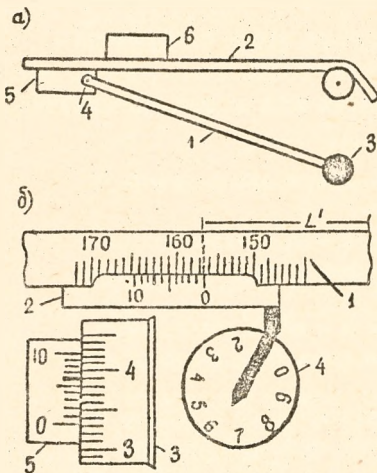


Рис. 6.1. Схема устройства планиметра (а); устройство счетного механизма (б)

Полюсный рычаг имеет полосу 3 с иглой для закрепления планиметра через бумагу на основе и шарнирное устройство 4 для соединения полюсного рычага с обводным.

На обводном рычаге два счетных механизма: основной 5 и дополнительный 6. Они могут передвигаться по обводному рычагу, изменяя его длину. Длина обводного рычага 2 (рис. 6.1.а) отсчитывается по шкале I обводного рычага при помощи верньера 2. На рис. 6.1.б $L' = 156,7$. Основной и дополнительный счетный механизм имеет одинаковое устройство.

Счетный механизм (рис. 6.1.б) содержит счетное колесо 3, которое вращается при обвода кон-

тура; количество полных оборотов счетного колеса фиксируется на циферблате 4; верньер 5 позволяет отсчитывать тысячные доли оборота счетного колеса.

Отсчет по механизму содержит четыре цифры (на рис. 6.1.б отсчет $n = 6336$). Первая цифра (6) отсчитывается по стрелке циферблата, вторая (3) и третья (3) берется по шкале счетного колеса до нулевого штриха верньера, четвертая (6) соответствует штриху верньера, совпадающему с штрихом колеса.

При закреплении полюса вне фигуры, площадь которой требуется определить, площадь S фигуры в га определяется по формуле

$$S = M \cdot p, \quad (6.1)$$

$$\text{где } p = (n_k - n_n); \quad M = \frac{S'}{p'}$$

M - цена деления планиметра;

p - площадь контура в делениях планиметра;

n_n, n_k - соответственно отсчеты до обвода фигуры и после;

S' - известная площадь в га;

p' - площадь того же контура, выраженная в делениях планиметра, т.е. $p' = n'_k - n'_n$. Здесь n'_k и n'_n - отсчеты по механизму планиметра до обвода и после обвода заранее известной площади.

6.2. Оборудование, ТСО и ЭВМ

Для выполнения лабораторной работы требуется полярный планиметр, карта либо основа для измерения площади, микрокалькулятор.

6.3. Содержание работы. Работа рассчитана на одно занятие (2 часа).

6.3.1. Определение цены деления планиметра

Ценой деления планиметра называется площадь, выраженная в га, соответствующая одному делению планиметра.

Для определения цены деления используют контур с известной площадью. Таким контуром может быть квадрат координатной сетки. На карте масштаба 1:10 000 площадь квадрата $S' = 100$ га.

Квадрат обводят дважды. Отсчеты до обвода и после обвода берут по двум счетным механизмам и записывают их в табл. 6.1. в порядке, указанном цифрами (в скобках).

В графы 1 и 4 записывают отсчеты соответственно по основному и дополнительному механизмам. Вначале записывают начальные отсчеты (4593 и 5320), затем после обвода контура (5578 и 6309) и наконец после повторного обвода (6552 и 7293). В графы 2 и 5 записывают вычисленные разности между последующими и предыдущими отсчетами, а в графы 3 и 6 средние их значения и, наконец, в графу 7 записывают среднее значение

из двух механизмов ($P' = 0984$), округляя все усредненные величины до целых делений планиметра. Далее вычисляют цену деления планиметра в га по формуле

$$M' = \frac{S'}{P'} \text{ га.} \quad (6.2.)$$

Таблица 6.1.

Определение цены деления планиметра

Планиметр К $L' = 156,7$; $S' = 100$ га

Основной счетный механизм			Дополнит. счетный механизм			Среднее
Отсчеты n	Разность отсчетов $n_k - n_n$	Среднее из разн. отсчетов	Отсчеты n	Разность отсчетов $n_k - n_n$	Среднее из разн. отсчетов	Из двух ме- ханизмов P'
1	2	3	4	5	6	7
4593(1)	0985		5320(2)	0989		
5578(3)	0974	0980	6309(4)	0984	0986	0983
6552(5)			7293(6)			

$$M' = \frac{S'}{P'} = \frac{100}{0983} = 0,1016$$

Для данных табл. 6.1. $M' = 0,1016$ га при длине обводного рычага $L' = 156,7$ мм. Такая цена деления планиметра неудобна для вычислений, поэтому целесообразно ее привести к удобной ($M = 0,1000$ га) за счет изменения длины обводного рычага. Последнюю находят по формуле

$$L = \frac{M \cdot L'}{M'} \quad (6.3)$$

Для приведенного примера

$$L = \frac{0,1000 \cdot 156,7}{0,1016} = 154,2 \text{ мм.}$$

Вычисленную длину рычага устанавливают перемещением основной каретки (рис. 6.1.а) вдоль обводного рычага 2.

6.3.2. Определение площади

При определении площади контур обводят один раз. При этом берут отсчеты до начала обвода и после по двум счетным механизмам. Так же как и при определении цены деления находят среднюю разность P из двух измерений. По формуле 6.1. определяют площадь фигуры.

Таблица 6.2.

Журнал измерения площади

Основной счетный механизм		Дополнительный счетный механизм		Среднее из двух счетных механизмов.	Цена деления М	Площадь в га S
Отсчеты n	Разность отсчетов	Отсчеты n	Разность отсчетов			
8797	1525	9373	1533	1529	0,1000	152,9
0322		0906				

Для примера, приведенного в табл. 6.2. получаем

$$S = M \cdot p = 0,1000 \cdot 152,9 \text{ га.}$$

6.4. Материалы, подлежащие сдаче

1. Рисунок планиметра с перечислением основных частей отсчетного приспособления и указанием отсчета.
2. Журнал определения цены деления планиметра.
3. Вычисление длины обводного рычага при удобной цене деления.
4. Журнал измерения площади контура.

6.5. Литература

1. Шилов П.И., Федоров В.И. Инженерная геодезия и аэрогеодезия. М., Недра, 1971, с. 133-138.
2. Закатов П.С. Инженерная геодезия. М., Недра, 1976, с. 56-59.
3. Хейфец В.С., Данилевич Б.Б. Практикум по инженерной геодезии. М. Недра, 1979, с. 33-43.

7. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6. Вертикальная планировка поверхности

7.1. Общие сведения

Существующая топографическая поверхность не всегда способствует рациональному размещению инженерных сооружений. Преобразование этой поверхности в другую, обеспечивающую наилучшие условия постройки и эксплуатации сооружений, составляет основное содержание вертикальной планировки.

Задачи вертикальной планировки решают при промышленном и гражданском строительстве, при строительстве и благоустройстве населенных мест, постройке железных и автомобильных дорог, аэродромов, портов, при ирригационном строительстве и т.д.

Вертикальная планировка осуществляется с соблюдением условий минимума объемов земляных работ и минимума перемещений земляных масс. Разность между объемами насыпей и выемок называется балансом земляных работ.

Вертикальную планировку стремятся осуществить с нулевым балансом земляных работ, т.е. уравниванием земляных масс. К устройству резервов, т.е. выемок для добычи грунта и кавальеров-насыпей из лишнего грунта прибегают в исключительных случаях. Если не удается достигнуть уравнивания земляных масс, то экономически, в большинстве случаев, более выгоден отрицательный баланс земляных работ, когда объем выемки превышает объем насыпи. Излишний грунт легче используют при последующих планировочных работах, чем организовать специальную добычу грунта.

Основой для проектирования вертикальной планировки служат топографические планы масштабов $1:5000 \div 1:500$, составленные по результатам нивелирования строительной площадки по квадратам.

7.2. Оборудование, ТСО и ЭВМ

Для выполнения данной лабораторной работы необходимо приготовить 3 листа миллиметровой бумаги размером 210×297 мм. Все вычисления вести на микрокалькуляторе.

7.3. Содержание работы

Лабораторная работа рассчитана на три аудиторных занятия (6 часов).

7.3.1. Занятие № I. Вычисление отметок вершин квадратов

При нивелировании поверхности по сетке квадратов, разбиваемой на участке, все отсчеты по рейкам заносят в полевую схему нивелирования, являющуюся журналом нивелирования (рис. 7.1.). В схеме кружками обозначены связующие точки, места постановки нивелира - треугольнички с указанием номера станции.

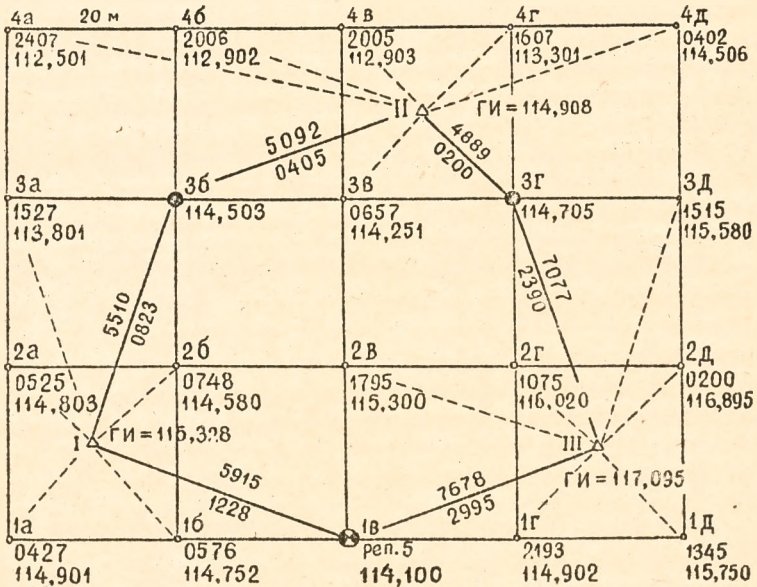


Рис. 7.1. Схема нивелирования сетки квадратов

Связующие точки и репер 5 образуют замкнутый нивелирный ход. Отсчеты, взятые по двум сторонам реек записаны по линиям нивелирования. Вершины квадратов нивелировались, как промежуточные точки. Отсчеты по черной стороне рейки записаны около вершин квадратов. В результате обработки полевого журнала получают отметки всех пронивелированных точек с точностью до 0,001 м.

Результаты вычислений отметок связующих точек заносят в ведомости вычисления отметок связующих точек (табл. 7.1.). В графу I выписывают номера точек нивелирного хода (I в(реп.5) - 3б - 3г - 1в (реп.5)). Превышения между соседними точками, вычисленные по черной и красной

сторонам рек, записывают в графу 2 (например превышения между точками Ив - 3б, измеренные со станции № I будут равны: $h_k = 5915 - 5510 = +0405$ мм; $h_c = 1228 - 0823 = +0405$ мм). Из двух полученных превышений вычисляют среднее h_{cp} с округлением до 1 мм и записывают в графу 3.

Таблица 7.1.

Ведомость вычисления отметок связующих точек

Номера точек	Превышения, мм		Поправки, мм	Исправленные превышения, мм	Отметки точек, м
	вычисленные	средние			
1	2	3	4	5	6
ИВ(реп. 5) 3б	+ 0405 +0405	+ 0405	- 2	+ 0403	II4.100
	+0203 +0205	+0204	- 2	+ 0202	II4.503
3г					II4.705
ИВ(реп. 5)	- 0601 - 0605	-0603	- 2	- 0605	II4.100
		$\Sigma = + 0609$ $\Sigma = - 0603$		+ 0605 - 0605	
$f_h = +6$ мм $f_{h \text{ доп}} = \pm 10\sqrt{3} = 17$ мм					

Далее вычисляют полученную и допустимую невязку в превышениях между связующими точками. Теоретически алгебраическая сумма всех превышений по замкнутому ходу должна быть равна нулю ($\Sigma h_{cp} = 0$), но в силу накопления погрешностей измерений практически получается невязка, т.е. $f_h = \Sigma h_{cp}$

Допустимую невязку вычисляют по формуле

$$f_{h \text{ доп}} = \pm 10\sqrt{n} \text{ мм}, \quad (7.1)$$

где n - число станций.

Если полученная невязка меньше допустимой, то ее распределяют с обратным знаком, по возможности равномерно по всем превышениям, округляя поправки до 1 мм. При этом необходимо помнить, что абсолютная сумма всех поправок должна быть равна полученной невязке. Поправки записывают в графу 4, а исправленные превышения - в графу 5. Сумма исправленных превышений должна быть равна нулю.

Затем вычисляют отметки связующих точек (графа 6).

Исходная отметка репера 5 (точка Ив) задается преподавателем.

Отметки остальных связующих точек вычисляют по правилу: отметка последующей точки равна отметке предыдущей точки плюс исправленных

превышение между ними.

В нашем примере отметка репера $H_{\text{реп.}} = 114.100$ м. Отметки остальных связующих точек получились из вычислений:

$$H_{36} = 114.100 + 0.403 = 114.503;$$

$$H_{37} = 114.503 + 0.202 = 114.705;$$

$$H_{\text{реп.}} = 114.705 - 0.605 = 114.100.$$

Контролем вычисления отметок по замкнутому ходу служит получение отметки исходного репера.

Отметки остальных вершин квадратов вычисляют в следующем порядке. Так как остальные вершины квадратов нивелировались как промежуточные точки, то их отметки определяют методом горизонта инструмента ГИ: отметка промежуточной точки равна ГИ минус отсчет на эту точку. При этом ГИ берется для той станции, с которой данная промежуточная точка нивелировалась.

В рассматриваемом примере ГИ на станции 1, 2 и 3 получились

$$ГИ_1 = 114.100 + 1.228 = 115.328;$$

$$ГИ_2 = 114.503 + 0.405 = 114.908;$$

$$ГИ_3 = 114.705 + 2.390 = 117.095,$$

а отметки промежуточных точек

$$H_{1a} = 115.328 - 0.427 = 114.901;$$

$$H_{2a} = 115.328 - 0.525 = 114.803, \quad \text{и т.д.}$$

Все вычисленные отметки точек записывают в журнале около соответствующих вершин квадратов под отсчетом по рейке (рис. 7.1).

7.3.2. Занятие № 2. Вычисление проектной отметки и определение линии нулевых работ

Если рельеф участка должен быть спланирован горизонтальной площадкой под условием нулевого баланса земляных работ, то проектную отметку такой площадки вычисляют по формуле

$$H_{\text{пр}} = \frac{\sum H_1 + 2 \sum H_2 + 3 \sum H_3 + 4 \sum H_4}{4n}, \quad (7.2.)$$

где n - число квадратов;

$\sum H_1, \sum H_2, \sum H_3, \sum H_4$ - сумма отметок вершин, входящих в один, два, три и четыре квадрата.

В рассматриваемом примере:

$$\sum H_1 = 112.501 + 114.503 + 115.750 + 114.901 = 457.658 \text{ м};$$

$$\begin{aligned} \sum H_2 &= 112.902 + 112.903 + 113.301 + 115.580 + 116.895 + \\ &+ 114.902 + 114.100 + 114.752 + 114.803 + 113.801 = \\ &= 1143.939 \text{ м}; \end{aligned}$$

$$\Sigma H_4 = 114.503 + 114.251 + 114.705 + 116.020 + 115.300 + 114.580 = 689.359 \text{ м};$$

$$H_{np} = \frac{457.658 + 2 \times 114.939 + 4 \times 689.359}{4 \times 12} = 114.65 \text{ м.}$$

Используя проектную отметку (H_{np}) и значения фактических отметок (H_f) вершин квадратов вычисляют рабочие отметки (h) для случая проектирования горизонтальной площади по формуле

$$h = H_{np} - H_f \quad (7.3.)$$

Положительные значения h_n выражают высоту насыпи грунта, отрицательные значения h_n показывают глубину выемки (срезки грунта).

Исходными данными для проектирования наклонной площадки являются фактические отметки вершин квадратов, проектная отметка центра тяжести площадки и уклоны по взаимноперпендикулярным сторонам квадратов.

Проектную отметку любой точки, расположенной на расстоянии d_x и d_y от исходной находят из соотношения

$$H_{np}^i = H_{np} \pm d_x \cdot i_x \pm d_y \cdot i_y, \quad (7.4.)$$

где i_x, i_y - заданные уклоны.

Например, проектные отметки точек 3в и 2в при $i_x = 0.006$;

$i_y = 0$ будут:

$$H_{np}^{3в} = 114.65 - 10 \times 0.006 = 114.59 \text{ м};$$

$$H_{np}^{2в} = 114.65 + 10 \times 0.006 = 114.71 \text{ м.}$$

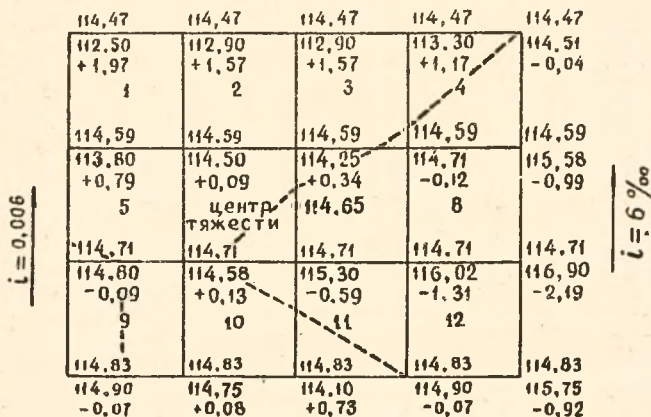


Рис. 7.2. Картограмма земляных масс

Остальные отметки вычисляются аналогичным образом, учитывая, что стороны квадрата в нашем случае равны 20 метров.

Положение точек нулевых работ определяют путем графических построений на сторонах сетки квадратов. Для этого рабочие отметки откладывают в разные стороны на перпендикулярах к сторонам квадратов в одном и том же произвольном масштабе. Соединив все смежные точки нулевых работ, получают положение линии нулевых работ (на рис. 7.2.) она показана пунктирной линией).

7.3.3. Вычисление объемов земляных работ

Объемы земляных работ вычисляют по формулам

$$\text{объем выемки: } V_B = \frac{(\sum h_B)^2}{\sum |h_H + h_B|} \cdot \frac{f}{4}; \quad (7.5.)$$

$$\text{объем насыпи } V_H = \frac{(\sum h_H)^2}{\sum |h_H + h_B|} \cdot \frac{f}{4}; \quad (7.6.)$$

где f - площадь квадрата, м²;

$\sum h_H, \sum h_B$ - сумма рабочих отсыпок соответственно по насыпи и выемке;

$\sum |h_H + h_B|$ - сумма рабочих отметок по абсолютной величине.

Вычисление выполняют в ведомости по форме таблицы 7.2.

Таблица 7.2.

Ведомость вычисления объемов земляных работ

№ квадрата	f	∑ h _H	(∑ h _H) ²	∑ h _B	(∑ h _B) ²	∑ h _H + h _B	Объем	
							V _H	V _B
1	2	3	4	5	6	7	8	9
I	100	4.42	19.54	-	-	4.42	442.1	-
2	100	3.57	12.74	-	-	3.57	357.0	-
3	100	3.08	9.49	0.12	0.01	3.20	296.6	0.3
4	100	1.17	1.37	1.15	1.32	2.32	59.0	56.9
5	100	1.01	1.02	0.09	0.01	1.10	91.8	0.9
6	100	0.56	0.31	0.59	0.35	1.15	26.9	20.4
7	100	0.34	0.12	2.02	4.08	2.36	5.1	172.9
8	100	-	-	4.61	21.25	4.61	-	461.0
9	100	0.21	0.04	0.16	0.02	0.37	11.9	5.4
10	100	0.94	0.88	0.59	0.35	1.53	57.5	22.7
11	100	0.73	0.53	1.97	3.88	2.70	19.6	143.7
12	100	-	-	4.49	20.16	4.49	-	449.0

1367.5 1343.2

Дисбаланс земляных работ вычисляют по формуле

$$\Delta V \% = \frac{\sum V_H - \sum V_B}{\sum V} 100 \leq 5\% \quad (7.7.)$$

Для приведенного примера

$$\Delta U\% = \frac{1367.5 - 1343.2}{1367.5} \cdot 100 = 1,8 < 5\%$$

7.4. Материалы, подлежащие сдаче

1. Схема нивелирования связующих и промежуточных точек в масштабе 1:500 (рис. 7.1.).
2. Ведомость вычисления отметок связующих точек (табл.7.1.).
3. Картограмма земляных работ в масштабе 1:500 (рис.7.2.).
4. Ведомость вычисления объемов земляных работ (табл.7.2.).

7.5. Литература

1. Багратуни Г.В. Инженерная геодезия, М., Недра, 1984, с.213.
2. Голубкин В.И. Геодезия, М., Недра, 1985, с.354-359.
3. Видуев Н.Г. и др. Геодезическое проектирование вертикальной планировки, М., Недра, 1964, с.228-232.

стр.

1. Лабораторная работа № 1	5
2. Лабораторная работа № 2	18
3. Лабораторная работа № 3	25
4. Лабораторная работа № 4	32
5. Лабораторная работа № 5	39
6. Лабораторная работа № 6	43

Составители:

Зюма Витольдовна Еремеева
Николай Гаврилович Жуков
Вера Павловна Жукова
Алексей Михайлович Зеленский
Наталья Васильевна Синякина
Георгий Владимирович Старикович
Виктор Сергеевич Щухоров

Методические указания
к выполнению лабораторных работ по дисциплине
"Инженерная геодезия"

Методические указания утверждены
советом института в качестве
официального материала

Подписано к печати 5.02.1988 г. Бамага писчая № 1 .
Офсетная печать. Формат издания 66 x 84/16. Уч. изд.
л. 3,0. Усл.печ. 2,79. Заказ № 420 . Тираж 500 экз. Бесплатно.
Отпечатано на ротаприте Брестского инженерно-строительного
института. 224017 г.Брест, ул.Московская, 267