

УДК 528.48(076.5)

Рецензент – канд. техн. наук **Н. В. Довгелюк (БелГУТ).**

Практикум по инженерной геодезии: пособие по выполнению лабораторных работ и учебной геодезической практики для студентов безотрывного обучения/ Е.К. Атрошко, М.М. Иванова, Г.М. Куновская и др.; Под ред. Е.К. Атрошко, М.М. Иванова. – Гомель: БелГУТ, 2004. – 107 с.

Рассмотрены инженерно-геодезические задачи, решаемые по топографическим картам и планам; устройство и работа с геодезическими приборами (теодолитами, нивелирами); подробно изложены работы по организации учебной геодезической практики и технология производства теодолитных и нивелирных работ при выполнении топографических съемок местности, а также при изысканиях, строительстве и эксплуатации транспортных и промышленных сооружений; геодезическая подготовка разбивки здания.

Предназначено для использования студентами ФБО БелГУТа при изучении соответствующих разделов курса «Инженерная геодезия».

© Е.К. Атрошко, М.М. Иванова,
Г.М. Куновская Г.Н. Новицкая,
Н.С. Сырова, А.А Ткачев, 2004.

ВВЕДЕНИЕ

«Практикум по инженерной геодезии» предназначен для студентов факультета безотрывного обучения БелГУТа специальностей: «Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство», «Строительство автомобильных дорог и аэродромов», «Промышленное и гражданское строительство», «Организация перевозок и управление на транспорте (железнодорожном)» и «Международные автомобильные перевозки».

Практикум состоит из двух частей:

Часть I – «Лабораторные работы»;

Часть II – «Учебная геодезическая практика».

В первой части подробно рассмотрены основные лабораторные работы, которые выполняют студенты ФБО. Материал при изучении дисциплины «Инженерная геодезия» изложен в виде задания, последовательность расположения которых соответствует типовой и рабочей программе, и содержит основные сведения по топографическим картам и планам с примерами решения типовых инженерных задач по ним; современные геодезические приборы (теодолиты и нивелиры) и методика работы с ними при измерении углов, расстояний и превышений. Для студентов строительных специальностей рассмотрены разбивочные работы для перенесения проектов зданий в натуру.

Во второй части практикума изложены организация проведения учебной геодезической практики и технология производства теодолитных и нивелирных работ при выполнении топографических съемок местности, а также при изысканиях, строительстве и эксплуатации транспортных и промышленных сооружений.

Разделы практикума подготовлены в следующем порядке:

- 1 Введение – доцент Е.К. Атрошко;
- 2 «Решение инженерных задач по топографическим картам и планам» – доцент М.М. Иванова;
- 3 «Теодолиты и работа с ними» – доцент Е.К. Атрошко, старший преподаватель Г.М. Куновская;
- 4 «Нивелиры и работа с ними» – доцент Е.К. Атрошко, ассистент Н.С. Сырова;
- 5 «Разбивочный чертеж для перенесения проекта здания в натуру» – доцент М.М. Иванова;
- 6 «Организация и проведение учебной геодезической практики» – доцент М.М. Иванова;
- 7 «Теодолитные работы» – доцент М.М. Иванова;
- 8 «Трассирование и нивелирные работы» – доцент Е.К. Атрошко, старший преподаватель Г.М. Куновская;

- 9 « Геодезические задачи, решаемые при строительстве инженерных сооружений» – доцент М.М. Иванова, ассистент Г.В. Новицкая;
- 10 «Геодезические наблюдения за фактическим положением элементов железных и автомобильных дорог» – ассистент А.А. Ткачев.

Коллектив авторов выражает благодарность рецензенту Н.В. Довгелюк за труд по улучшению качества практикума.

Часть I. Лабораторные работы

Лабораторная работа № 1

РЕШЕНИЕ ИНЖЕНЕРНЫХ ЗАДАЧ ПО ТОПОГРАФИЧЕСКИМ КАРТАМ И ПЛАНАМ

Цель работы. Закрепление теоретического курса по данному разделу, изучение содержания и рельефа по карте, приобретение навыков в практическом использовании топографических карт, планов при решении различных инженерных вопросов производственного характера.

1 Приборы и принадлежности

- 1 Индивидуальные задания;
- 2 Лист учебной топографической карты М 1:10000 с таблицей условных топографических знаков;
- 3 Линейка длиной 50 см и остро заточенный карандаш;
- 4 Прямоугольный треугольник;
- 5 Измеритель;
- 6 Топографический транспортир с нормальным поперечным масштабом;
- 7 Калькулятор.

2 Порядок выполнения работы

2.1 Изучить номенклатуру карт, систему зарамочных подписей, условные знаки, научиться читать топографическую карту.

По учебнику изучить систему разграфки листов и номенклатуру.

Подписи внутренней рамки листа обозначают: долготы западного ($L_з=18^\circ 03' 45''$) и восточного ($L_в=18^\circ 07' 30''$) меридианов; широты северной ($B_с=54^\circ 42' 30''$) и южной ($B_ю=54^\circ 40' 00''$) параллелей (см. рисунок 1) и располагаются по обе стороны меридианов и параллелей. Изучив зарамочные подписи, заполнить общую характеристику листа карты. По величинам $B_с$ и $B_ю$ определить размер листа по широте, как разность $B_с - B_ю$. По разностям долгот восточного и западного меридианов вычислить размер листа по долготе ($L_в - L_з$). Записать масштаб карты и высоту сечения рельефа.

На топографической карте построена координатная сетка (см. рисунок 1) в виде квадратов со стороной 10 см, что в масштабе равняется расстоянию в 1 км на местности. По оси X выполнена оцифровка линий сетки 6065, 6066, 6067, 6068, что означает расстояния в километрах от начала координатной системы зоны. Все точки, расположенные на них, отстоят от проекции экватора на 6065 км и т.д. (т.е. абсцисса точек этой линии $X=6065$ км и т.д.).

Положительное значение абсциссы возрастает к северу.

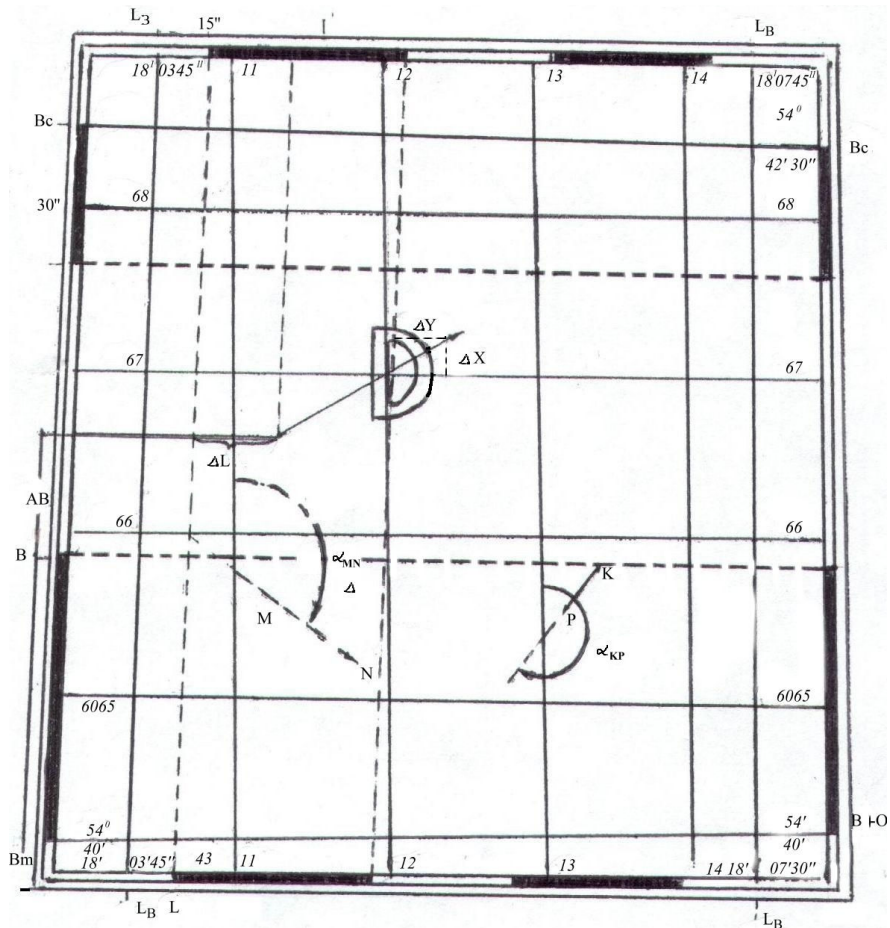


Рисунок 1 – Географическая и прямоугольная сетки карты

По оси Y подпись вертикальных линий 4311, 4312 и т.д. состоит из номера зоны (первая цифра – 4), а остальные соответствуют ординате в километрах, увеличенное на 500 км, которая равна, например, $311-500=-189$ км, т.е. располагается на 189 км западнее осевого меридиана зоны 4.

Необходимо усвоить, что замарочные подписи предназначены для определения географических и прямоугольных координат, и что линии меридианов и параллелей не параллельны линиям прямоугольной координатной сетки.

На листе карты приведена таблица условных топографических знаков, с помощью которой следует научиться читать содержание листа, т.е. все обо-

значения предметов и ситуации в любой части карты, сведения для раскрытия характеристики объекта, что достигается изучением масштабных, немасштабных, линейных и пояснительных условных знаков.

2.2 Определить географические координаты заданной на карте точки C

Для решения поставленной задачи нужно найти на карте заданную точку C . По цифрам, записанным в скобках, например (6611), которые являются координатами юго-западного угла квадрата координатной сетки, определить квадрат и по описанию – точку C (см. рисунок 1). Для краткости в скобках записываются две последние цифры по оси X и Y , а цифры 60 и 43 опускаются.

На листе карты кроме подписей внутренней рамки меридианов и параллелей нанесены деления, которые обозначают минуты дуг меридианов и параллелей в линейной мере. Границей минут служат залитая и незалитая части рамки. Так как размер листа карты по долготе в градусной мере больше, чем по широте, то величина $1'$ дуги меридиана в линейной мере меньше.

Через концы одноименных минут широты и долготы пунктиром провести параллели и меридианы (см. рисунок 1). Полученная сетка из параллелей и меридианов служит для определения географических координат точки.

Широту B_c и долготу L_c точки C получаем следующим образом:

$$B_c = B + \Delta B; \quad L_c = L + \Delta L,$$

где B – широта ближайшей к точке C параллели;

L – долгота ближайшего к точке C меридиана;

$\Delta B, \Delta L$ – соответственно приращения широты и долготы, которые требуется определить с точностью до $0,1'$.

Для определения величины ΔL и ΔB выполнить проецирование точки C линиями, параллельными параллели и меридиану, соответственно на минутные рамки широты и долготы. Измерить в миллиметрах отрезок ΔB и величину $BB_{ю}$, соответствующий $1'$ по широте. Составить пропорцию: $\Delta B:BB_{ю} = 63:185$, или $\Delta B:1' = 63 \text{ мм} : 185 \text{ мм}$. Отсюда $\Delta B = 1' (63:185) = 0.34'$.

Следовательно, широта точки C

$$B_c = B + \Delta B = 54^{\circ}41' + 0.3' = 54^{\circ}41.3' \text{ северной широты.}$$

Аналогично находим ΔL , измерив величину $1'$ по долготе. $1'$ составляет 108 мм, а $\Delta L = 45$ мм, тогда $\Delta L = 1' (45:108) = 0.42'$.

Долгота точки C $L_c = L + \Delta L = 18^{\circ}04.4'$ восточной долготы.

2.3 Определить дирекционный угол α , истинный A_n и магнитный A_m азимуты, длину d линии CD , заданной на карте

При решении данной задачи на топографической карте по описанию отыскать точку D , провести линию CD , измерить при помощи топографического транспортира дирекционный угол α_{CD} , а затем, используя формулы связи углов ориентирования, вычислить азимуты. Топографический транспортир приложить к вертикальной линии сетки (см. рисунок 1) так, чтобы центр его совпал с точкой пересечения линии CD с координатной линией, а диаметрально противоположные штрихи совпали с ней. Затем по ходу часовой стрелки по направлению CD отсчитать дирекционный угол, который в приведенном примере $\alpha=53^{\circ}00'$. Цена деления транспортира $30'$, отсчет можно выполнить с точностью до $10' - 15'$. Истинный и магнитный азимуты вычисляются по формулам:

$$A_{и}=\alpha+\gamma; \quad A_{м}=A_{и}-\delta,$$

где γ – зональное сближение меридианов;
 δ – магнитное склонение.

Следует помнить, что γ и δ могут быть величинами положительными и отрицательными. Восточное сближение меридианов и восточное магнитное склонение – положительные; в этом случае северные направления линий сетки и магнитного меридиана отклонены к востоку от северного направления истинного меридиана. Западное сближение меридианов и западное магнитное склонение – отрицательные.

Схема расположения меридианов находится в левом углу листа карты. Из рисунка 2 видно, что сближение меридианов – западное ($\gamma=-2^{\circ}22'$), склонение магнитной стрелки – восточное ($\delta=+6^{\circ}12'$).

В левом нижнем крае листа имеется примечание: магнитное склонение в год изменяется на $2'$, следовательно, нужно внести поправку на каждый год с момента издания карты (1971г.) до текущего года. Например, год работы с картой 1985-й, тогда $1985 - 1971=14$ лет, $14 \cdot 2'=0^{\circ}28'$, величина $\delta=+6^{\circ}40'$.

С учетом изложенного

$$A_{и}=53^{\circ}00'-2^{\circ}22'=50^{\circ}38';$$

$$A_{м}=50^{\circ}38'-6^{\circ}40'=43^{\circ}58'.$$

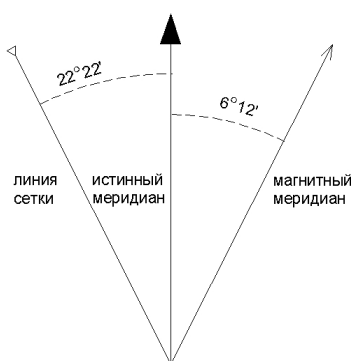


Рисунок 2 – Схема направлений истинного и магнитного меридианов относительно линии сетки

Если направление расположено таким образом, что не пересекает вертикальную линию координатной сетки (см. рисунок 1, направления MN и KP), то необходимо продлить его до пересечения и измерить дирекционные углы α_{MN} и α_{KP} .

Длину заданной на топографической карте линии CD определить по нормальному поперечному масштабу. Предварительно по учебнику изучить правила работы с ним. Иглами измерителя зафиксировать на карте величину линии CD . Расположить иглы измерителя на нижней линии масштабной линейки таким образом, чтобы левая игла находилась на крайнем левом разграфленном делении поперечного масштаба, а правая совпала с каким-либо вертикальным делением (см. рисунок 3, положение 1).

При работе масштабная линейка находится в левой руке, а измеритель – в правой. Затем переместить параллельно обе иглы вверх; правую – по той же вертикальной линии (см. рисунок 3, положение 2), а левую – до совпадения с наклонной линией и считать длину линии CD .

Для масштаба 1:10000 основание поперечного масштаба равно расстоянию 200 м, наименьшее деление в левой части – 20 м, а при увеличении отрезка на одно деление вверх – 2 м.

Длину линии CD по линейке определить от правой иглы в направлении к левой (см. рисунок 3), т.е. $200+200+20+7\cdot 2=434$ м.

Полученное расстояние записать с точностью до 1 м, т.е. $d=434$ м.

2.4 Определить плоские прямоугольные координаты точки D (см. рисунок 1)

Для определения прямоугольных координат X и Y точки на топографической карте нанесена (километровая) координатная сетка (см. рисунок 1, сплошные линии). Проецируем точку D линиями, параллельными сторонам квадрата, на ближайшие линии координатной сетки (см. рисунок 1). Координаты точки D : $X_D=6067+\Delta X$, $Y_D=4312+\Delta Y$. Величины ΔX и ΔY определить при помощи измерителя и масштабной линейки с точностью до 1 м; $\Delta X=329$ м, $\Delta Y=460$ м. Следовательно, $X=6067329$ м; $Y=4312460$ м. Аналогичным образом можно определить координаты точки C .

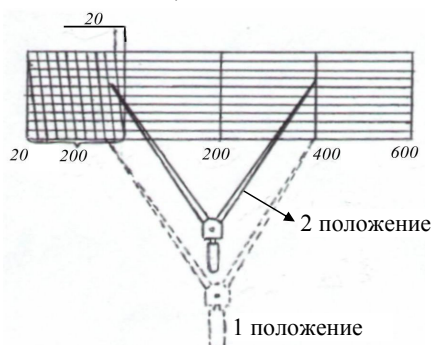


Рисунок 3 – Измерение расстояний по карте с помощью поперечного масштаба

2.5 Изучить изображение рельефа участка местности горизонталями, научиться читать по топографической карте.

Определить высоту точки *C*

Рельеф на топографических картах изображается горизонталями. При чтении рельефа тщательно изучить изображение основных форм рельефа, следить за расположением бергштрихов, указывающих направление понижения, подписи отдельных высот точек местности и высот горизонталей. Так, например, на рисунке 4 имеется три возвышения (холма), две лощины с понижением в противоположные стороны и две водораздельные линии. Чтобы научиться читать рельеф, нужно выбрать один – два маршрута вдоль дорог и изучить по ним формы рельефа.

Для определения высоты точки *C* нужно сначала найти одну из высот горизонталей ИЛИ подписанную на карте высоту. На участке карты отыскать точку с указанной высотой $H=156,5$ м (см. рисунок 4). По бергштрихам видно, что высота горизонтали будет меньше. Высота ближайшей горизонтали должна быть кратна высоте сечения рельефа, т.е. $h=2,5$ м, и менее чем $H=156,5$ м. Следовательно, высота горизонтали $H=155,0$. Если на представленном участке подписана высота горизонтали, то по расположению подписи и бергштрихов определить направление повышения или понижения рельефа. Затем от высоты подписанной горизонтали вычесть или прибавить высоту сечения рельефа $h=2,5$ м и получить высоту последующей горизонтали ($155,0-2,5=152,5$ м и т.д.).

Через точку *C* провести линию наибольшего ската *kl* (перпендикулярно двум смежным горизонталям), измерить ее величину в миллиметрах ($kl=10$ мм) и расстояние от точки *C* до горизонтали ($Cl=5$ мм). Составить пропорцию $kl:h = Cl:\Delta h$, где Δh – превышение точки *C* над горизонталью, от которой измерено расстояние *Cl*, и вычислить $\Delta h=(2,5\cdot 5)/10=1,25$ м.

Высоту точки *C* определить по формуле $H_c=H_{\text{гор}}+\Delta h=155,0+1,2=156,2$ м. Можно вычислить ее высоту и от горизонтали с высотой 157,5 м. В этом случае величину Δh нужно вычитать.

2.6 Определить на линии *CD* максимальный и минимальный уклоны и крутизны скатов

Рельеф местности имеет сложное сочетание известных форм и разную крутизну, которая характеризуется уклоном *i* и углом наклона *v* поверхности ската к проекции этого направления на горизонтальную плоскость.

Уклон вычисляют по формуле $i=\text{tg } v=h/d$ с точностью до 0,001. Из приведенной формулы следует, что максимальный уклон будет при малом заложении *d* (расстояние на карте между смежными горизонталями), а минимальный – при наибольшей величине *d*.

Для определения максимального уклона по направлению CD выбрать самое наименьшее значение заложения d_1 , а для минимального – наибольшее d_2 (см. рисунок 4). Пользуясь, поперечным масштабом, определить величины заложений d_1 и d_2 в метрах и вычислить уклоны: $i_{\max} = h/d_1 = 2,5:50 = 0,050$; $i_{\min} = h/d_2 = 2,5:120 = 0,021$. Крутизну ската можно вычислить по указанной выше формуле или определить по графику заложений, приведенному в правом нижнем углу листа карты (см. рисунок 5).

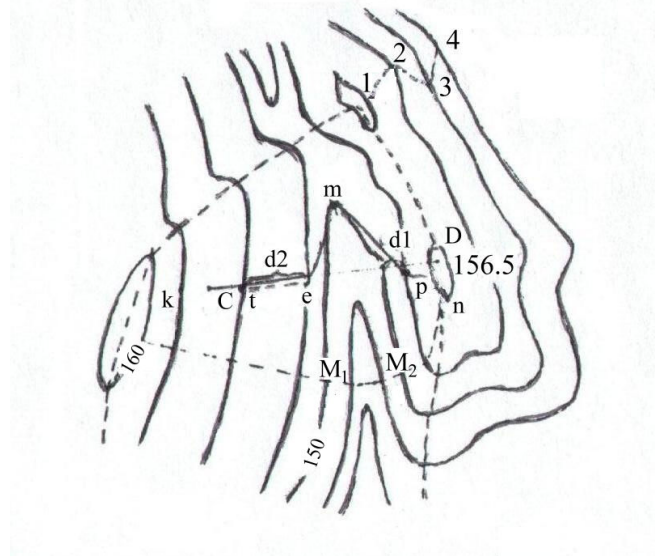


Рисунок 4 – Определение высот точек, уклонов и крутизны скатов, построение линии с заданным уклоном, определение границы водосборной площадки

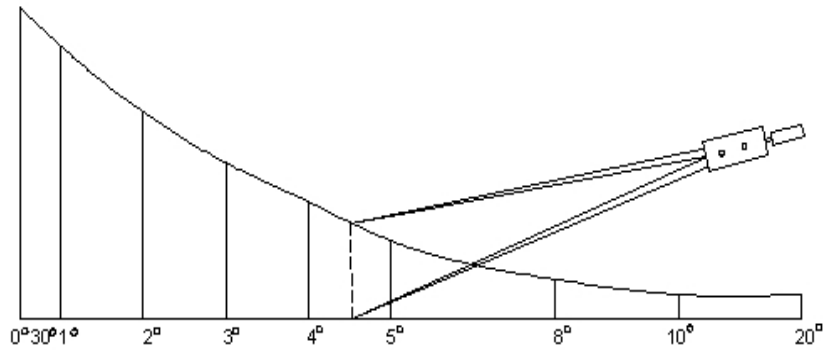


Рисунок 5 – График заложений

Для графического определения максимальной крутизны ската по направлению CD измерителем зафиксировать величину заложения d_1 , установить одну иглу измерителя на основании графика, вторую расположить параллельно вертикальным линиям графика и перемещать нижнюю по горизонтальной линии основания влево или вправо до совпадения верхней иглы с кривой графика.

При выбранном положении проинтерполировать на глаз значение угла до $0,1^\circ$ в соответствии с подписями графика заложений. Для нашего примера $\nu=4,5^\circ$.

Аналогичным способом определить минимальное значение крутизны ската при d_2 .

2.7 Построить на карте линию с уклоном i , не более заданного в направлении от точки C к D

Поставленная задача решается при проектировании железных дорог, автомобильных и других линейных сооружений. Для решения этой задачи вычислить значение заложения d , соответствующего проектному или заданному уклону i и высоте сечения рельефа h , по формуле $d=h/i=2,5:0,021=120$ м.

По масштабной линейке набрать полученную величину $d=120$ м в масштабе плана или карты; поместить одну иглу измерителя в точку пересечения линии CD и ближайшей горизонтали к точке C , а другой иглой засекать смежную горизонталь принятым радиусом (см. рисунок 4). В приведенном примере заложение le будет больше, чем заложение, соответствующее проектному уклону i , т.е. уклон будет менее заданного, и линию можно провести по направлению le . Затем установить иглу в точку e , а второй иглой засекать точку m .

Таким же образом выполнить построение точек p , n , до ближайшей горизонтали к точке D . Полученные точки соединить. Не рекомендуется строить линию зигзагами, как показано на рисунке 4 в точках 1, 2, 3, 4.

2.8 Построить профиль заданной на карте линии CD в масштабах МГ 1:10000, МВ 1:1000

Для большей наглядности при построении профиля горизонтальный масштаб обычно выбирают равным масштабу карты, а вертикальный – в 10 или более раз крупнее, т.е. для карты масштаба 1:10000, вертикальный – 1:1000.

При решении задачи полоску бумаги приложить к линии CD , отметить на ней точки пересечения горизонталей с линией CD , а также точки водосбора и водораздела. Изучить рельеф, подписать высоты всех горизонталей,

пересекающих линию *CD*. Вычислить и записать высоты всех точек, расположенных на линиях водосбора и водораздела (пункт 2.5).

На приведенной сетке для построения профиля верхнюю линию (см. рисунок 6) графы "Высоты земли" принять за линию условного горизонта. Приложить подготовленную полоску к этой линии, перенести положение отмеченных точек, провести их ординаты в графе "Расстояния" и выше линии условного горизонта. В графе "Высоты земли" выписать высоты всех точек с полоски бумаги. Оцифровать шкалу вертикального масштаба таким образом, чтобы меньшая высота располагалась выше линии условного горизонта на 2-3 см.

В соответствии с вертикальным масштабом и высотами точек выполнить наколку профиля. Полученные точки соединить ломаной линией (см. рисунок 6). Построенный профиль является изображением разреза земной поверхности по направлению *CD*.

С помощью масштабной линейки записать расстояния между смежными ординатами и подсчитать общую длину линии *CD*.



Рисунок 6 – Пример оформления профиля

2.9 Определить водосборную площадь водотока

Водосборная площадь – территория, с которой талые, дождевые воды поступают к искусственному сооружению или в водоток ложины, ручья, реки. Она ограничивается линиями водораздела и наибольшего ската.

Для определения границ водосборной площади провести на карте простым карандашом водораздельные линии по самым высоким точкам холмов, хребтов по отношению к водотоку ложины (см. рисунок 4, пунктирная линия). От створа сооружения M_1 , M_2 влево и вправо провести линии наибольшего ската перпендикулярно к горизонталям. Полученная замкнутая кривая будет ограничивать водосборную площадь водотока ложины, т.е. вода с этой площади будет протекать через створ M_1 , M_2 .

Величину полученной водосборной площади определить графическим способом с применением палетки (см. рисунок 7).

На прозрачном листе бумаги (кальке) вычертить карандашом квадраты со стороной 5x5 мм (можно 2x2 мм). Ручкой обводя линии так, чтобы хорошо были видны квадраты со стороной 1x1 см (см. рисунок 7). Полученную палетку накладывают на контур водосборной площади ограниченной на карте и считают количество полных квадратов со стороной 1 см, записывают в таблицу 1, далее считают количество полных квадратов со стороной 5 мм – записывают; затем суммируют неполные малые квадраты с округлением до целых малых квадратов и записывают. Для контроля можно палетку

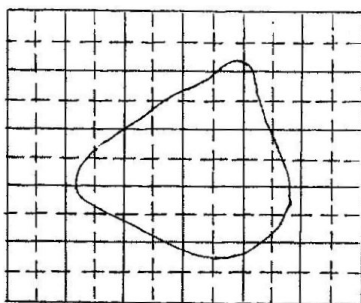


Рисунок 7 – Определение величины водосборной площади палеткой

разместить в ином положении и снова вычислить. Определяемая площадь будет равна произведению цены деления палетки на сумму соответствующих квадратов, то есть в соответствии с масштабом карты получают площадь квадрата 1x1 см и умножают на их количество, а затем цену деления 5x5 мм умножают на их число и получают общую сумму в гектарах. Расхождение площади между двумя определениями не должно быть грубее $f_{отн} = 1/50$ и записывают среднее значение площади.

Т а б л и ц а 1 – Определение величины водосборной площади

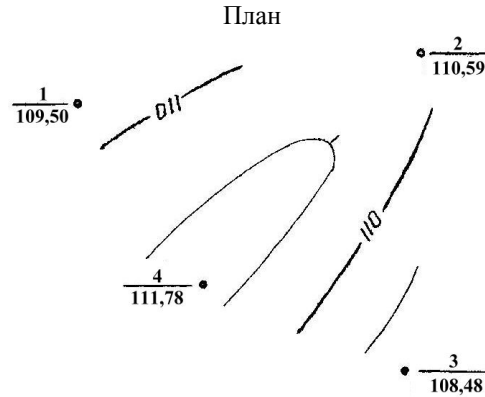
Квадраты	Цена деления квадрата в га	Количество квадратов	Площадь, га
Большие квадраты 1x1 см	1	3	3
Малые полные квадраты 0,5x0,5 см	0,25	9	2,25
Малые неполные квадраты сведенные в полные	0,25	10,5	2,62
Величина водосборной площади	-	-	7,87

2.10. В полученном задании на плане указанного масштаба по высотам точек изобразить рельеф местности горизонталями с соответствующей высотой сечения рельефа

По таблице 2 вычислить высоты точек приведенных на плане (см. рисунок 8) по формуле

$$H_i = H_{исх} + 0,03 \cdot N,$$

где H_i – определяемая высота точки;
 $H_{\text{исх}}$ – исходная высота соответствующей точки, взятая из таблицы 2;
 N – шифр студента (см. рисунок 8).



Масштаб 1:1000

Рисунок 8 – Высота сечения рельефа 1 м

Т а б л и ц а 2 – **Вычисление высот точек**

N точек	Высота сечения рельефа и исходные высоты		Вычисленные высоты точек $H_i = H_{\text{исх}} + 0,03 \cdot N$
	0,5	1,0	
1	70,32	109,50	
2	71,12	110,59	
3	69,82	108,48	
4	73,35	111,78	

Полученные высоты точек записать с точностью 0,01 м карандашом в таблицу 2 и на план под номером соответствующей точки. Провести направления интерполирования толщиной 0,1 мм (направления, по которым не изменяются величина, и направление уклона) таким образом, чтобы образовались два треугольника.

Графическим способом интерполирования с помощью кальки найти точки пересечения каждой линии горизонталями. Для этого на кальке провести через равные промежутки (5 мм) ряд параллельных линий, соответствующих секущим плоскостям, подписать их высотами, кратными высоте сечения рельефа так, чтобы наименьшая и наибольшая высоты точек находились в пределах палетки (см. пример интерполирования на рисунке 9). В приведенном примере шифр студента принят равным нулю, тогда $H_i = H_{\text{исх}}$, высота сечения рельефа равна 1 м.

Изготовленную таким образом палетку накладывают на линию плана, соединяющую две точки так, чтобы высоты их согласовались с подписями

линий кальки. Точки пересечения а, б, в, линий палетки с линией плана (см. рисунок 9) прокалывают иглой, затем снимают кальку и подписывают высоты горизонталей, которые пройдут через наколы.

Точки с одинаковыми высотами соединить плавными кривыми линиями – горизонталями толщиной 0,1 мм. Следует помнить, что горизонталь не должна пересекать произвольно ни одну линию, кроме, как только в точке с ее высотой.

Горизонтали, кратные 2, 5 м соответственно для высот сечения рельефа 0,5; 1 м, следует утолстить до 0,25 мм и подписать их высоты так, чтобы основание цифр было направлено в сторону понижения склона. Для подписи высоты горизонтали в ней следует сделать разрыв нужной длины. По линиям водораздела и водослива проставить бергштрихи на утолщенных и замкнутых горизонталях. Горизонтали вычерчивают тушью коричневого цвета.

В качестве отчёта о лабораторной работе студент представляет выполненное задание.

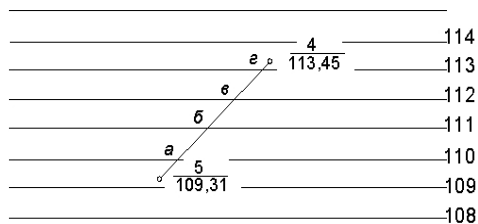


Рисунок 9 – Палетка для интерполирования

Лабораторная работа № 2 ТЕОДОЛИТЫ И РАБОТЫ С НИМИ

Теодолиты предназначены для измерения на местности горизонтальных и вертикальных углов, магнитных азимутов с помощью бусселей, а также расстояний нитяным дальномером и превышении способом тригонометрического нивелирования.

Цель работы. Изучить устройство теодолитов Т30 (2Т30) и 2Т5К (3Т5КП), овладеть приёмами работы с ними и приобрести первичные навыки в измерении горизонтальных и вертикальных углов, магнитных азимутов, расстояний и превышений.

1 Приборы и принадлежности. Для выполнения работы необходимы: задание на лабораторную работу, теодолит, штатив, отвес, буссоль, дальномерная рейка.

2 Порядок выполнения работы

2.1 Изучить устройство теодолита

На рисунках 1 и 2 представлены схемы устройства теодолитов Т30 и 2Т5К, под которыми приведены названия частей этих приборов. Для изучения устройства теодолитов необходимо перечисленные и обозначенные на рисунках 1 и 2 части, найти на самом приборе и разобраться в их назначении. При этом следует соблюдать правила в обращении с приборами: не

прилагать усилий при вращении винтов и отдельных частей; не касаться оптических деталей руками; прежде чем вращать лимб, алидаду или зрительную трубу теодолита, нужно открепить соответствующие закрепительные устройства.

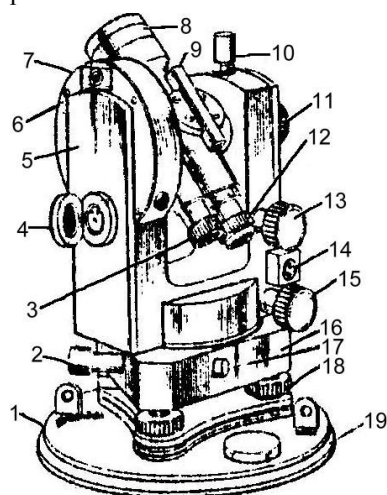


Рисунок 1 – Теодолит Т30

- 1 – основание футляра; 2 – наводящий винт горизонтального круга; 3 – диоптрийное кольцо отсчётного микроскопа;
- 4 – откидное зеркало для подсветки горизонтального и вертикального кругов;
- 5 – крышка колонки, несущей горизонтальную ось; 6 – корпус вертикального круга; 7 – посадочный паз для буссоли; 8 – объектив зрительной трубы;
- 9 – оптический визир; 10 – закрепительный винт зрительной трубы; 11 – кремальера для фокусировки резкости; 12 – диоптрийное кольцо окуляра зрительной трубы;
- 13 – наводящий винт зрительной трубы;
- 14 – оправа цилиндрического уровня;
- 15 – наводящий винт алидады горизонтального круга; 16 – подставка;
- 17 – втулка; 18 – подъёмный винт;
- 19 – бабашка для крышки

В настоящее время промышленность выпускает теодолиты второго и третьего поколений этих моделей (2Т30, 3Т5КП), в которых улучшены и модернизированы некоторые устройства и технические характеристики теодолитов Т30 и 2Т5К. В частности, в теодолите 2Т30 применено новое отсчётное устройство, позволяющее повысить точность снятия отсчётов по горизонтальному и вертикальному кругам. В теодолите 3Т5КП использована зрительная труба прямого изображения.

2.2. Научиться визировать на заданные точки местности

Для этого необходимо:

- а) установить зрительную трубу по глазу, т.е. вращая диоптрийное кольцо окуляра зрительной трубы теодолита, добиться чёткого изображения сетки нитей;
- б) навести трубу на предмет; для этого предварительно наводят трубу на предмет с помощью оптического визира. После того, как наблюдаемый предмет попал в поле зрения трубы, зажимают закрепительные винты алидады и зрительной трубы и устанавливают трубу по предмету, для чего, вращая барабан кремальеры теодолита Т30 (у теодолитов 2Т5К, 3Т5КП фокусировочное кольцо у окуляра трубы), добиваются чёткого изображения предмета. Затем, действуя наводящими винтами алидады и зрительной трубы, совмещают центр изображения сетки нитей с визирной целью.

2.3. Научиться делать отсчёты

В теодолитах Т30 и 2Т5К для снятия отсчётов по горизонтальному и вертикальному кругам используются отсчётные устройства в виде штрихового микроскопа (у теодолита Т30) и шкалового микроскопа (у теодолита 2Т5К). Окуляр отсчётного устройства расположен рядом с окуляром зрительной трубы.

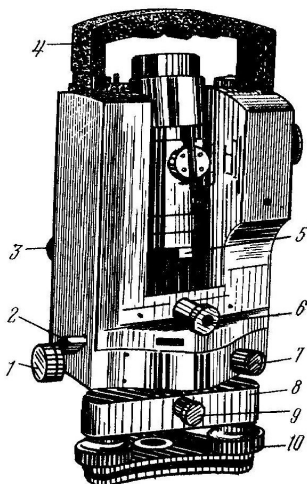


Рисунок 2 – Теодолит 2Т5К

- 1 – наводящий винт алидады горизонтального круга; 2 – закрепительный винт алидады горизонтального круга; 3 – установочный винт; 4 – ручка для переноса теодолита; 5 и 6 – окуляры зрительной трубы и оптического центрира; 7 – ручка перестановки горизонтального круга; 8 – корпус подставки теодолита; 9 – закрепительный винт подставки теодолита;

Цена одного деления на обоих кругах составляет $10'$. Отсчет производится по штриху микроскопа с точностью до $1'$. Так, на рисунке 3 отсчет по вертикальному кругу равен $358^{\circ} 48'$, по горизонтальному – $59^{\circ} 46'$.

На рисунке 4 показано поле зрения отсчетного микроскопа 2Т5К. Цена деления горизонтального и вертикального кругов составляет 1° . Цена деления шкалы равна $1'$. Точность отсчета $0,1'$. Для рисунка 4 отсчет по вертикальному кругу равен $+0^{\circ} 35,0'$, по горизонтальному – $38^{\circ} 03,5'$.

На рисунке 5 показано поле зрения отсчетного микроскопа теодолита Т30. Который представляет собой шкаловой микроскоп. Цена деления горизонтального и вертикального кругов равна 1° , а цена деления шкалы – $5'$. Точность отсчета составляет при этом $0,5'$.

Деление вертикального круга нанесены с указанием знака "+" или "-", что облегчает определение знака угла наклона. Шкала вертикального круга имеет положительное и отрицательное направления отсчета. При этом от-

Перед снятием отсчётов необходимо, наблюдая в окуляр отсчётного устройства, вращением зеркала подсветки добиться наилучшей освещённости поля зрения микроскопа, затем, вращая диоптрийное кольцо отсчётного микроскопа, установить чёткое изображение штрихов горизонтального и вертикального кругов.

На рисунке 3 показано поле зрения штрихового микроскопа, в верхней части которого, обозначенного буквой "В", видны штрихи вертикального круга, в нижней части, обозначенного буквой "Г", – штрихи горизонтального круга.

счет производится в направлении, соответствующем знаку деления на вертикальном круге. Например, на рис. 5а отсчет по горизонтальному кругу равен $18^{\circ} 22,0'$, по вертикальному кругу $+ 1^{\circ} 11,5'$, на рисунке 5б отсчет по горизонтальному кругу $95^{\circ} 47,5'$, а по вертикальному $- 0^{\circ} 46'$.

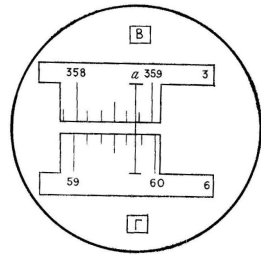


Рисунок 3

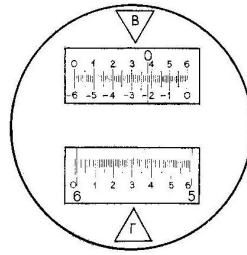
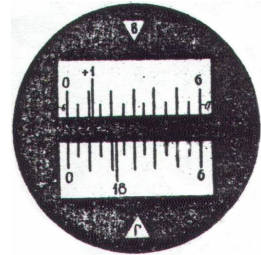
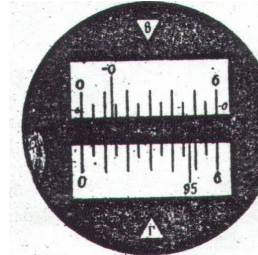


Рисунок 4



а

Рисунок 5



б

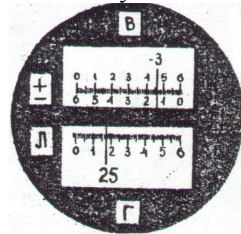


Рисунок 6

Отсчетное устройство теодолита 3Т5КП аналогично теодолиту 2Т5К, за исключением того, что в поле зрения этого теодолита на вертикальном круге указан знак "+" или "-", что позволяет быстро определить знак угла наклона. Отсчёт по вертикальному кругу производится по положительной или отрицательной шкале в зависимости от знака деления на вертикальном круге. Например, на рисунке 6 приведено поле зрения теодолита 3Т5КП при круге «лево». В этом случае отсчёт по горизонтальному кругу составляет $25^{\circ} 17,0'$, а по вертикальному $- 3^{\circ} 14,0'$.

2.4 Выполнить проверки теодолита

Для правильной работы теодолита выполняются поверки, которые предполагают соблюдение основных геометрических условий в приборе. При этом ось вращения теодолита именуется вертикальной осью прибора, а ось вращения трубы – горизонтальной осью прибора.

Поверка 1. Ось цилиндрического уровня алидады горизонтального круга должна быть перпендикулярна к вертикальной оси теодолита.

Устанавливают цилиндрический уровень по направлению двух подъемных винтов теодолита и, вращая их в противоположные стороны, приводят пузырек уровня в нуль-пункт. Поворачивают алидаду теодолита на 180^0 . Если пузырек уровня отклоняется от середины не более чем на 1 деление, то условие выполнено. В противном случае исправительными винтами уровня пузырек перемещают к нуль-пункту на половину дуги отклонения, а двумя подъемными винтами, по направлению которых стоит уровень, приводят пузырек на середину ампулы. Затем поверку повторяют.

Поверка 2. Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна к горизонтальной оси прибора.

Приводят вертикальную ось прибора в отвесное положение. Наводят трубу теодолита при круге «право», а затем при круге «лево» на какую-либо удаленную точку, и после каждого наведения берут отсчеты "П₁" и "Л₁" по горизонтальному кругу. Затем, освободив закрепительный винт горизонтального круга, теодолит поворачивают на 180^0 . Зрительную трубу снова наводят на ту же точку при круге «право» и круге «лево» и берут отсчеты по горизонтальному кругу "П₂" и "Л₂". Вычисляют величину коллимационной ошибки "С" по формуле

$$C = ((P_1 - L_1 \pm 180^0) + (P_2 - L_2 \pm 180^0)) / 4.$$

Величина С не должна превышать двойной точности отсчетного устройства теодолита. В противном случае исправляют коллимационную ошибку. Для этого устанавливают по отсчетному микроскопу на горизонтальном круге отсчет $B = P_2 - C$, затем отвинчивают колпачок окуляра зрительной трубы, ослабляют один из вертикально расположенных винтов сетки нитей, а двумя горизонтальными винтами перемещают оправу с сеткой нитей до совмещения изображения точки с вертикальным штрихом сетки. Поверку повторяют. После исправления сетки нитей закрепляют исправительные винты и навинчивают колпачок.

Поверка 3. Горизонтальная ось должна быть перпендикулярна к вертикальной оси теодолита.

Теодолит устанавливают в 20-30 м от стены здания, вертикальную ось приводят в отвесное положение и наводят трубу на какую-либо точку, расположенную под углом $30-50^0$ над горизонтом. Затем наклоняют трубу вниз примерно до горизонтального положения и отмечают на стене проекцию точки – пересечение основных штрихов сетки нитей, переводят трубу через

зенит и при другом положении круга проектируют ту же точку вниз. Если проекции точки не совпадают, то неисправность устраняют в мастерской.

Проверка 4. Один из штрихов сетки нитей должен быть перпендикулярен к горизонтальной оси прибора.

Приводят вертикальную ось теодолита в отвесное положение. Наводят вертикальный штрих на какую-либо точку на стене и, вращая наводящим винтом трубы, смотрят, не сходит ли изображение точки с вертикального штриха сетки. Если изображение сходит, то снимают колпачок, отпускают 4 крепежных винта окуляра и поворачивают окуляр так, чтобы вертикальный штрих сетки нитей расположился вертикально. Закрепляют винты, и проверку повторяют.

2.5 Установить теодолит в рабочее положение. Для этого необходимо выполнить центрирование и горизонтирование теодолита

Центрирование теодолита над точкой производится с помощью нитяного (ТЗО) или оптического (2Т5К) отвеса.

Горизонтирование теодолита предполагает приведение вертикальной оси теодолита в отвесное положение. Для этого устанавливают цилиндрический уровень алидады горизонтального круга по направлению двух подъёмных винтов и приводят пузырёк уровня на середину ампулы, затем поворачивают алидаду на 90^0 (уровень располагают по направлению 3-го подъёмного винта). Вращая 3-й подъёмный винт, пузырёк уровня приводят на середину ампулы. Такие действия повторяют до тех пор, пока при вращении алидады пузырёк не будет уходить от середины более чем на одно деление уровня.

2.6 Измерить горизонтальный угол между двумя направлениями способом приёмов

Для измерения горизонтального угла теодолит устанавливают на штативе и производят центрирование и горизонтирование прибора. Зажимают закрепительный винт лимба и, вращая алидаду при круге право, наводят трубу теодолита на правую для наблюдателя точку. Образец наведения показан на рисунке 7 (изображение основания вехи вводят в биссектор сетки нитей). Производят отсчёт по горизонтальному кругу теодолита.

Наводят трубу теодолита на левую для наблюдателя точку и также производят отсчёт по горизонтальному кругу теодолита. Значение угла вычисляют как разность отсчётов на правую и левую точки. Если отсчёт на правую точку окажется меньше отсчёта на левую, то к отсчёту на правую точку прибавляют 360^0 . Указанные действия составляют первый полуприём. Во втором полуприёме выполняют аналогичные действия при круге «лево». Для этого переводят трубу теодолита через зенит, а алидаду поворачивают на 180^0 . Для устранения грубого просчёта лимб перемещают по азимуту

на $1-2^0$. Два полуприёма составляют полный приём. Расхождение значений угла, полученных в первом и втором полуприемах, на должно превышать удвоенной точности отсчётного устройства (у теодолита ТЗО – $2'$; 2Т5К – $0,2'$). При соблюдении указанного допуска вычисляют среднее значение угла из двух полуприёмов. В противном случае (недопустимое расхождение значений угла в полуприёмах) измерения повторяют.

Отсчёты и значения углов записывают в журнал соответствующей формы. Образец записи показан в таблице 1.

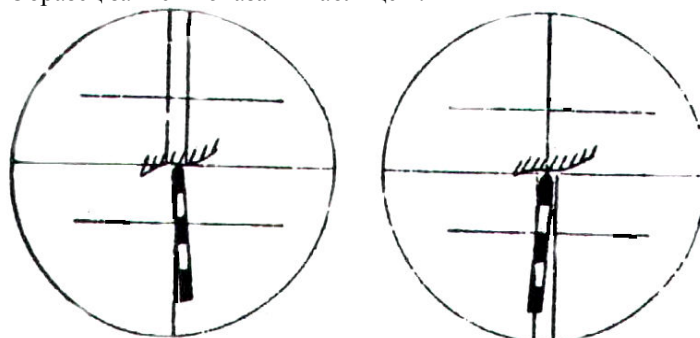


Рисунок 7 – Наведение на веку при измерении горизонтального угла (при круге «право» и круге «лево»)

Т а б л и ц а 1 – Измерение горизонтальных углов способом приёмов

Точка стоянок	Круг	Точка наблюдений	Отсчёты		Угол		Средний из углов		Магнитный азимут
			градус	минуты	градус	минуты	градус	минуты	
IV	П	4	206	13	32	37	32	38	41°43'
		3	173	36					32°39'
	Л	4	27	48	32	39			9°04'
		3	355	09					

2.7 Измерить магнитные азимуты сторон угла и проконтролировать полученную величину горизонтального угла

Для измерения магнитного азимута теодолитом применяют магнитную буссоль, которая входит в комплект теодолита и подсоединяется к нему по резьбе в специальном посадочном пазу (см. рисунки 1 и 2). Современные теодолиты обычно снабжены ориентир-буссолью.

При использовании для измерения магнитного азимута ориентир-буссоли предварительно устанавливают диаметр горизонтального круга $0-180^0$ параллельно направлению магнитного меридиана. Для этого зажимают закрепительный винт лимба и вращением алидады устанавливают на горизонтальном круге теодолита отсчёт 0^000^k . Зажимают закрепительный винт алидады, отпускают закрепительный винт лимба и, вращая теодолит, совмеща-

ют магнитную стрелку с центральными штрихами буссоли, расположенными по направлению север-юг. Затем вновь зажимают закрепительный винт лимба и вращая алидаду горизонтального круга теодолита, наводят зрительную трубу вначале на правую точку, а затем на левую и снимают отсчеты по горизонтальному кругу. Эти отсчеты и будут являться магнитными азимутами данных направлений. По разности магнитных азимутов вычисляют величину горизонтального угла и сравнивают её со средним значением угла, измеренного в пункте 2.6. Допускается расхождение между ними не более двойной точности отсчётного устройства теодолита.

2.8 Составить схематический чертёж измеренного угла

На приведённом на странице 5 задания лабораторной работы чертеже транспортиром откладывают от северного направления линии «Север-юг» углы, численно равные измеренным магнитным азимутам, на соответствующие точки. Угол между полученными на чертеже направлениями представляет собой схематический чертёж измеренного на местности горизонтального угла, ориентированного относительно частей света.

2.9 Измерить вертикальный угол на рейку

Вертикальным углом называется угол, лежащий в отвесной плоскости между линией визирования и её горизонтальной проекцией. Измерение вертикального угла теодолитом выполняют в следующем порядке. После подготовки теодолита к работе (центрирование и горизонтирование прибора) наводят зрительную трубу на рейку при круге «право», затем при круге «лево» так, чтобы средний горизонтальный штрих сетки нитей касался верхнего конца рейки (см. рисунок 8), и берут отсчеты по вертикальному кругу (П и Л).

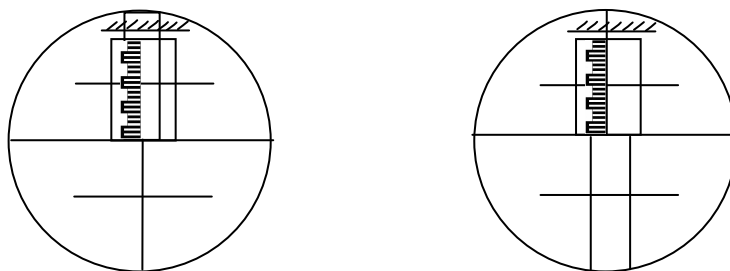


Рисунок 8 – Наведение на рейку при измерении вертикального угла

У теодолита ТЗО (2ТЗО) уровень при алидаде вертикального круга отсутствует, поэтому здесь проверяют, чтобы пузырёк уровня при алидаде горизонтального круга не отклонялся от середины более чем на одно деление.

У теодолитов 2Т5К и 3Т5КП вместо уровня при алидаде вертикального круга имеется самоустанавливающийся компенсатор, который позволяет после установки теодолита в рабочее положение и наведения зрительной трубы на точку сразу снимать отсчёты по вертикальному кругу без дополнительных действий.

Вычисляют значения места нуля (МО), которое представляет собой отсчёт по вертикальному кругу теодолита, когда визирная ось трубы горизонтальна, а пузырёк уровня при алидаде вертикального круга находится в нуль-пункте:

$$MO = ((L + \Pi) - 180^0) / 2 \text{ – для теодолитов Т30;}$$

$$MO = (L + \Pi) / 2 \text{ – для теодолитов 2Т30 и 2Т5К;}$$

$$MO = (L - \Pi) / 2 \text{ – для теодолитов 3Т5КП.}$$

Вертикальный угол (угол наклона) на верх рейки вычисляют по формулам:

$$\text{для теодолита Т30 - } v = L - MO \text{ или } v = MO - \Pi - 180^0;$$

$$\text{для теодолитов 2Т30 и 2Т5К - } v = L - MO \text{ или } v = MO - \Pi;$$

$$\text{для теодолитов 3Т5КП - } v = L - MO \text{ или } v = \Pi + MO.$$

Все отсчеты и результаты вычислений заносят в журнал соответствующей формы. Образец записи показан в таблице 2.

Из определения места нуля следует, что при горизонтальном положении визирной оси трубы теодолита отсчет по вертикальному кругу должен быть равен нулю. Однако это условие иногда не соблюдается, что создает неудобства при измерении и вычислении вертикальных углов.

Т а б л и ц а 2 – Вычисление вертикального угла и место нуля

Точка стояния	Точка наведения	Положение вертикального круга	Отсчеты		Место нуля	Вертикальный угол
			°	'		
III	Рейка 2	П	Теодолит Т30		+0°02,0'	+3°28,0'
			176	34		
			3	30		

Поэтому приведение места нуля к значению, близкому к 0°, является одним из основных требований при работе с вертикальным кругом теодолита. При этом МО не должно превышать двойной точности отсчетного устройства теодолита. В зависимости от модели теодолита поверку МО выполняют по-разному. В теодолитах Т30 и 2Т30 после наблюдения точки местности и определения МО устанавливают при круге «лево» наводящим винтом зрительной трубы отсчет по вертикальному кругу, равный (L – MO). В результате центр сетки нитей сойдет с наблюдаемой точки. Действуя верти-

кальными исправительными винтами сетки нитей, совмещают ее средний горизонтальный штрих с той же точкой. Для контроля действия повторяют.

В теодолитах с компенсаторами 2Т5К, 3Т5КП место нуля исправляют специальными юстировочными винтами, при вращении которых изменяется отсчет по вертикальному кругу.

2.10 Измерить расстояние при помощи нитяного дальномера теодолита

Нитяной дальномер теодолита представляет собой два горизонтальных штриха, расположенных параллельно среднему штриху сетки нитей. При измерении расстояния с помощью нитяного дальномера на одном конце линии устанавливают теодолит, а на другом – дальномерную рейку. Наводят трубу теодолита на рейку и берут дальномерный отсчет между двумя штрихами нитяного дальномера. Для удобства снятия дальномерного отсчета верхний штрих нитяного дальномера наводят на верх одного из дециметровых (шашечных) делений нивелирной рейки, а по нижнему дальномерному штриху производят отсчет (см. рисунок 9).

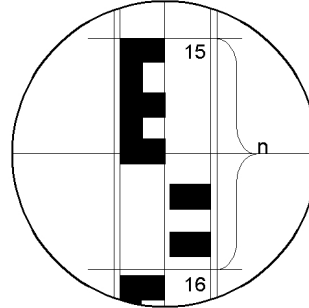


Рисунок 9 – Измерение расстояний нитяным дальномером теодолита

Расстояние между точками вычисляют по формуле

$$D=kn+c,$$

где k – коэффициент нитяного дальномера, который обычно равен 100;
 n – отсчет, снятый по рейке с точностью до десятых долей сантиметра;
 c – постоянная дальномера, обычно равна нулю.

Так, для отсчета $n=9,6$ см., а расстояние $D=100 \cdot (9,6) + 0 = 960$ см = 9,6 м.

Результаты вычислений и измерений заносят в соответствующую таблицу.

2.11 Измерить превышение теодолитом способом тригонометрического нивелирования

Для определения превышения теодолитом используют способ тригонометрического нивелирования (см. рисунок 10).

В этом способе превышение определяется по формуле

$$h=h'+i-V,$$

где i – высота теодолита (измеряется с помощью рулетки или рейки до центра окуляра зрительной трубы с точностью до 0,01 м);

V – высота наведения (при наведении на верх рейки $V=1,5$ м);

h' – превышение над горизонтальным лучом теодолита.

Из рисунка видно, что $h' = d \cdot \operatorname{tg} \nu$ (1), где ν – угол наклона (вертикальный угол); d – горизонтальное проложение линии.

Учитывая, что $d = D \cdot \cos^2 \nu$ (2) можно вычислить величину h' через наклонное расстояние D .

Для этого подставим в формулу (1) величину d из (2), получим

$$h' = d \operatorname{tg} \nu = D \cos^2 \nu \cdot (\sin \nu / \cos \nu) = D \cos \nu \sin \nu = 0,5 D \sin 2 \nu.$$

Для определения величины h' можно использовать микрокалькулятор или тахеометрические таблицы. Величину h' вычисляют с точностью до 0,01 м.

Результаты измерений по определению превышений заносят на соответствующий рисунок в задании (см. рисунок 10).

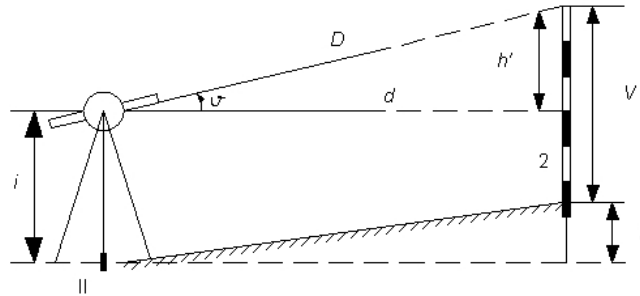


Рисунок 10 – Определение превышения способом тригонометрического нивелирования

Порядок определения превышения.

- 1 Угол наклона – ν и расстояние D выписывают соответственно из пунктов 2.9 и 2.10 задания;
- 2 Измеряют высоту прибора – i ;
- 3 Измеряют высоту визирования – V ;
- 4 Вычисляют превышение по формуле тригонометрического нивелирования:

$$h = 0,5 D \sin(2\nu) + i - V \text{ или } h = d \cdot \operatorname{tg} \nu + i - V,$$

- 5 Выписывают на рисунок значения используемых величин.

В качестве отчёта о лабораторной работе студенты представляют задание с результатами выполненных измерений и вычислений.

Лабораторная работа №3

НИВЕЛИРЫ И РАБОТЫ С НИМИ

Цель работы: Изучить устройство и поверки нивелиров и нивелирных реек. Приобрести практические навыки в выполнении нивелирования способом из середины.

1 Приборы и принадлежности

- 1 нивелир;
- 2 штатив;
- 3 нивелирные рейки;
- 4 задание.

2 Порядок выполнения работы

2.1 Общие сведения и классификация

Нивелир – это геодезический прибор, который служит для получения горизонтального визирного луча на местности и используется для определения превышений и высот (отметок) способом геометрического нивелирования. По своей точности нивелиры выпускают 3 типов:

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

Цифры в шифре нивелира указывают среднюю квадратическую погрешность измерения превышения в миллиметрах на 1 км двойного нивелирного хода. Например, для нивелира Н-3 средняя квадратическая погрешность составляет 3 мм на 1 км хода. В зависимости от способа получения горизонтального луча визирования каждый из трех типов нивелиров изготавливается в двух вариантах:

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

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

2.2 Изучить устройство и поверки нивелира Н-3

Нивелир Н-3 относится к приборам с цилиндрическим уровнем при зрительной трубе (см. рисунок 1). Для установки нивелира в рабочее положение его закрепляют на штативе и, действуя тремя подъемными винтами, приводят пузырек круглого уровня в центр ампулы. При этом ось вращения нивелира занимает отвесное положение. Наведение зрительной трубы на рейку осуществляют вначале вручную с помощью мушки, а затем зажимают закрепительный винт зрительной трубы и наводящим винтом делают точное

визирование на рейку. Резкость изображения сетки нитей достигается вращением окулярного кольца, а резкость изображения рейки – вращение винта кремальеры. Перед каждым отсчетом по рейке визирную ось нивелира приводят в горизонтальное положение, добиваясь совмещения изображения концов пузырька цилиндрического уровня в поле зрения зрительной трубы путем вращения элевационного винта (см. рисунок 2).

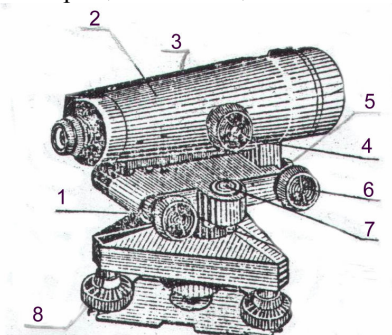


Рисунок 1 – Устройство нивелира Н-3:
1 – элевационный винт; 2 – зрительная труба;
3 – цилиндрический уровень;
4 – кремальера; 5 – закрепительный винт;
6 – наводящий винт; 7 – круглый уровень;
8 – подъемный винт

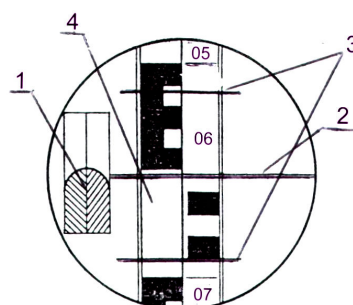


Рисунок 2 – Поле зрения трубы нивелира Н-3:

1 – изображение концов пузырька цилиндрического уровня; 2 – средний горизонтальный штрих сетки нитей;
3 – штрихи нитяного дальномера;
4 – изображение рейки (отсчет 0652)

Отсчет по рейке состоит из четырех цифр и выражает величину в миллиметрах. Производить отсчет необходимо по среднему горизонтальному штриху сетки нитей. Отсчет по рейке берут от меньшего к большему числу. Первые две цифры отсчета, обозначающие метры и дециметры на рейке подписаны (на рисунке 2 эти цифры 06), третья цифра считается по числу сантиметровых шашек от начала дециметрового деления до среднего горизонтального штриха сетки нитей (на рисунке 2 – их 5). Следует отметить, что в каждом дециметре первые пять шашек с сантиметровыми делениями объединены в виде буквы Е (см. рисунок 2). Четвертая цифра, обозначающая миллиметры, по рейке оценивается на глаз (на рисунке 2 это 2 мм). Тогда полный отсчет по рейке составит 0652.

Поверки нивелира Н-3. Под поверками нивелира понимают действия контролируемые соблюдение условий, которым должен удовлетворять прибор для геометрического нивелирования. Поверки выполняют перед началом полевых работ. При невыполнении условий поверок производят необходимые исправления (юстировки). Нивелир Н-3 должен удовлетворять следующим геометрическим условиям:

Проверка 1. Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения нивелира.

После установки штатива и закрепления на нем нивелира тремя подъемными винтами приводят пузырек круглого уровня в центр ампулы и поворачивают верхнюю часть нивелира на 180 градусов. Если пузырек уровня останется в центре ампулы, то условие выполнено, если нет, то нужно исправительными винтами круглого уровня переместить пузырек к центру на половину дуги отклонения. Проверку повторяют до полного выполнения условия.

Проверка 2. Средний горизонтальный штрих сетки нитей должен быть перпендикулярен оси вращения нивелира.

Ось вращения нивелира устанавливают в отвесное положение. Наводят зрительную трубу на неподвижную рейку, установленную в 20-30 м от нивелира. Условие будет выполнено, если при плавном вращении трубы горизонтальный штрих не будет сходить с точки наведения (то есть отсчет по рейке будет оставаться неизменным). Если условие не выполняется, то отвинчивают и снимают окулярную часть зрительной трубы и поворачивают диафрагму с сеткой нитей, предварительно ослабив крепящие её винты.

Проверка 3. Ось цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной оси зрительной трубы.

Это главное условие нивелира проверяется двойным нивелированием концевых точек линии 50-75 м (см. рисунок 3). На концевых точках забивают колышки. Нивелир устанавливают на начальной точке линии, а рейку – на конечной. Приведя элевационным винтом нивелира пузырек цилиндрического уровня в нуль-пункт, снимают отсчет по рейке P_1 и измеряют высоту нивелира i_1 с точностью до 1 мм.

Например: $P_1=1426$ мм, $i_1=1371$ мм. Затем меняют нивелир и рейку местами и, приведя элевационным винтом пузырек цилиндрического уровня в нуль-пункт, снимают отсчет по рейке P_2 , измеряют высоту нивелира i_2 .

Например: $P_2=1260$ мм, $i_2=1337$ мм. Если ось цилиндрического уровня не параллельна визирной оси трубы, то отсчеты по рейке будут ошибочны на величину

$$X = \frac{1}{2}((P_1 + P_2) - (i_1 + i_2)).$$

Величина X должна быть не более ± 4 мм, если X превышает указанную величину, тогда, не снимая нивелира со второй станции, элевационным винтом устанавливают средний горизонтальный штрих сетки нитей на отсчет по рейке, равный $P_2 - X$. При этом произойдет смещение изображений половинок концов пузырька уровня в поле зрения трубы. Сняв крышку коробки цилиндрического уровня, вертикальными исправительными винтами производят точное совмещение половинок концов пузырька уровня в поле зрения трубы. Затем проверку повторяют до соблюдения условия.

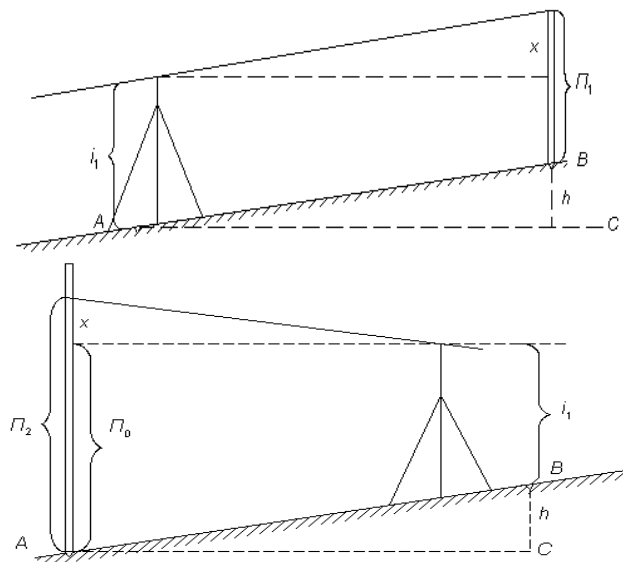


Рисунок 3 – К проверке главного условия нивелира «Н-3»

Пример. Для вышеуказанных отсчетов

$$X = \frac{1}{2}((1426 + 1260) - (1371 + 1337)) = \frac{1}{2}(-22) = -11 \text{ мм} > 4 \text{ мм.}$$

Поэтому необходимо выполнить юстировку уровня. Для этого устанавливают элевационным винтом по рейке отсчет $\Pi_2 - X = 1260 \text{ мм} - (-11 \text{ мм}) = 1271 \text{ мм}$ и исправительными винтами совмещают концы пузырька уровня.

Проверка 4. При изменении фокусировки трубы визирная ось должна сохранять неизменное положение.

Для проверки этого условия на местности по окружности с радиусом в 50 м примерно через 20 м забивают десять кольшков (см. рисунок 4).

Установив нивелир в точке А, не изменяя фокусировки трубы снимают отсчёты на точки 1-10 и вычисляют превышения их над первой точкой. Затем нивелир устанавливают в точке В (см. рисунок 4) и вновь нивелируют точки 1-10 и опять вычисляют превышения над первой точкой. Превышения, вычисленные на точке В, должны отличаться от превышений, вычисленных на точке А не более чем на $\pm 2 \text{ мм}$. В противном случае ход фокусирующей линз неправильный. Исправление проверки выполняют в мастерской.

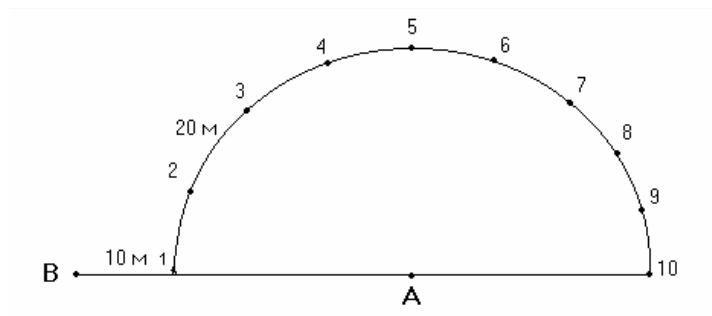


Рисунок 4 – К проверке фокусировки зрительной трубы

2.3 Изучить устройство и проверки нивелира Н-3К

Нивелир Н-3К: (ранее выпускался нивелир одностипной конструкции НС-4).

Этот нивелир относится к приборам компенсаторного типа с самоустанавливающейся линией визирования (см. рисунок 5 а, б). Главной конструктивной особенностью таких нивелиров является то, что при небольших углах наклона зрительной трубы ($\alpha < \pm 15'$) луч визирования устанавливается компенсатором в горизонтальное положение автоматически. Время самоустановки визирного луча составляет 1-2 с. Оптико-механический компенсатор расположен между фокусирующей линзой и сеткой нитей трубы нивелира (см. рисунок 5, б). Компенсатор состоит из двух прямоугольных призм, одна из которых (5) наглухо прикреплена к корпусу трубы, вторая (6) подвешена на двух парах скрещивающихся стальных нитях (7). При наклоне трубы на небольшой угол ($\pm 15'$), подвижная призма наклоняется в противоположную сторону на такой угол, чтобы направить горизонтальный луч, идущий от рейки точно на центр сетки нитей. Успокоение подвижной призмы компенсатора обеспечивается воздушным демпфером. Экономия времени на остановку визирной оси нивелира Н-3К в горизонтальное положение с помощью компенсатора составляет до 50 % по сравнению с установкой по уровню в нивелире Н-3.

Нивелир приводят в рабочее состояние по круглому уровню тремя подъёмными винтами. Когда пузырёк круглого уровня находится в центре, ось вращения нивелира занимает отвесное положение. Нивелир Н-3К не имеет закрепительного винта, поэтому приближенное наведение зрительной трубы на рейку осуществляется рукой и надёжно фиксируется в нужном направлении. Точное наведение трубы на рейку выполняют вращением наводящего винта бесконечной наводки. Перед снятием отсчёта по рейке необходимо, проверить, чтобы пузырёк круглого уровня находился в центре.

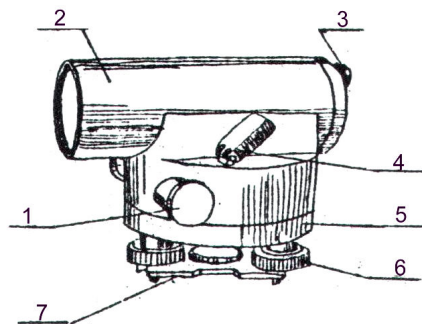


Рисунок 5 (а) – Нивелир Н-3К
 1 – наводящий винт зрительной трубы;
 2 – зрительная труба; 3 – окуляр;
 4 – круглый уровень с исправительными винтами; 5 – подставка нивелира;
 6 – подъемный винт; 7 – пластина

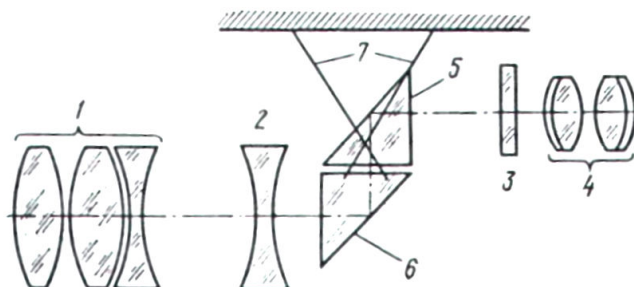


Рисунок 5 (б)– Оптическая схема зрительной трубы нивелира с компенсатором Н-3К:

1 – трехлинзовый объектив; 2 – фокусирующая линза; 3 – сетка нитей; 4 – окуляр;
 5, 6, 7 – компенсатор

Проверки нивелира Н-3К

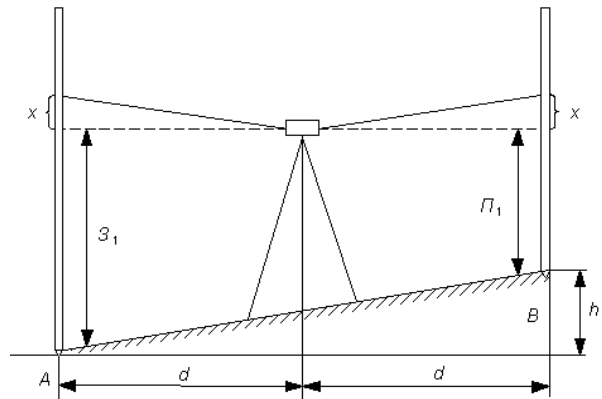
Проверки 1, 2 и 4 нивелира Н-3К выполняются и исправляются аналогично проверкам нивелира Н-3.

Проверка 3. После приведения нивелира в рабочее положение визирная ось должна занимать горизонтальное положение.

Это условие является главным для нивелиров с компенсатором. Для выполнения проверки на местности закрепляют кольшками концевые точки линии длиной 50-70 м. Нивелир устанавливают точно на середине данной линии (см. рисунок 6, а), приводят его в рабочее положение по круглому уровню, снимают отсчеты по рейкам, установленным на концах линии Z_1 и Π_1 , и определяют превышение $h_1 = Z_1 - \Pi_1$. Затем нивелир переносят в точку на расстоянии 3-5 м от переднего конца линии (наименьшее расстояние визирования) (см. рисунок 6, б) и вновь снимают отсчеты по рейкам, установленным на концах линии Z_2 и Π_2 , и определяют превышение $h_2 = Z_2 - \Pi_2$. Разность $\Delta = h_2 - h_1$ между превышениями не должна быть больше ± 4 мм. Если эта разность больше указанного допуска, то находят исправ-

ленный отсчёт на заднюю рейку $Z_{исп} = h_1 + П_2$. При этом отсчёт $П_2$ принимают за безошибочный (ввиду малого расстояния до передней рейки).

а)



б)

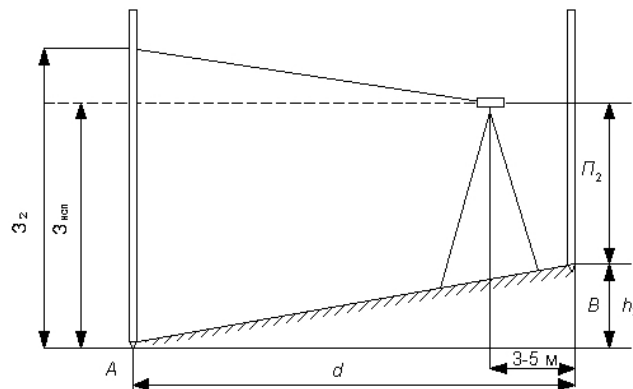


Рисунок 6 – Проверка визирной оси нивелира Н-3К

Сняв крышку у окуляторной части трубы и действуя исправительными винтами сетки, наводят средний горизонтальный штрих сетки нитей на исправленный отсчёт $Z_{исп}$. Проверку повторяют до соблюдения условия.

Пример

На станции 1: $z_1 = 1120$ мм; $П_1 = 0908$ мм; $h_1 = 1120 - 0908 = +212$ мм.

На станции 2: $z_2 = 1346$ мм.; $П_2 = 1114$ мм.; $h_2 = 1346 - 1114 = +232$ мм.

$\Delta = h_2 - h_1 = 232 - 212 = +20$ мм. Поскольку Δ более 4 мм, то средний горизонтальный штрих сетки нитей надо установить исправительными винтами на отсчёт $Z_{исп} = h_1 + П_2 = 212 + 1114 = 1326$ мм.

2.4 Нивелирные рейки и их проверки

При техническом нивелировании применяют в основном двухсторонние шашечные рейки типа РН-3 и РН-10. Их изготавливают длиной 3 и 4 метра и маркируют с указанием длины в миллиметрах, например, РН-3-3000. Если рейка складная, то к её маркировке добавляется буква «С» (РН-3-3000С) (см. рисунок 7а, б).

Сантиметровые деления на рейках окрашены через одно деление черным (чёрная сторона) или красным цветом (красная сторона) и объединены по пять шашек в виде буквы Е, что облегчает снятие отсчёта. Дециметровые деления подписывают цифрами в перевернутом виде (для нивелиров с обратным изображением). Деления на таких рейках возрастают от нуля (у пятки рейки) вверх (чёрная сторона). На красной стороне с пяткой рейки совпадает отсчёт 4687 или 4787 мм, поэтому отсчёты по обеим сторонам рейки не одинаковы, а их разность, называемая разностью пятки или разностью нулей рейки, является постоянной величиной и используется для контроля отсчётов. Для нивелиров с трубами прямого изображения применяют рейки с прямой оцифровкой. При этом в маркировке рейки добавляется буква «П».

Снятие отсчетов по нивелирным рейкам

При нивелировании рейки ставят вертикально нулём вниз на забытые ровень с землёй колышки. В отвесное положение рейку приводят с помощью круглого уровня, прикреплённого к ней, а при его отсутствии медленно покачивают рейку вперёд и назад и берут наименьший отсчёт, который соответствует отвесному положению рейки. Отсчёт по рейке снимают по среднему горизонтальному штриху сетки нитей с точностью до миллиметра. При этом количество дециметров и сантиметров отсчитывают по рейке, а миллиметры оценивают на глаз.

Проверка нивелирных реек

Проверка 1. Деления рейки должны быть резко очерчены, равны между собой и соответствовать номинальной длине.

На рейку накладывают контрольную линейку (метр) или выверенную стальную рулетку с миллиметровыми делениями и дважды в прямом и обратном направлениях измеряют длины отрезков между делениями 1-10, 10-20 и 20-30 дм.

Расхождения длины делений рейки с соответствующими делениями рулетки не должны превышать 0,5 мм.

Проверка 2. Разность отсчётов по чёрным и красным сторонам рабочей пары должна равняться нулю.

При получении рабочей пары реек необходимо проверить, чтобы оцифровка пятки рейки по красной стороне была одинакова. Для выполнения проверки в 10-20 м от нивелира на колышек поочередно ставят первую и вторую рейки и берут 3-4 отсчёта по каждой стороне рейки. Разности одноимённых отсчётов не должны отклоняться от нуля более чем на 2 мм. Одно-

временно определяют разности отсчётов по красной и чёрной стороне каждой рейки (разность пяток реек). Эти разности во время нивелирования дают возможность выявить грубые ошибки в отсчетах.

Нивелирные рейки могут также устанавливаться на костыли и башмаки (см. рисунок 7, в) или колышки (см. рисунок 7, г).

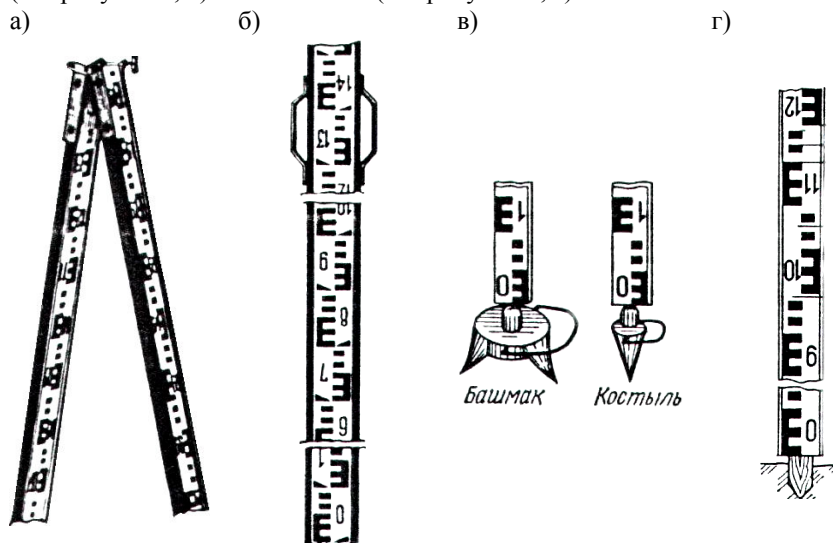


Рисунок 7 – Нивелирные рейки

Костыль – металлический стержень с заострённым концом с одной стороны и сферической шляпкой с другой. Для забивки костыля в грунт на верхний торец его надевают крышку.

Башмак – толстая круглая или треугольная металлическая пластина на трёх ножках. В середине пластины укреплён стержень со сферической шляпкой, на которую ставят нивелирные рейки.

2.5 Измерение превышений нивелированием из середины

Геометрическое нивелирование из середины выполняют с помощью нивелира и нивелирных реек. Для этого необходимо установить в точках А и В нивелирные рейки, а между ними нивелир (см. рисунок 8). Направив горизонтальную визирную ось нивелира на рейки, выполняют отсчёты по чёрным и красным сторонам реек.

Если точку А считать задней, а точку В передней, то отсчёты производят в следующем порядке:

- 1) задняя чёрная сторона ($a_ч$), в примере $a_ч = 0680$ мм (см. графу 3 Журнала технического нивелирования (таблица 1));
- 2) передняя чёрная сторона ($b_ч$) записана в графу 4 таблицы 1 ($b_ч = 0534$ мм);

- 3) передняя красная сторона ($e_{кр}$) записана в графу 4 ($e_{кр}=5333$);
- 4) задняя красная сторона ($a_{кр}$) записана в графу 3 ($a_{кр}=5480$ мм);
- 5) если необходимо, то снимают отсчёт на промежуточную (плюсовую) точку С только по чёрной стороне и записываются в журнал в графу № 5 (таблица 1) ($c=0438$).

Т а б л и ц а 1 - Журнал технического нивелирования

Номер страницы	Точки наблюдения	Отсчёты по рейкам			Превышения				Горизонт нивелира, м	Высоты точек
		задние	перед- ние	промеж	+	-	+	-		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	A	0680							146,932	146,252
	С	5480		0438	0146		0146			146,494
	B		0534 5333		0147					146,398

2.6 Вычисление превышений и высот (отметок) точек при геометрическом нивелировании из середины

Высоты точек на станции при геометрическом нивелировании можно определить двумя способами:

- 1) через превышения (h);
- 2) через горизонт нивелира (ГН, рисунок 8).

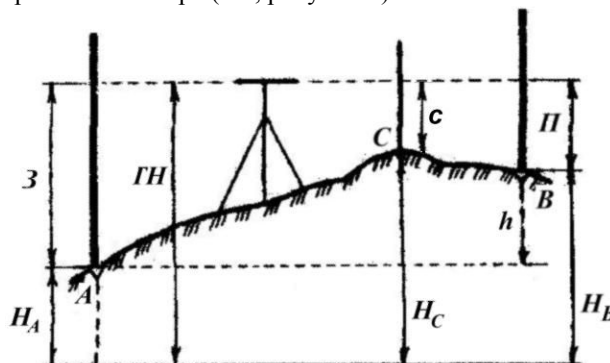


Рисунок 8 – Геометрическое нивелирование из середины

Горизонтом нивелира называют высоту визирного луча над уровневой поверхностью или отметку луча визирования.

Все результаты вычислений необходимо записать в журнал технического нивелирования. При вычислениях отсчёты в миллиметрах необходимо перевести в метры (отсчёт 0680=0,680 и т.д.).

Для нахождения превышения необходимо найти разность отсчётов на заднюю и переднюю рейки по чёрной и красной стороне реек:

$$h_{\text{ч}} = a_{\text{ч}} - v_{\text{ч}} \Rightarrow h_{\text{ч}} = 0680 - 0534 = +0146 \text{ мм};$$

$$h_{\text{кр}} = a_{\text{кр}} - v_{\text{кр}} \Rightarrow h_{\text{кр}} = 5480 - 5333 = +0147 \text{ мм}.$$

Эти величины необходимо записать в журнал в графу 6 (если превышение со знаком плюс) или в графу 7 (если превышение со знаком минус).

Расхождение между превышениями по чёрной и красной стороне реек не должно превышать 5 мм. Если этот допуск соблюдается, то находят среднее арифметическое из этих превышений $h_{\text{ср}} = (h_{\text{ч}} + h_{\text{кр}}) / 2$; $h_{\text{ср}} = (0146 + 0147) / 2 = +0146 \text{ мм}$.

Округляют среднее превышение до 1 мм к ближайшей чётной цифре и записывают в графы 8 или 9 журнала в зависимости от знака превышения.

Отметку $H_{\text{а}}$ записывают в графу 11 напротив точки А (в таблице 1 $H_{\text{а}} = 146,252$).

Зная $H_{\text{а}}$ и $h_{\text{ср}}$ можно определить высоту точки В.

$$H_{\text{в}} = H_{\text{а}} + h_{\text{ср}} = 146,252 + 0,146 = 146,398 \text{ м}.$$

Записываем эту высоту в графу № 11 напротив точки В.

Горизонт нивелира можно вычислить по формуле

$$\text{ГН} = H_{\text{а}} + a_{\text{г}} = 146,252 + 0,680 = 146,932 \text{ м}.$$

Записывают ГН в графу 10 журнала. Через горизонт нивелира можно вторым способом определить высоту точки В по формуле $H_{\text{в}} = \text{ГН} - v_{\text{ч}}$. Например

$$H_{\text{в}} = 146,932 - 0,534 = 146,398 \text{ м}.$$

Через горизонт нивелира вычисляют также высоты промежуточных точек (С) по формуле $H_{\text{с}} = \text{ГН} - c = 146,932 - 0,438 = 146,494 \text{ м}$.

Записывают $H_{\text{с}}$ в графу 11 напротив точки С.

В качестве отчёта о выполненной работе студентам необходимо предоставить задание с результатами измерений и вычислений, а также описанием методики выполнения проверок нивелиров.

Лабораторная работа № 4

РАЗБИВОЧНЫЙ ЧЕРТЕЖ ДЛЯ ПЕРЕНЕСЕНИЯ ПРОЕКТА ЗДАНИЯ В НАТУРУ

Цель работы. Закрепить теоретические знания по математическим расчетам при инженерно-геодезическом проектировании переноса сооружения на местность согласно проекту способом полярных координат.

Перенесение проекта в натуру сводится к определению на местности положения отдельных точек проекта. Для выполнения разбивки необходимо вычислить разбивочные элементы – углы и расстояния, которые записывают на разбивочном чертеже (см. рисунок 1).

$$x_A = +4409,30 + 0,01N,$$

$$y_A = +1422,10 - 0,01N.$$

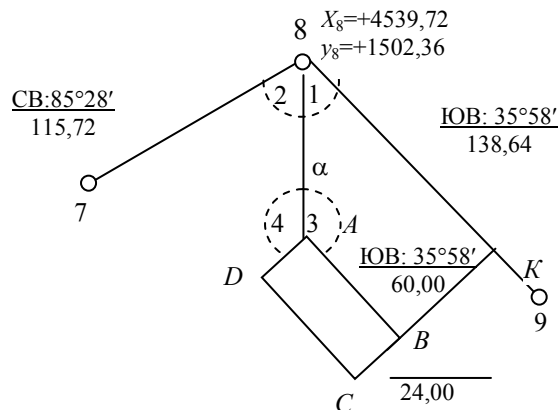


Рисунок 1 – Схема разбивки здания полярным способом

На разбивочном чертеже показывают: минимальное число основных точек данного объекта; только те точки опорной геодезической сети, от которых будут выполнять разбивку; способ разбивки; все размеры и значения величин, которые необходимы в процессе работы, включая контрольные.

В данной расчетно-графической работе выносят в натуру 4 точки здания, на основе участка теодолитного хода со станциями 7, 8, 9 (см. рисунок 1). Следует иметь в виду, что сторона АВ здания параллельна стороне 8-9 теодолитного хода. Вычисления выполнены для разбивки здания на станции 8. Определяем длину линии d от станции 8 до точки А здания, горизонтальные углы 1,2,3,4, а также элементы контроля – диагонали здания АС и ВD и расстояние ВК от стороны АВ здания по перпендикуляру до линии 8-9 теодолитного хода.

1 Приборы и принадлежности

- 1 Геодезические таблицы Е.Г. Ларченко.
- 2 Микрокалькулятор.
- 3 Геодезический транспортир и масштабная линейка.
- 4 Измеритель.
- 5 Линейка длиной 30-40 см.
- 6 Индивидуальное задание.

2 Порядок выполнения работы

2.1 Получить исходные данные

Каждый студент выполняет расчётно-графическую работу «Разбивочный чертеж для перенесения проекта здания в натуру» строго по своему варианту, согласно присвоенному ему шифру. К исходным данным относятся: координаты точки 8, длины и румбы линий 7-8, 8-9 теодолитного хода и румб стороны АВ здания, которая параллельна стороне 8-9 теодолитного хода и длины сторон здания. Эти данные приведены на схематическом чертеже (см. рисунок 1) и в задании. Румб стороны ВС следует вычислить и записать в задании. Координаты X_A и V_A угла здания А каждый студент определяет по шифру согласно указанным в задании формулам.

ПРИМЕР: По шифру 4422 вычисляют исходные прямоугольные координаты точки А здания:

$$X_A = +4409,30 + 0,01 N_0 = +4409,30 + 44,22 = 4453,52 \text{ м};$$

$$V_A = +1422,10 - 0,01 N_0 = 1422,10 - 44,22 = 1377,88 \text{ м}.$$

2.2 По исходным координатам точек 8 и А в таблице решить обратную геодезическую задачу, определить дирекционный угол α_{8-A} и длину d линии 8-А, используя формулы:

$$\Delta X = X_A - X_8;$$

$$\Delta Y = V_A - V_8;$$

$$\operatorname{tg} \alpha_{8-A} = \frac{\Delta Y}{\Delta X} = \frac{V_A - V_8}{X_A - X_8} \quad d = \frac{\Delta X}{\cos \alpha} = \frac{\Delta Y}{\sin \alpha}$$

В таблицу 1 выписать координаты точек 8 (см. рисунок 1) и А (из подраздела 2.1), вычислить ΔX и ΔY записать в 5 и 6. Обратит внимание на запись их знаков, которые необходимы для определения названия румба. По $\operatorname{tg} \alpha_{8-A}$ (пункт 7), значение которого вычисляют не менее 5 знаков после запятой, определяют величину румба r , применяя таблицы натуральных значений тригонометрических функций или калькулятор.

Т а б л и ц а 1 – Решение обратной геодезической задачи

Обозначение	Вычисление	Обозначение	Вычисление
1) V_A	1377,88	2) X_A	4453,52
3) V_8	1502,36	4) X_8	4539,72
5) $\Delta Y = V_A - V_8$	-124,48	6) $\Delta X = X_A - X_8$	-86,20
7) $\operatorname{tg} \alpha_{8-A} = \Delta Y / \Delta X$	1,44408	8) r	ЮЗ: $55^{\circ} 17,9'$
10) $\sin \alpha$	0,82212	9) α_{8-A}	$235^{\circ} 17,9'$
12) $d = \Delta Y : \sin \alpha$	151,41	11) $\cos \alpha$	0,56930
		13) $d = \Delta X / \cos \alpha$	151,41

По знакам ΔY и ΔX определить название румба и записать его в п. 8, после чего румб перевести в дирекционный угол α_{8-A} . В приведённом примере $r=ЮЗ$: $55^{\circ}17,9'$, дирекционный угол $\alpha_{8-A}=180^{\circ}+55^{\circ}17,9'=235^{\circ}17,9'$. Затем по дирекционному углу (или румбу) определить $\sin\alpha$, $\cos\alpha$ и расстояние d линии 8-A. Расстояние должно сходиться до 0,01м.

2.3 По дирекционным углам $\alpha_{7-8}=85^{\circ}28'$, $\alpha_{8-9}=144^{\circ}02'$, $\alpha_{8-A}=235^{\circ}17,9'$ вычислить углы

1, 2, 3, 4 между сторонами, α_{8-A} указанными на рисунке. Эти углы используют для разбивки здания на местности:

$$\angle 1 = \alpha_{8-A} - \alpha_{8-9} = 235^{\circ}17,9' - 144^{\circ}02' = 91^{\circ}15,9';$$

$$\angle 2 = \alpha_{8-7} - \alpha_{8-A};$$

Дирекционный угол α_{8-7} имеет обратное направление дирекционного угла α_{7-8} , поэтому

$$\angle 2 = (85^{\circ}28' + 180^{\circ}) - 235^{\circ}17,9' = 30^{\circ}10,1';$$

$$\angle 3 = \alpha_{8-9} - \alpha_{A-8};$$

$$\angle 3 = 144^{\circ}02' - (235^{\circ}17,9' - 180^{\circ}) = 88^{\circ}44,1';$$

$$\angle 4 = \alpha_{A-8} - \alpha_{A-D};$$

2.4 Дирекционный угол α_{A-D} стороны здания АД вычисляют по формуле:

$$\alpha_{A-D} = \alpha_{8-9} + 90^{\circ}, \text{ следовательно,}$$

$$\angle 4 = (55^{\circ}17,9' + 360^{\circ}) - (144^{\circ}02' + 90^{\circ}) = 181^{\circ}15,9'.$$

Контроль:

$$\angle 3 + \angle 4 = 88^{\circ}44,1' + 181^{\circ}15,9' = 270^{\circ}00';$$

$$\angle 1 + \angle 2 = \alpha_{8-7} - \alpha_{8-9} = 265^{\circ}28,0' - 144^{\circ}02,0' = 121^{\circ}26,0'$$

Согласно рисунку 1 получаем

$$BD^2 = AB^2 + BC^2 \text{ или } BD = 60^2 + 25^2 = 65,00\text{м.}$$

$$BK = d \sin \angle 1 \quad BK = 151,41 \cdot 0,999756 = 151,37\text{м.}$$

Разбивочный чертеж строят по дирекционным углам и длинам линии с применением геодезического транспорта и масштабной линейки. Кон-

троль построения осуществляют по горизонтальным углам, в качестве отчета о лабораторной работе студент представляет выполненное задание.

2.4 На четвёртой странице задания, отведённой для составления разбивочного чертежа, в масштабе 1:2000 построить четрёх и выписать все данные, необходимые для разбивки здания на местности и контроля

В данном примере:

$$\angle 1 = 91^{\circ} 15,9';$$

$$\angle 2 = 30^{\circ} 10,1';$$

$$\angle 3 = 88^{\circ} 44,1';$$

$$\angle 4 = 181^{\circ} 15,9';$$

$$d = 151,41 \text{ м.}$$

$$ВД = 65,00 \text{ м.}$$

$$ВК = 151,37 \text{ м.}$$

Часть II. Учебная геодезическая практика

**1 ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ УЧЕБНОЙ ПРАКТИКИ
ПО ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОДЕЗИИ**

1.1 Цель и задачи практики. Организация работ

Учебная практика по инженерной геодезии позволяет студентам закрепить знания, полученные при изучении теоретического курса "Инженерная геодезия", приобрести навыки уверенного обращения с геодезическими приборами, научиться самостоятельно выполнять геодезические, топографические и разбивочные работы, связанные с изысканием, проектированием, строительством и эксплуатацией железных дорог, промышленных и гражданских сооружений, правильно осуществлять математическую и графическую обработку результатов измерений.

Для успешного выполнения каждого вида работ студенты обязаны изучить соответствующие разделы учебника "Инженерная геодезия" для вузов железнодорожного транспорта и данное пособие.

Практика проводится на специально выбранной местности – учебном полигоне. К ней допускаются студенты, которые успешно изучили теоретический курс инженерной геодезии, выполнили все лабораторные и расчетно-графические работы.

Действующей программой рекомендуются следующие виды работ, выполняемые в соответствии с календарным графиком кафедры: теодолитные, нивелирные и тахеометрические съемки, геодезические задачи, решаемые в строительстве, съемка железнодорожного пути.

Очередность выполнения и продолжительность некоторых видов работ может изменяться руководителем практики только в зависимости от погодных условий. Продолжительность рабочего дня на практике – 6 часов. На все время практики в студенческих группах создаются постоянные бригады в составе 6-7 человек. В бригаде выбирается бригадир и его заместитель. Бригадир получает необходимую литературу в научно-технической библиотеке университета, в кабинете кафедры – геодезические приборы и материалы; проводит внешний осмотр приборов с целью проверки наличия принадлежностей и выявления дефектов; наблюдает за хранением, правильным обращением с ними во время геодезических измерений и сдает их после выполнения заданий; организует работу в бригаде и следит за чередованием рабочих мест членов бригады в каждом виде работ с соблюдением правил по технике безопасности; ведет учет посещаемости.

После окончания работ материалы практики и их опись подшиваются в папку. Все документы должны быть подписаны исполнителями и пронумерованы. Затем все члены бригады сдают зачет, по результатам которого составляются каждому персонально соответствующая оценка.

Студенты не прошедшие учебную практику по той или иной причине, являются задолжниками и на следующий курс переведены быть не могут.

Для руководимых бригад преподаватель составляет календарные планы натурных измерений, математической обработки и графических работ с указанием заданий на каждый рабочий день; объясняет студентам порядок выполнения каждого вида работ, рекомендует наиболее рациональные приемы технологии, ведет контроль, принимает выполненные задания и зачет по практике.

Руководитель практики ежедневно проверяет посещаемость студентов, записывает в полевом журнале выполнение дневного задания, отмечает недостатки в работе бригады и отдельных студентов, разъясняет ошибки, дает необходимые рекомендации и указания.

1.2 Правила осмотра геодезических приборов и обращение с ними

1 Геодезические приборы получает бригадир в кабинете геодезических приборов кафедры. Они закрепляются за бригадой на период выполнения

задания. Студенты обязаны бережно обращаться с приборами: за утерю или поломку их все члены бригады несут материальную ответственность.

2 При получении приборов бригадир должен осмотреть их, обратив внимание на комплектность и маркировку приборов, отсутствие механических повреждений, исправность оптической системы, чистоту поля зрения зрительной трубы и микроскопа; проверить взаимодействие узлов теодолита, работу подъемных и закрепительных винтов и наводящих устройств.

3 При транспортировке приборов и работе их следует оберегать от толчков, ударов, встряхивания. Перевозить или переносить приборы на значительное расстояние следует только в упаковочных футлярах. При переходе, во время работы, с одной станции на другую приборы переносят закрепленными на штативе, обязательно в вертикальном положении, при этом закрепительные устройства должны быть закреплены, а нитяной отвес уложен в гнездо штатива.

4 Вынимая прибор из футляра или упаковывая его, в целях обеспечения сохранности, не следует допускать грубых силовых воздействий. Если прибор свободно не укладывается в футляр, надо выяснить и устранить причину.

5 Перед началом работ все члены бригады тщательно выполняют проверки прибора. При регулировании основных условий проверок нужно осторожно обращаться с исправительными винтами и следить за тем, чтобы не сорвать резьбу или головки винтов. Во время работы с прибором нельзя прилагать усилия к станковому винту, закрепительному и наводящему устройствам, подъемным винтам и пользоваться следует средними частями винтов.

6 Оптические приборы нужно предохранять от пыли и влаги. Пыль удаляют мягкой кисточкой. В полевых условиях при кратковременном дожде на них надевают чехол, при длительном – упаковывают в футляр и уносят в помещение.

7 При разворачивании мерной ленты и во время измерений не следует допускать образования петель, что может привести к поломке ленты. После окончания рабочего дня ленту нужно протереть ветошью, не допуская появления на ней ржавчины.

8 В полевых условиях не разрешается использовать в качестве сиденья упаковочные футляры, штативы, рейки вешки.

9 Ежедневно после окончания работы в поле бригадир и члены бригады обязаны проверить наличие приборов и принадлежностей к ним, сдать их на базу для хранения.

10 При обнаружении в процессе работы с приборами неисправностей бригадир обращается к руководителю практики за разъяснением.

11 По окончании выполнения задания все приборы после проверки их комплектности должны быть очищены от пыли и сданы в лабораторию кафедры.

1.3 Техника безопасности и противопожарные мероприятия при проведении учебной практики. Охрана окружающей среды

При выполнении геодезических работ должны соблюдаться все правила по технике безопасности, которые утверждены Главным управлением геодезии и картографии и согласованы с Центральным комитетом профсоюза рабочих геологоразведочных работ. Учебная геодезическая практика также должна проводиться в полном соответствии с правилами техники безопасности и противопожарными мероприятиями.

В первый день практики на общем собрании потока преподаватель кафедры проводит инструктаж, на котором детально прорабатываются правила техники безопасности и противопожарные мероприятия, распорядок и организация работ, дисциплинарные требования и правила обращения с геодезическими приборами. Результат изучения студентами этих материалов заносится в специальный журнал по практике, в котором все студенты ставят свою подпись.

В процессе учебной геодезической практики каждый студент должен соблюдать следующие правила по технике безопасности и противопожарные мероприятия.

До начала работы выполняют тщательный осмотр топоров, вешек, чтобы были плотно насажены металлические части и не было заусениц и трещин на деревянных деталях. Проверяют ручки футляров приборов на прочность их крепления. Переносить топоры разрешается только в чехлах, а вешки, штативы, шпильки – острыми концами вниз, в таком положении, чтобы не поранить ноги. Нельзя носить за спиной геодезический прибор на штативе, чтобы избежать повреждений. Переносить геодезические приборы в населенных пунктах нужно по тротуару, соблюдая правила дорожного движения. Когда студент работает топором, он должен убедиться, что другие члены бригады находятся за пределом радиуса взмаха топора.

Мерную ленту должны разматывать и сматывать два студента, чтобы не поранить ладони стальной полосой, а переносить ее при измерениях только за ручки.

При установке геодезического прибора необходимо убедиться, прочно ли вошли в грунт наконечники ножек штатива.

Запрещается перебрасывать топоры, вешки, шпильки и другие предметы друг другу, оставлять геодезические приборы на проезжей части дороги.

Если приближается гроза, необходимо прекратить полевые работы и перейти в закрытое помещение. В грозу запрещается стоять под деревом, находиться около столбов, мачт, на вершине холма.

Особое внимание каждый студент должен уделить личной гигиене и санитарии. Одежда студента должна быть удобной для работы и соответствовать сезону, обувь – легкой с трудно прокалываемой подошвой.

В солнечные дни запрещается работать с непокрытой головой. В наиболее жаркие часы следует надевать одежду с длинным рукавом, чтобы не было солнечного ожога.

Во избежание простудных заболеваний не разрешается садиться и ложиться на сырую землю, траву, камни, пить холодную воду, будучи потным и воду из источников. Следует выработать привычку пить чай во время завтрака, обеда и ужина.

Купание в открытых водоемах, как правило, запрещается. В жаркие дни купание может быть проведено во время перерыва в работе под руководством преподавателя и опытного пловца, обеспечивающего страховку 4-5 учащихся. Место и правила купания указываются руководителем практики.

На базе практики для оказания медпомощи должна находиться аптечка с необходимыми медикаментами. На группу студентов (4-6 бригад) назначается сандружинник, который должен быть снабжен бинтом, йодом или походной аптечкой.

При выполнении гидрометрических работ нужно научиться обращаться с плавучими и спасательными средствами. К работам на воде допускаются студенты, которые умеют плавать. При появлении сильного ветра или тумана работу нужно немедленно прекратить и идти к берегу вразрез с волнами.

Для проведения геодезических работ в районе железнодорожных путей выбирается участок с малым движением поездов, а время согласовывается с начальником дистанции пути.

Нельзя проводить съемочные работы на железнодорожных путях при плохой видимости. Переходы вдоль железной дороги совершать только по обочине земляного полотна не ближе 2 м от крайнего рельса, на двухпутных участках надо идти навстречу движения поезда. Нельзя плотно закрывать уши головным убором, чтобы своевременно услышать шум приближающегося поезда, а также перебежать путь и находиться на междупутье. О подходе поезда должен предупреждать руководитель практики, а сигнальщики оповещают всех студентов.

Геодезические приборы нужно ставить на обочине или за пределами земляного полотна не ближе 2 м от крайнего рельса. На участках, оборудованных автоблокировкой, нельзя класть приборы на рельсы и производить поперечные измерения стальной рулеткой или лентой; следует вести промеры тесьмяной рулеткой.

Переходить станционные пути необходимо под прямым углом, убедившись, нет ли приближающегося подвижного состава, не наступая на рельсы и желоб крестовины стрелочного перевода. Вагоны, стоящие на пути, разрешается обходить не ближе чем за 5 м от крайнего вагона.

Нельзя подлезать под вагоны и перетаскивать под ними геодезические приборы.

Так как учебная практика проводится в летнее время, когда особенно велика возможность возникновения пожара, каждый студент должен чувствовать личную ответственность по обеспечению охраны окружающей среды и соблюдению правил противопожарной безопасности.

В целях исключения морального и материального ущерба в местах работы запрещается: ломать зеленые насаждения; бросать окурки; курить, проходя через лес, поле или по лугу с высохшей травой; бросать банки из-под консервов, бумагу и целлофановые пакеты; разводить костры в местах с подсохшей травой и кронами деревьев; курить на базе практики.

В случае возникновения пожара нужно немедленно забросать огонь землей или песком, залить водой или снять полосу дерна вокруг этого места.

Каждый студент должен старательно охранять зеленые насаждения. При закреплении точек съёмочного обоснования запрещается забивать колья на дорогах и тропах.

2 Теодолитные работы

2.1 Задание, приборы и материалы

Цели: закрепить теоретические знания, полученные при изучении данного раздела курса инженерной геодезии; научиться последовательно выполнять все этапы работ при построении съёмочного обоснования в виде системы теодолитных ходов и теодолитной съёмки точек ситуации; освоить применение полевой документации для математической обработки результатов измерений и составления планов.

Для получения плана участка местности выполняют теодолитную съёмку в масштабе 1:500 (1:1000). В соответствии с заданием руководитель практики каждой бригаде отводит участок местности, подлежащий съёмке. По границе снимаемого участка прокладывают замкнутый теодолитный ход.

Каждая бригада должна иметь следующие приборы и материалы: теодолит со штативом, нитяный отвес, буссоль, двадцатиметровую землемерную ленту со шпильками; стальную рулетку; эккер, эклиметр; 1-2 дальномерные рейки; 3-4 вешки, топор, колышки; журнал теодолитной съёмки; чистый бланк ведомости уравнивания координат и определения площадей планиметром, планиметр; микрокалькулятор; лист чертёжной бумаги формата А3; геодезический транспортир, линейку 50 см, папку для подшивки материалов и данное руководство по геодезической практике.

Исходные данные для математической обработки (координаты первой точки X_1 и Y_1 и начальный дирекционный угол $\alpha_{1,2}$) получают по материалам привязки теодолитного хода.

При проложении теодолитного хода и выполнении теодолитной съёмки выполняют следующие виды работ:

- рекогносцировку и закрепление точек хода;
- измерение горизонтальных углов;
- измерение длин линий хода;
- измерения для съёмки ситуации и составления абриса;
- уравнительные вычисления замкнутого хода;
- составление плана теодолитной съёмки;
- измерение площадей полярным планиметром.

2.2 Приборы для измерения линий и их использование

Все основные сведения о приборах для измерения горизонтальных и вертикальных углов, магнитных азимутов приведены в первой части пособия. Поэтому рассматриваются только приборы для измерения линий. Для непосредственного измерения длины линии на местности применяют: мерные стальные штриховые (ЛЗ-20, ЛЗ-24, ЛЗ-50) и шкаловые (ЛЗШ) ленты длиной 20, 24, и 50 метров; рулетки стальные на катушке P_c , на крестовине P_k и тесмяные длиной 5, 10, 20, 50 метров. Перед выходом на полевые работы делается внешний осмотр состояния мерной ленты, рулетки и их компарирование, т.е. длину каждого мерного прибора проверяют сравнением с выверенной контрольной лентой или длиной стационарного компаратора. В журнал записывают уравнение рабочей ленты:

$$l = l_0 + \Delta l + \alpha l_0 (t - t_0),$$

где l – длина рабочей ленты при температуре t ;

l_0 – номинальная длина мерного прибора;

Δl – поправка за компарирование;

α – температурный коэффициент линейного расширения;

t_0 – температура компарирования.

Если длина линии на местности больше 100 метров, то выполняют её вешение, выставляя вехи в створе через 25 – 70 метров в зависимости от рельефа. Измерение линии выполняют два мерщика, при этом задний направляет переднего в створ линии; передний выравнивает, натягивает ленту и фиксирует каждое отложение шпилькой; задний после отложения ленты последовательно вынимает их из грунта и оставляет у себя. Когда у переднего мерщика будут израсходованы все шпильки, второй передаёт шпильки, делает запись в журнале измерений. В процессе измерений ведётся строгий учёт количества передач шпилек и уложенных лент по числу шпилек. Обеспечивается тщательная укладка ленты в створ выставленных вех, вертикальная установка шпилек в грунт и равномерное натяжение ленты на грунте при переходе через канавы, ямы и другие препятствия. Особенно внимательным нужно быть при отсчёте остатка: цифры на верхней поверхности

ленты должны возрастать по направлению измеряемого расстояния. Остаток отсчитывается с округлением до сантиметра, а общее расстояние D определяется по формуле:

$$D=100P+20K+r+n\Delta l,$$

где P – число передач шпилек переднему мерщику;

K – число шпилек в руках у заднего мерщика,

r – длина остатка;

n – число уложенных лент.

При вычислении координат точек и составлении плана местности необходимо знать длины горизонтальных проложений. Для этого измеряют угол наклона ν и горизонтальные проложения d вычисляют по формуле: $d=D\cos \nu$.

На практике обычно пользуются таблицей поправок за наклон линии. При углах наклона менее 2^0 поправки за наклон линии малы и ими можно пренебречь. Если измеряемая длина линии имеет несколько разных углов наклона, поправки за наклон определяют для каждого отрезка, после чего находят горизонтальное проложение для всей линии. Поправки за наклон всегда вычитают из измеренных расстояний, т.е. они имеют знак минус.

2.3 Проложение теодолитного и теодолитно-высотного ходов

Теодолитная и тахеометрическая съемки предназначены для составления соответственно горизонтального и топографического планов крупного масштаба небольших участков местности на застроенной и незастроенной территории.

На практике для групп, выполняющих теодолитную съемку, съемочное обоснование создается в виде замкнутого теодолитного хода в форме треугольника. Если выполняется тахеометрическая съемка, то обоснование создается теодолитно-высотным ходом, также из трех точек. Затем на основе съемочного обоснования соответственно выполняется теодолитная или тахеометрическая съемка. Причем следует иметь в виду, что при создании съемочного обоснования теодолитным ходом работы по измерению вертикальных углов и обработки результатов по вычислению превышений по ходу не выполняются, а измеряют горизонтальные углы и длины сторон.

Работы, выполняемые для получения топографического плана, подразделяются на следующие этапы:

- 1) рекогносцировка, закрепление и обозначение точек хода съемочного обоснования;
- 2) измерение горизонтальных и вертикальных углов;
- 3) измерение расстояний между точками хода;
- 4) съемка ситуации и рельефа местности;
- 5) математическая обработка результатов измерений теодолитного хода;
- 6) уравнивание превышений по ходу и вычисление высот станций;

7) составление, вычерчивание и оформление плана.

Съемку участка местности площадью до 1 га в масштабе 1:500 или 1:1000 выполняют на основе созданного съемочного обоснования в виде замкнутого хода из 3 точек. Результаты измерений по проложению ходов съемочного обоснования и съемки ситуации, рельефа заносят в специальный журнал (таблица 1 и 2), который является документом для выполнения последующих этапов работ.

Т а б л и ц а 1 – Теодолитная съемка

Номер станции	Номер точки наблюдения	Отсчеты		Угол		Среднее из углов		Магнитный азимут		Длина линий, м
		радиусы	минуты	радиусы	минуты	радиусы	минуты	радиусы	минуты	
1	2	3		4		5		6		7
1	3	313°	21'	32°	40'	32°	41'	313°	21'	50,00
	2	280°	41'					280°	41'	
	3	140°	24'	107°	42'					
	2	107°	42'							
2	1	100°	43'	115°	47'	115°	48'	100°	43'	51,64
	3	344°	56'					115°	49'	
	1	273°	15'	157°	26'					
	3	157°	26'							

Т а б л и ц а 2 – Журнал результатов измерений теодолитно-высотного хода

Номер станции и высота прибора	Номер точки визирования	Расстояние D, м	Отсчет по горизонтальному кругу	Угол β	Среднее значение β _{ср}	Отсчет по вертикальному кругу	Место нуля МО	Угол наклона γ	Горизонтальное проложение $d = D \cos \gamma$ $d = D \cos^2 \gamma$	$h' = d \operatorname{tg} \gamma$ $h = 0,5(Kr + C) \sin^2 \gamma$	Высота наведения v (м)	Превышение $h = h' + v$	Высота, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1 i=1,53	III	86,11 50,00	313°21'	32°40'	32°41'	Л 0°12'	0°00'	+0°12'	86,11	+0,30	2,50	-0,67	H ₁ = =136,29
	II		140°24'			Л 179°48'		-0°39'	50,00	-0,57	1,46	-0,55	
	II		280°41'			Л 359°21'							
	II		107°42'			Л 180°39'							
	1	42,8	14°32'			Л 359°47'		-0°13'	42,8	-0,16	1,53	-0,16	136,13

При выполнении рекогносцировки детально осматривают отведенный участок местности и выбирают местоположение 3 точек замкнутого хода (см. рисунок 1) с учетом следующих условий: должна быть обеспечена взаимная видимость между смежными точками и хороший обзор местности с каждой точки для выполнения съемки; местность должна быть удобной для измерения линий мерной лентой. Допустимая длина линии теодолитного хода должна находиться в пределах 40–300 метров.

Намеченные на местности точки хода закрепляют кольями длиной 12–15 см, которые забивают вровень с землей. На расстоянии 15–20 см правее или левее забивают второй кол (сторожок) длиной 25–30 см, на котором простым карандашом пишут буквы Т. С., что означает “теодолитная или тахеометрическая съемка”; порядковый номер точки; номер бригады и группы. Кол и сторожок окапывают канавой в форме знака, принятого бригадой.

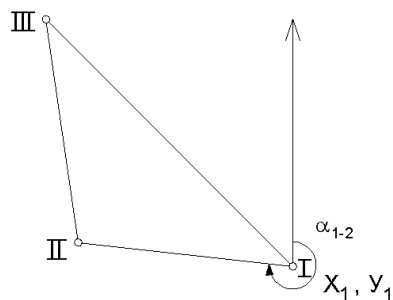


Рисунок 1 – Схема хода съемочного обоснования

После выполнения этих работ в журнале съемки составляют схематический чертеж хода и приступают к измерению углов и длин линий.

2.4 Порядок работы на станции

Измеряют правые по ходу горизонтальные углы одним полным приемом с перестановкой лимба между полуприемами на угол в пределах 10^0 . Рассмотрим измерение угла оптическим теодолитом 2Т30 на точке 1 (см. рисунок 1).

Над точкой 1 устанавливают теодолит в рабочее положение с учетом следующих практических действий. Установив устойчиво прибор над вершиной угла, ослабляют становой винт и выполняют более точное центрирование (до 5 мм) перемещением теодолита по плоскости головки штатива. Выполняют горизонтирование, а затем еще раз проверяют центрирование (и измеряют высоту прибора при построении теодолитно-высотного хода).

На смежных точках 2 (передней) и 3 (задней) устанавливают в створе визирования линий I-II и I-III в отвесном положении вешки.

В графу 1 (см. таблицы 1 и 2) журнала измерения горизонтальных углов записывают карандашом номер точки, на которой установлен теодолит (в данном случае точка 1), в графу II – номер точек наблюдений: задней – III, передней – II. Выполняют ориентирование лимба по магнитному меридиану, чтобы в первом полуприеме получить магнитные азимуты на смежные направления для ориентирования затем плана относительно сторон света.

При закрепленном лимбе вращают алидаду до тех пор, пока получим отсчет по горизонтальному кругу $0^{\circ}00'$. Затем, закрепив алидаду, открепляют лимб и вращают по азимуту до тех пор, пока магнитная стрелка совпадет со штрихом ориентир-буссоли. Эти действия выполняют при положении круга, когда объектив зрительной трубы находится в направлении северного конца магнитной стрелки ориентир-буссоли. Чтобы получить дирекционный угол направления I-II, необходимо знать величины сближения меридианов и склонения магнитной стрелки. Для территории полигона практики сближение меридианов западное и $\gamma = 1^{\circ}47'$; склонение магнитной стрелки восточное, $\delta = 5^{\circ}10'$. Следовательно, дирекционный угол

$$\alpha_{I-II} = Am_{I-II} + \delta - \gamma, \quad \alpha_{I-II} = 74^{\circ}00' + 5^{\circ}10' - (-1^{\circ}47') = 80^{\circ}57'.$$

Далее при закрепленном лимбе вращают алидаду и визируют на нижний конец вехи на точке III, выполняют отсчет по горизонтальному кругу и записывают в соответствующую графу журнала. После каждого визирования закрепительные устройства алидады и зрительной трубы должны быть закреплены. Открепляют зрительную трубу (эти действия для теодолитно-высотного хода) и наводят центр сети нитей на верхний срез вехи (чтобы средний горизонтальный штрих совпал со срезом вехи), снимают отсчет по вертикальному кругу и записывают в графу 7 (см. таблица 2) название круга (П или Л) и отсчет.

Открепляют алидаду, наводят центр сетки нитей на низ вехи (особенно внимательно по вертикальному штриху), установленной на точке II, выполняют отсчет по горизонтальному кругу и записывают на соответствующей строке. Открепляют зрительную трубу и визируют центром сетки нитей на верхний срез вехи на точке II, берут отсчет по вертикальному кругу и записывают в графу 7 таблицы 2. На этом заканчивается первый полуприем измерения горизонтального угла при круге «лево» – Л.

Второй полуприем выполняют при круге «право» – П, для этого открепляют закрепительную трубу и переводят через зенит в положении П; открепляют закрепительное устройство лимба, поворачивают его на малый угол (в пределах 10°) и закрепляют лимб; открепляют закрепительное устройство алидады, визируют на заднюю точку III, выполняют действия описанные выше, как при круге «лево». Затем производят указанные действия на переднюю точку II, а полученные отсчеты записывают в графу 4 и 7 таблицы 2 и графу 3 таблицы 1.

Значение горизонтального угла из полуприемов β_1 и β_2 получают путем вычитания из отсчета на заднюю точку соответствующего отсчета на переднюю точку и записывают в графу 4 или 5 соответствующего журнала с точностью до $1'$ или $0,5'$, в зависимости от точности прибора.

Если отсчет на заднюю точку меньше, чем на переднюю, то для вычисления угла к отсчету на заднюю точку прибавляют 360° , а затем вычитают

отсчет на переднюю точку. Если расхождение угла в полуприемах будет менее двойной точности, то определяют $\beta_{\text{ср}}$ среднее значение угла $\beta_{\text{ср}}=(\beta_1+\beta_2)/2$ и записывают в графу 5 или 6. В журнале теодолитно-высотного хода (см. таблицу 2) по отсчетам вертикального круга на заднее и переднее направления вычисляют место нуля $\text{МО}=(\text{Л}+\text{П}+180^0)/2$ и записывают в графу 8, а вычисленные углы наклона $\nu=\text{Л}-\text{МО}$ со своими знаками в – графу 9. Место нуля на заднее и переднее направление может отличаться в пределах двойной точности прибора.

В случае превышения указанного предела углы измеряют повторно, а результаты забракованных измерений в журнале аккуратно перечеркивают; стирать неверные отсчеты ластиком или писать цифру по цифре запрещается.

После измерения горизонтального и вертикального углов выполняют измерение линии I, II – мерной лентой в прямом и обратном направлениях. Для этого зрительную трубу теодолита наводят на низ вехи на точке II.

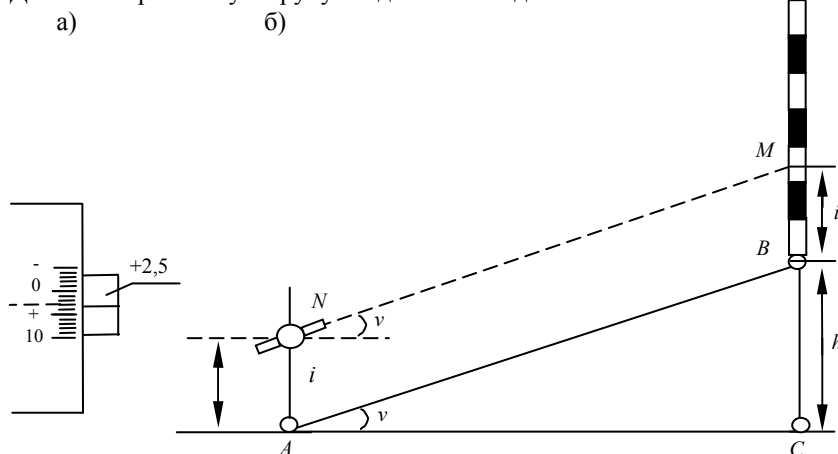


Рисунок 2 – Эклиметр: а – отсчет; б – измерение угла наклона

Результаты записывают в абрис и среднее значение в графу 7 или 3 журнала на соответствующей строке. Расхождение между измерениями линии в прямом $d_{\text{пр}}$ и обратном $d_{\text{обр}}$ направлениях не должно превышать относительную погрешность $f_{\text{отн}}=1/2000$.

Например: $d_{\text{пр}}=86,62$ м, $d_{\text{обр}}=86,54$ м,

$$f_{\text{отн}}=(d_{\text{пр}}-d_{\text{обр}})/d=(86,62-86,54)/86,58=0,08/86,58=1/2332.$$

Если угол наклона измеряемой линии равен 2^0 и более, то вводят поправку Δd за наклон. При наличии нескольких углов наклона линию измеряют по частям, а затем определяют сумму горизонтальных проложений.

Углы наклона до 4° или 5° измеряют эклиметром с точностью $0,1^0-0,2^0$, а более – теодолитом.

Наблюдатель находится с прибором в точке A , а в точке B устанавливают веху на которой отмечают в точке M высоту глаза i исполнителя. Затем наблюдатель нажимает на стопорную кнопку, визируя горизонтальным штрихом на точку M и отпускает кнопку диска.

Отсчет угла наклона снимают по штрихам диска на уровне горизонтального штриха трубы с соответствующим знаком. Но перед измерениями проверяют условие: при горизонтальном положении визирной оси отсчет должен быть равен 0^0 . Для проверки этого условия измеряют угол наклона из точки A на точку B , а затем из B на точку A . При полученных равных величинах (но разных знаках) условие выполнено. При невыполнении условия измеряют угол наклона на обоих концах линии, а результат вычисляют как среднее арифметическое из абсолютных значений. Если требуется исправление, то с учетом знаков отсчетов вычисляют

$$v=(a-b)/2; \quad MO=(a+b)/2,$$

где v – угол наклона;

a и b – отсчеты на начальной и конечной точках.

Исправление места нуля выполняют передвижением юстировочной пластинки, прикреплённой к нижнему сектору колеса.

Поправку за компарирование вводят в том случае, если она превышает 2 мм. Поправку за температуру Δl_t учитывают тогда, если температура при измерении линии отличается от температуры при компарировании на 8^0-10^0 . Горизонтальное проложение можно вычислить по формулам: $d=D\cos v$, если расстояние измерено мерной лентой; $d=D\cos^2 v$ при измерении нитяным дальномером, по наклонной местности.

Когда сторону теодолитного хода пересекает препятствие (река, болото и др.), которое не позволяет измерить длину линии, то применяют косвенный (посредственный) метод (см. рисунок 3а, 3б).

Длину линии MN определяют из двух треугольников по теореме синусов $x=(b_1\sin\beta_1)/\sin\gamma_1$. Мерной лентой измеряют базисы b_1 и b_2 с относительной погрешностью $1/1500$, а теодолитом – углы $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$. базисы выбирают с таким расчетом, чтобы углы против базиса и определяемой стороны были не менее 30^0 и не более 150^0 . Из решения треугольников определяют линию MN с относительной погрешностью, не превышающей $1/1000$. За окончательное расстояние принимается среднее.

В случае незначительных препятствий можно применить метод (см. рисунок 3, в); при помощи теодолита и мерной ленты строится и измеряется параллельная линия такой же длины.

а)

б)

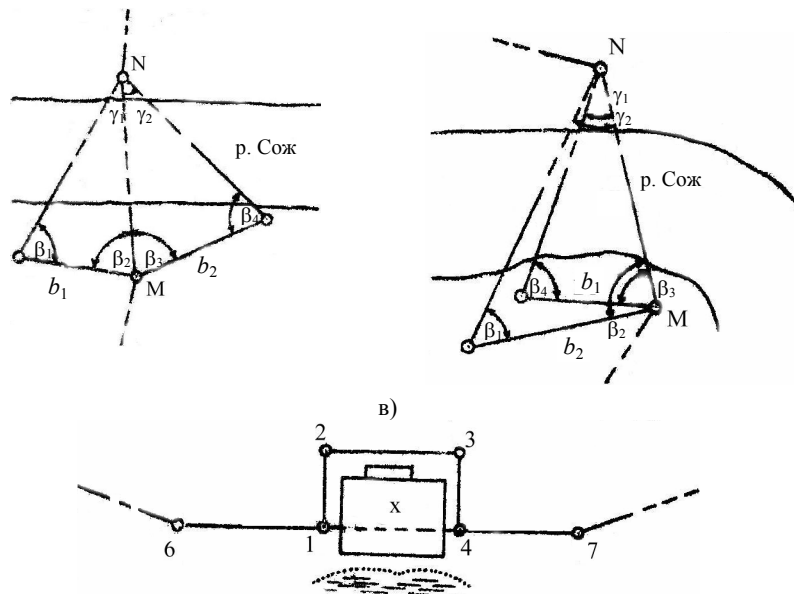


Рисунок 3 – Схемы определения недоступных расстояний

По окончании натурных измерений при проложении теодолитного хода на отведенной странице строят схематический чертеж, у соответствующих вершин хода записывают средние значения горизонтальных углов; вычисляют угловую невязку по замкнутому полигону, допустимое значение и проставляют на чертеже (см. рисунок 1). Далее выполняют вычисления по высотной части теодолитно-высотного хода. Сначала определяют превышение h' над горизонтальным лучом, а затем превышение из тригонометрического нивелирования по полной формуле.

Так как горизонтальное положение получено при измерении мерной лентой, то применяют формулы: $h = dtg\gamma$, $h = 86,11 \cdot \text{tg}(0^{\circ}12') = +0,30$ м и результат записывают в графу 11 таблицы 2. Превышение по направлению I-III вычисляют по формуле

$$h = dtg\gamma + i - V + f,$$

где i – высота прибора,

V – высота визирования, то есть высота вехи,

f – поправка за совместное влияние кривизны земли и рефракции, которой можно пренебречь при расстояниях менее 300 м.

Получим: $h = +0,30 + 1,53 - 2,50 = -0,67$. Результат записываем в графу 13. Аналогично вычисляют превышение по направлению I-II.

2.5 Съёмка ситуации

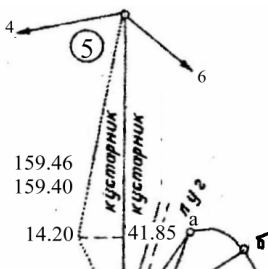
При теодолитной съемке на участке местности съемка ситуации может быть выполнена совместно с проложением теодолитного хода или отдельно с применением способов теодолитной съемки: прямоугольных координат, полярных координат, угловых и линейных засечек, створа и обхода. Съемке подлежат все элементы ситуации, выражающиеся в масштабе 1:500 или 1:1000, а также предметы, являющиеся ориентирами. При съемке леса определяют породу, высоту, толщину деревьев и среднее расстояние между ними; при съемке болот – растительный покров, глубину и степень проходимости; при съемке застроенных участков указывают назначение зданий, количество этажей и из какого строительного материала построены. Снимают линейные контуры; все пути сообщения и гидрографическую сеть. Не подлежат съемке переносные и временные предметы.

Применение того или иного способа съемки ситуации зависит от вида и размера снимаемого контура и расположения его относительно точек съемочного обоснования.

1 Способ прямоугольных координат применяют при съемке дорог, ручьев, контуров угодий, отдельных точек ситуации, расположенных вблизи линии теодолитного хода в открытой местности (см. рисунок 4а).

При измерении длины линии между точками хода лентой определяют расстояния (абсциссы) от начала линии до основания перпендикуляров, построенных эккером до характерных точек контура, и длины самих перпендикуляров (ординат), измеряемых рулеткой. С помощью эккера можно построить на местности прямой угол к отрезку линии при длине перпендикуляра: масштаб 1:500 до 20 м, 1:1000 до 40м. Исполнитель с эккером становится в основании перпендикуляра (см. рисунок 5), в конечной точке отрезка линии устанавливают веху. Поворачивает эккер таким образом, чтобы луч от вехи попал на зеркало одной из граней, а в зеркале на другой грани наблюдатель видит изображение вехи и отправляет мерщика с вехой до границы контура, а затем перемещает его веху влево или вправо до тех пор, пока она совпадет с изображением в зеркале эккера. Далее в этом направлении измеряют длину перпендикуляра.

а)



Съёмка озера с точки 8		
Номер точек	Углы	Расстояния, м
5	0°00'	
а	86°02'	29,0
б	104°50'	38,5
в	124°05'	44,5
г	133°30'	24,5
д	146°15'	38,5

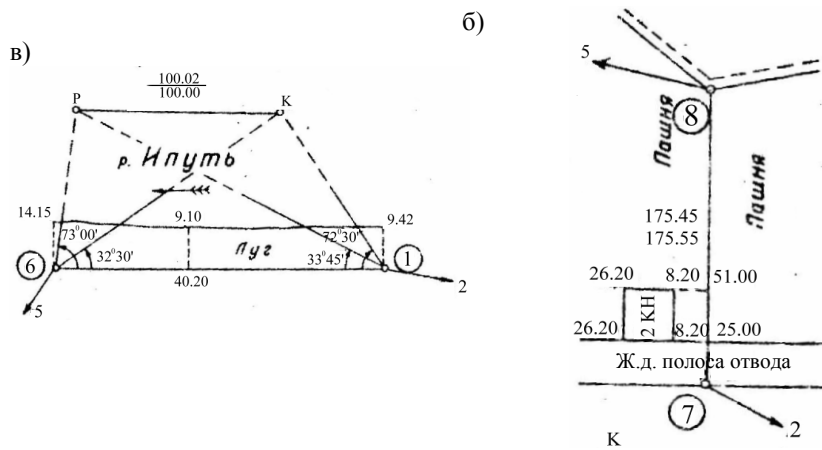


Рисунок 4 – Абрис горизонтальной съемки

Перед работой эккером проверяют условие: угол между зеркалами должен быть равен 45° . Для этого необходимо построить перпендикуляр по правой и левой вехам к отрезку линии. Если первое и второе направления совпали, то условие выполнено. Точность построения прямого угла составляет величину до $15'$.

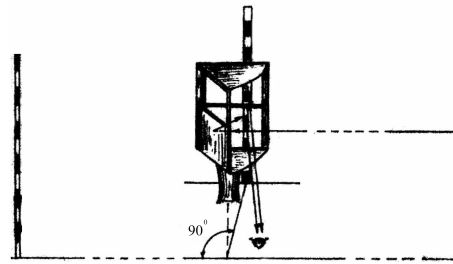


Рисунок 5 – Двухзеркальный эккер

Значения абсцисс и ординат записывают в абрис. Длину перпендикуляра при съемке в масштабе 1:1000 и 1:500 допускают соответственно 40 и 20 м; на глаз разрешается строить длину перпендикуляра 8 и 6 м.

2 Способ полярных координат применяют в открытой местности для съемки контуров с большим количеством точек. Точку стояния теодолита (8) (см. рисунок 4 а и б) принимают за полюс, а направление за переднюю точку (5) теодолитного хода – за начальное. Положение каждой из характерных точек контура определяют двумя полярными координатами: углом, измеренным между линией хода и направлением на точку, и расстоянием до нее. Устанавливают теодолит в рабочее положение на станции (8), ориентируют лимб по передней точке хода (5), визируют на дальномерную рейку, последовательно устанавливаемую на характерных точках контура, и берут отсчеты по горизонтальному кругу с точностью до $1'$, а расстояние измеряют нитяным дальномером до 0,1 м. В абрисе (см. рисунок 4 а и б) схематически показывают направление смежных линий хода, местоположение и

номера характерных точек контура, а результаты измерений записывают в таблицу. Расстояние до речных точек при съемке в масштабе 1:1000 и 1:500 не должны превышать соответственно 80 и 40 м. Съемку на станции заканчивают контрольным визированием на начальное направление (8-5). Контрольный отсчет по лимбу может отличаться от 0^0 в пределах $2'$.

3 Способ угловых засечек применяют при съемке удаленных труднодоступных, но хорошо видимых предметов и контуров местности. Для определения положения точки на станциях 6 и 1 теодолитного хода измеряют горизонтальные углы между направлением линии хода 6-1 и направлением на снимаемые точки Р и К объекта (см. рисунок 4в).

4 Способом линейных засечек определяют местоположение предметов местности, расположенных вблизи стороны теодолитного хода (в пределах длины мерной ленты), измеряют расстояние мерной лентой от точки теодолитного хода до предмета. Хорошо применять этот способ при съемке застроенных территорий, так как он обеспечивает высокую точность.

5 Способ створов применяют при съемке предметов и контуров местности, расположенных в створе линии теодолитного хода, измеряя мерной лентой отрезок длины от точки хода до предмета.

6 Способ обхода применяют при съемке контуров, невидимых с точек планового съемочного обоснования. В этом случае у границы снимаемого контура прокладывают теодолитный ход, который привязывают к двум точкам основного хода, а съемку контура выполняют способом прямоугольных координат от сторон хода.

При съемке ситуации особое внимание следует обратить на правильный выбор характерных точек контура речником, установку рейки в отвесное положение, аккуратность и четкость ведения абриса, чтобы в нем мог свободно разобратся любой исполнитель при составлении плана.

Абрис составляют во время натуральных измерений простым карандашом с показом пунктов планового съемочного обоснования, снимаемых контуров, метода съемки и результатов измерений. Местные предметы изображают условными знаками, а контуры сопровождают пояснительными записями. В зависимости от сложности участка местности на одном листе журнала можно расположить абрис съемки с одной или двух линий теодолитного хода. Прямые линии на абрисе проводят по линейке.

При тахеометрической съемке на станции выполняют съемку ситуации, предметов и рельефа способом полярных координат в следующем порядке.

Для того чтобы сократить время при вычислении превышений по полной формуле применяют формулу

$$h = \frac{1}{2}(Kn + C)\sin 2v,$$

которую получают при $i = V$. Поэтому на дальномерной рейке устанавливают высоту прибора. Затем при круге «лево» выполняют ориентирование

лимба на переднее (или заднее) направление и записывают в журнал (см. таблицу 2). Результаты измерений на реечные точки записывают после наблюдений основного хода, отделив двойной линией. Для ориентирования лимба вращением алидады при закрепленном лимбе устанавливают отсчет по горизонтальному кругу $0^{\circ}00'$, закрепляют алидаду, открепляют лимб и выполняют визирование на переднюю точку П, записывают в журнал $0^{\circ}00'$ и положение круга. Затем при закрепленном лимбе открепляют алидаду, визируют дальномерную рейку на высоту прибора и снимают отсчет по горизонтальному кругу и записывают в графу 4 таблицы 2, затем отсчет по вертикальному кругу – в графу 7, а в графу 12 – высоту прибора. Далее верхний горизонтальный штрих наводят на начало деления (см. рисунок 9, лабораторная работа 2.10), снимают отсчет по нитяному дальномеру и записывают расстояние с точностью до 0,1 м в графу 3.

Вычисляют место нуля как среднее значение из двух направлений хода ($МО = 0^{\circ}00'$) вычисляют угол наклона на реечную точку $v=L - МО = 359^{\circ}47' - 360^{\circ}00' = -0^{\circ}13'$ и записывают в графу 9, а горизонтальное проложение в графу 10, определяют превышение h и записывают в графу 13. Причем, при переходе на следующую станцию обязательно контролировать прямые и обратные превышения. Расхождение $h_{пр}$ и $h_{обр}$ допускается 4 см на 100 м расстояния. На каждой станции реечные точки выбирают на характерных точках ситуации, подлежащих съемке и для построения рельефа по линиям водораздела, водосбора, в местах изменения уклона, у подошвы холма. Расстояния до реечных точек от станции не должны превышать более 100 м. После наблюдений 10–15 реечных точек снова визируют на переднюю точку хода и проверяют отсчет по горизонтальному кругу. Отсчет не должен отличаться от $0^{\circ}00'$ более $2'$. Следовательно, работа выполнена правильно.

При съемке реечных точек кроме журнала измерений на каждой станции составляют абрис (см. рисунок 7), на котором показывают: направление севера, положение станции и направление на смежные станции, реечные точки и ситуации. Затем подписывают номер реечной точки и проводят линии со стрелками, указывающие направление ската между точками. По линиям водосборов и водоразделов, на вершинах холмов схематически горизонталями показывают формы рельефа и вычерчивают все снятые точки

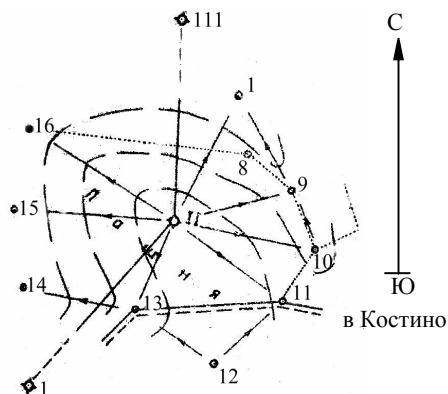


Рисунок 6 – Абрис тахеометрической съемки

контура с пояснительными подписями. После завершения съемки на точке хода переходят на следующую станцию и выполняют работу аналогично описанной последовательности. Но следует помнить, что на каждой последующей станции нумерацию реечных точек продолжают.

2.6 Математическая обработка результатов измерений. Составление плана

Математическую обработку результатов измерений начинают с тщательной проверки всех величин, записанных в полевом журнале. При выявлении описок, просчетов в вычислениях неверный результат аккуратно зачеркивают одной чертой так, чтобы его можно было прочесть, а сверху пишут исправленное значение. Стирать ластиком неверный результат запрещается. Если обнаружены погрешности, выходящие за пределы допусков, то наблюдения следует повторить. Последующими этапами работы является: составление чертежа теодолитных ходов в масштабе 1:5000, вычисление координат вершин хода, составление и вычерчивание плана.

Схематический чертеж строят при помощи транспортира и линейки по измеренным углам и линиям в масштабе 1:5000. Ориентирование выполняют по магнитному азимуту.

В ведомость вычисления координат основного хода (таблица 3) записывают следующие данные: в графу 1 – номера точек теодолитного хода, 2 – средние значения горизонтальных углов с точностью до 0,1', 4 – исходный дирекционный угол $\alpha_{1-п.}$, 5 – горизонтальные проложения длин сторон с точностью до 0,01 м, в графы 11 и 12 – исходные координаты точки 1 (X_1, Y_1). Затем выполняют обработку результатов измерений.

Вычисляют сумму средних значений, измеренных горизонтальных углов $\sum\beta = \beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_n$, теоретическую сумму углов $\sum\beta_t = 180^0(n-2)$, где n – количество углов, и записывают в графу 2.

Определяют угловую невязку f_β в соответствии с выражением $f_\beta = \sum\beta - 180^0(n-2)$, а затем допустимую угловую невязку $f_{\beta доп} = 1' \sqrt{n}$.

При условии $f_\beta \leq f_{\beta доп}$ угловую невязку распределяют с обратным знаком поровну на все углы $v_\beta = -f_\beta/n$.

Поправки v_β со знаком записывают в графу 2 над долями минут соответствующих горизонтальных углов.

В графу 3 вносят исправленные значения горизонтальных углов $\beta_{и}$ и вычисляют их сумму ($\sum\beta_{и}$), что является контролем уравнивания углов $\sum\beta_{и} = \sum\beta_t$.

В случае невыполнения этого равенства вычисления проверяют.

При соблюдении $\sum\beta_{и} = \sum\beta_t$ вычисляют дирекционные углы всех направлений хода по формуле

$$\alpha_{посл} = \alpha_{пред} + 180^0 - \beta_{и},$$

где $\alpha_{\text{посл}}$ – дирекционный угол последующей стороны,

$\alpha_{\text{пред}}$ – дирекционный угол предыдущей стороны.

Запись дирекционных углов выполняют в графе 4. Контролем вычислений является получение исходного дирекционного угла

$$\alpha_{i-II} = \alpha_{III-I} + 180^\circ - \beta_{III}.$$

В графу 5, в зависимости от дирекционного угла, записывают название румба и его значение.

По дирекционным углам или румбам направлений и горизонтальным проложениям длин сторон теодолитного хода при помощи микрокалькулятора, позволяющего получить натуральные значения тригонометрических функций, вычисляют приращения координат по выражениям:

$$\Delta X = d \cos \alpha = d \cos r; \quad \Delta Y = d \sin \alpha = d \sin r.$$

При вычислении значения тригонометрических функций принимают с точностью до 0,00001 и величины ΔX и ΔY до 0,01 м. Приращения координат можно получить при помощи таблиц приращений координат.

В соответствии с названием румба ставят знак приращения координат и записывают в графы 6 и 7, затем определяют невязки f_x и f_y в приращениях координат

$$f_x = \sum \Delta X, \quad f_y = \sum \Delta Y.$$

Для того чтобы установить, с достаточной ли точностью выполнены измерения сторон, вычисляют линейную невязку f_d в периметре хода и относительную погрешность $f_{\text{отн}}$, которая не должна превышать 1:2000:

$$f_d = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}; \quad f_{\text{отн}} = f_d / \sum d.$$

Если относительная погрешность находится в пределах допуска, продолжают вычисления. В противном случае проверяют результаты, а при отсутствии просчетов заново выполняют измерения длин линий, при необходимости и углов.

При условии $f_{\text{отн}} \leq f_{\text{отн, доп}}$ производят уравнивание: невязки f_x и f_y распределяют с обратным знаком на все приращения координат пропорционально длинам сторон:

$$v_{\Delta X_i} = (-f_x / \sum d) d_i; \quad v_{\Delta Y_i} = (-f_y / \sum d) d_i$$

и записывают с соответствующим знаком в графы 6 и 7 с точностью до 0,01 м. правильность вычисления поправок контролируют по равенствам

$$\sum v_{\Delta X_i} = -f_x; \quad \sum v_{\Delta Y_i} = -f_y.$$

Далее находят исправленные приращения координат:

$$\Delta X_{\text{и}} = \Delta X + v_{\Delta X}; \quad \Delta Y_{\text{и}} = \Delta Y + v_{\Delta Y},$$

записывают в графы 8 и 9 с соответствующим знаком и проверяют уравнение приращения координат: $\sum \Delta X_{\text{и}} = 0$, $\sum \Delta Y_{\text{и}} = 0$.

Если равенства соблюдаются, то по исходным координатам X_1 и Y_1 и уравненным приращениям координат определяют координаты всех точек теодолитного хода

$$X_i = X_{i-1} + \Delta X_{\text{и}}; \quad Y_i = Y_{i-1} + \Delta Y_{\text{и}},$$

то есть координата последующей точки равна координате предыдущей плюс исправленное приращение координат. Значения координат записывают со своим знаком в графах 11 и 12 на строке соответствующего номера точки. Контролем правильности вычислений является получение исходных координат точки 1:

$$X_1 = X_{\text{III}} + \Delta X_{\text{III-I}}; \quad Y_1 = Y_{\text{III}} + \Delta Y_{\text{III-I}}.$$

2.7 Уравнение превышений теодолитно-высотного хода

После проверки вычислений горизонтальных углов, длин сторон, превышений составляют ведомость дирекционных углов и высот станций (таблица 4): записывают номера станций, значения горизонтальных углов, средних расстояний, прямых и обратных превышений. Выписывают из ведомости уравнивания теодолитного хода значения измеренных, исправленных горизонтальных углов, дирекционных углов (магнитных азимутов), среднее расстояние, а также прямые и обратные, средние значения превышений, которые записывают со знаком прямых превышений. Далее находят сумму средних превышений и невязку f_h в превышениях:

$$f_h = \sum h_{\text{ср.}}$$

Допустимую невязку вычисляют по формуле

$$f_{h_{\text{д}}} = \frac{0,04 \sum d}{\sqrt{n}},$$

где $\sum d$ – периметр хода в сотнях метров;
 n – число сторон хода.

Т а б л и ц а 3 – В е д о м о с т ь в ы ч и с л е н и я к о о р д и н а т т е о д о л и т н о г о х о д а

Номер точки	Измеренные углы β	Исправленный угол β _и	Дирекционные углы α	Румбы	Вычисленные приращения координат				Исправленные приращения координат				Координаты				
				Меры линий	±	ΔX	±	ΔY	±	ΔX _и	±	ΔY _и	±	X	±	Y	
1	2	3	4	5		6		7		8		10		11		12	
1	-0,2 32°41,0'	32°40,8'	(280°41')											-	1817,32	+	806,93
2	-0,2 115°48,0'	115°47,8'	280°41'	сз: 79°19'	+	9,27	-	49,13	+	9,27	-	49,13		-	1808,05	+	757,80
3	-0,1 31°31,5'	31°31,4'	344°53,2'	сз: 15°06,8'	+	49,86	-	13,47	+	49,86	-	13,47		-	1758,19	+	744,35
1			133°21,8'	юв: 46°38,2'	-	59,12	+	62,60	-	59,13	+	62,60		-	1817,32	+	806,93
	Σβ= 180°00,5'	Σβ _и =180°00'		86,11													
	Σβ _т = 180°00'			Σd=187,76		+	59,13	+	62,60	+	59,13	+	62,60				
	f _β + 0°00,5'					-	59,12	-	62,60	-	59,13	-	62,60				
						f _x = +0,01	f _y = 0,00	ΣΔx= 0,00	ΣΔy= 0,00								

$$f_{\beta_{доп}} = 1' \sqrt{3} = 1,7'$$

$$f_d = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}$$

$$f_d = \sqrt{(0,01)^2 + (0,00)^2} = 0,01$$

$$f_{отн} = f_d / \Sigma d = \frac{0,01}{187,76} = \frac{1}{18720} < \frac{1}{2000}$$

Т а б л и ц а 4 – Вычисления дирекционных углов и отметок станций

Номер станции	Измеренный угол β	Исправленный угол β_n	Дирекционный угол α	Среднее расстояние d_{cp}	Превышения			Поправки	Уравненные превышения	Уравненные отметки станций
					прямые	обратные	средние			
I	-0,2' 32°41'	32°40,8'								136,29
II	-0,2' 115°48'	115°47,8'	280°41'	50,00	-0,55	+0,55	-0,55	+0,01	-0,54	135,75
III	-0,1' 31°31,5'	31°31,4'	344°53,2'	51,65	-0,15	+0,17	-0,16	+0,01	-0,15	135,60
I		$\Sigma\beta_n=180°00'$	133°21,8'	86,11	+0,67	-0,67	+0,67	+0,02	+0,69	136,29
$\Sigma\beta=$	180°00,5'		$\Sigma d=187,56$		$f_h=\Sigma h_{cp}=-0,04$		$\Sigma V_h=+0,04$			
$\Sigma\beta_n=$	180°00'						$\Sigma h_n=0$			
$f_{\beta}=$	+0,5'						$f_{h_{доп}} = \frac{0,04 \cdot 187,76}{\sqrt{3}} = 0,43$			
$f_{доп}=$	1,7'									

Если невязка f_h не превышает допустимую, ее распределяют с обратным знаком пропорционально длинам сторон и поправки v_{hi} вычисляют по формуле

$$v_{hi} = \frac{-f_h}{\Sigma d} d_i,$$

затем находят исправленные превышения

$$h_{ni}=h_{cpi}+v_{hi}.$$

Если $\Sigma h_n=0$, то невязка распределена верно.

По исходной отметке H_1 и исправленным превышениям вычисляют высоты станций тахеометрического хода. Высоту станции 1 задает руководитель практики.

При определении остальных высот станций используют формулу

$$H_{1+i}=H_1+h_{ni},$$

где H_{1+i} и H_1 – соответственно высоты последующей и предыдущей станции.

Затем в журнале (см. таблицу 2) на основе уравненных высот точек теодолитно-высотного хода определяют высоты речных точек по формуле

$$H_{p.t.} = H_{ст} + h,$$

где h – превышение со станции на реечную точку, и записывают в графу 14.

2.8 Составление плана съемки

Процесс составления плана съемки состоит из следующих этапов:

- 1 Определение размеров листа чертежной бумаги для построения плана.
- 2 Построение координатной сетки.
- 3 Построение по координатам плана теодолитного хода.
- 4 Нанесение ситуации и предметов в соответствии с абрисом. В тахеометрической съемке подпись высот точек станций хода, речных точек и рисовка горизонталей.
- 5 Оформление плана.

План теодолитной съемки составляют по звеньям в масштабе 1:1000 или 1:500.

Размер листа и число горизонтальных и вертикальных рядов квадратов сетки определяют по алгебраической разности максимальных и минимальных значений координат основного хода с добавлением 10-15 см на зарамочные подписи.

Например: по оси Y координаты $Y_{\min} = +744$ м, $Y_{\max} = +807$ м, разность составляет 63 м. В масштабе 1:1000 составит 1 квадрат или 10 см, а для 1:500 – 2 квадрата или 20 см. Прибавив к полученной величине 10-15 см, получим размер листа по этому направлению.

Для построения плана необходимо взять лист хорошей чертежной бумаги формата А2 и построить координатную сетку при помощи линейки Ф.В. Дробышева, ЛБЛ или масштабной линейки и измерителя со стороной квадрата 10 см. Координатную сетку строят особенно тщательно остро заточенным карандашом.

Построение сетки при помощи измерителя и масштабной линейки выполняют в следующем порядке (см. рисунок 7). Проводят с угла на угол две диагонали по линейке длиной 50 см, от точки пересечения измерителем откладывают равные отрезки, соединяют их концы и получают прямоугольник. От нижней горизонтальной линии откладывают вверх на вертикальных сторонах прямоугольника отрезки по 10 см, взятые по масштабной линейке. Полученные одноименные наколы соединяют горизонтальными линиями. Затем по горизонтальным линиям справа налево откладывают такие же отрезки, и одноименные наколы соединяют вертикальными линиями.

Контроль правильности построения координатной сетки осуществляют измерителем по равенству диагоналей всех квадратов. Величина отклонения в длине диагонали допускается 0,2 мм. Затем координатную сетку оцифровывают через 100 или 50 м по осям X и Y с учетом знаков координат по вос-

точной и южной рамкам с таким расчетом, чтобы основной полигон разместился в центральной части координатной сетки.

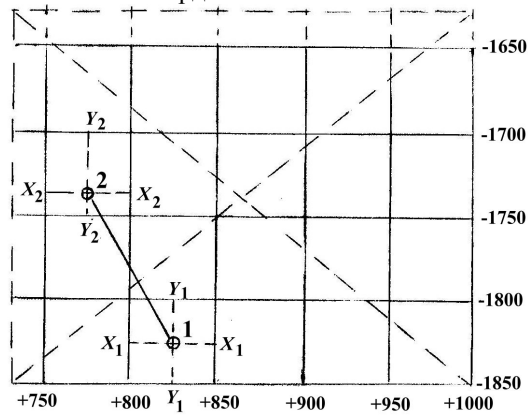


Рисунок 7 – Схема построения координатной сетки и нанесения точек теодолитного хода

В масштабе 1:1000 или 1:500 наносят на план по координатам X и Y все точки хода. По координатам точки определяют квадрат сетки, в котором она будет располагаться, и вычисляют разности координат точки и угла квадрата.

$$\Delta X = -1817,32 - (-1800) = -17,32;$$

$$\Delta Y = 806,93 - 800 = 6,93.$$

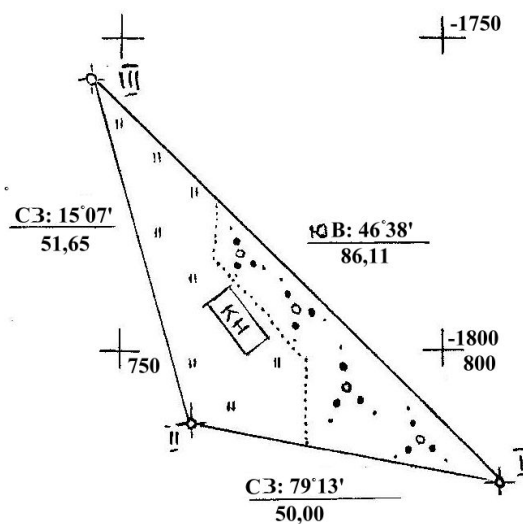
По масштабной линейке берут отрезок 17,32 и откладывают в масштабе плана вниз от линии 1800 по сторонам квадрата, полученные точки соединяют линией. Затем от западной стороны квадрата на проведенной линии откладывают отрезок $\Delta Y = 6,93$, накальвают точку, вычерчивают кружок диаметром 1,5 мм и подписывают номер. Аналогичным образом наносят точку 2 и проводят линию от окружности точки 1 до точки 2. Правильность нанесения точек контролируют путем сравнения расстояния между нанесенными точками с соответствующим горизонтальным проложением этой линии. Расхождение допускают не более 0,2 мм, в противном случае выполняют проверку нанесения точек.

Построенное плановое обоснование служит основой для нанесения на план ситуации. Пользуясь абрисом съемки и условными топографическими знаками, наносят на план контуры и предметы, при этом тонкими линиями выполняют карандашом вспомогательные построения и значения результатов измерений не выписывают. Углы строят при помощи геодезического транспортира, а расстояния откладывают измерителем по масштабной линейке. Построения ситуации на плане соответствует способу съемки конту-

ра и предметов на местности. Например, при построении точек, снятых по способу прямоугольных координат, длину абсциссы откладывают по стороне хода, а в полученной точке строят перпендикуляр, на котором наносят указанную в абрисе длину ординаты.

При построении контуров местности снятых способом полярных координат, с помощью транспортира откладывают измеренные горизонтальные углы и на этих направлениях – указанное в абрисе расстояние (см. рисунок 8).

План участка теодолитной съемки



Масштаб 1:1000

Группа
Иванов Н.С.

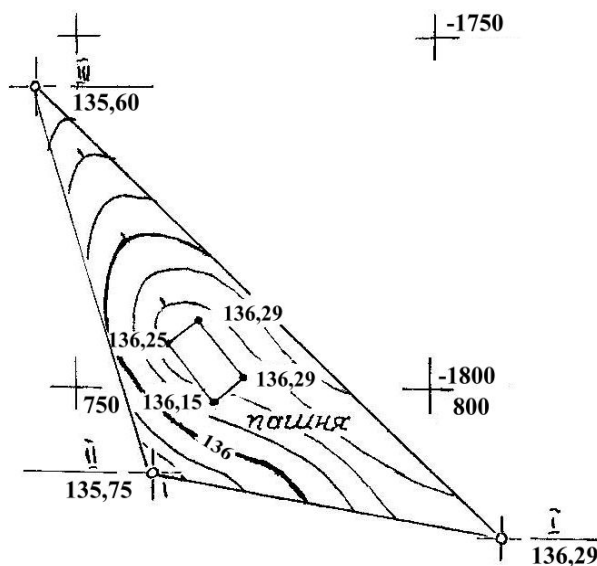
Рисунок 8 – Пример плана участка теодолитной съемки

Для нанесения точки, снятой способом угловых засечек, строят направления по горизонтальным углам с помощью транспортира с двух точек теодолитного хода. Положение точки будет определяться пересечением этих направлений. При линейных засечках положение точки определяется пересечением дуг измеренных радиусов из указанных в абрисе точек.

В тахеометрической съемке речные точки наносят способом полярных координат с помощью транспортира вокруг тех станций, с которых они снимались. Транспортир совмещают нулевым диаметром с линией, по которой производилось ориентирование лимба и намечают по его окружности направления на речные точки. Отложив от станции по этим направлениям в масштабе плана соответствующие горизонтальные расстояния, получают положение речных точек. Около каждой нанесенной точки подписывают в

числителе ее номер, а в знаменателе – высоту до сотых метра. Затем в соответствии с абрисом съемки наносят ситуацию и, используя графический способ построения горизонталей, проводят их на плане. Горизонталям придают плавность в соответствии с формами рельефа. План, составленный карандашом, сверяют с местностью, а затем вычерчивают тушью в условных знаках. Образец плана съемки приведен на рисунке 9.

План участка тахеометрической съемки



Масштаб 1:1000

Высота сечения
рельефа 0,10 м

Группа
Петров А.В.

Рисунок 9 – Пример плана участка тахеометрической съемки

План съемки вычерчивают тушью или карандашом с соблюдением размеров условных знаков (см. рисунки 8 и 9), шрифтов и оформляют в соответствии с образцом.

2.9 Материалы, предъявляемые к отчету

После выполнения всех видов натуральных измерений, математической обработки и составления плана съемки каждая бригада представляет следующие материалы:

- 1 Журнал проложения съемочного обоснования, в который занесены результаты поверок теодолита, компарирование мерной ленты и абрисы каждой станции.

- 2 Ведомости уравнивания координат теодолитного или теодолитно-высотного хода.
- 3 Ведомость уравнивания превышений и вычисление высот станций (для теодолитно-высотного хода).
- 4 План участка горизонтальной или тахеометрической съемки.

3 Трассирование и нивелирные работы

3.1 Задание, приборы и материалы

- 1 Задание по нивелирным работам состоит из следующих разделов:
 - а) нивелирование трассы;
 - б) нивелирование поверхности;
 - в) составление картограммы земляных работ под горизонтальную площадку на основе данных нивелирования поверхности.
- 2 Нивелирование трассы производят в целях составления плана и профиля линии местности для проектирования железных и автомобильных дорог, каналов, линий электропередач, водопровода, канализации и т. п.
Нивелирование поверхности выполняют для составления топографического плана участка, местности, который используют при проектировании вертикальной планировки, осушения или орошения земель и т. п.
- 3 Для выполнения задания по нивелирным работам каждой бригаде необходимо иметь: нивелир со штативом, две нивелирные рейки, теодолит, эккер, мерную ленту со шпильками, рулетку, три вехи, топор, чертежные инструменты, таблицы для разбивки кривых, микрокалькулятор, миллиметровую и чертежную бумагу, нивелирный и пикетажный журналы, колышки для закрепления пикетов и плюсовых точек.

3.2 Трассирование и разбивка пикетажа.

Трассой линейного сооружения называют продольную осевую линию, а проложение ее на местности – полевым трассированием.

1 Для выполнения задания по трассированию бригада по указанию руководителя практики выбирает направление участка трассы общей протяженностью 0,2-0,6 км, при одном угле поворота и одном поперечнике.

Вершины углов поворота трассы закрепляют колышками и сторожками с надписью номера точки и бригады. Затем при помощи теодолита линии трассы провешивают с установкой створных вех примерно через 200-250 м.

2 Линии трассы измеряют дважды. При измерении первой линии в прямом направлении через каждые 100 м закрепляют колышком и сторожкой пикеты, начиная от пикета 0 до вершины угла (ВУП № 1). Кроме целых пикетов на трассе закрепляют плюсовые (промежуточные) точки, выбираемые на перегибах местности между пикетами. Плюсовые точки обозначают номером предыдущего пикета плюс расстояние от него в метрах (например

ПК1+35). Одновременно с разбивкой пикетажа на миллиметровой бумаге (примерно в масштабе 1:2000) ведется пикетажный журнал (см. рисунок 1), в котором показывают все пикеты, плюсовые точки, поперечники и абрис съемки ситуации и предметов полосы местности шириной 40 м (по 20 м в каждую сторону от оси трассы). Во время измерения угла поворота трассы линия измеряется второй раз в обратном направлении. Отношение разности между двумя измерениями к длине линии не должно превышать 1:1000.

3 На вершинах поворотов трассы теодолитом измеряют правые по ходу углы одним полным приемом и определяют магнитные азимуты смежных линий трассы. Углы поворота трассы вычисляют по формулам:

$$Y_{\text{пр}} = 180^\circ - \beta_1; \quad Y_{\text{л}} = \beta_2 - 180^\circ.$$

При этом если значение измеренного угла β меньше 180° , то угол поворота будет правый, а если угол β больше 180° , то угол поворота будет левый (см. рисунок 2).

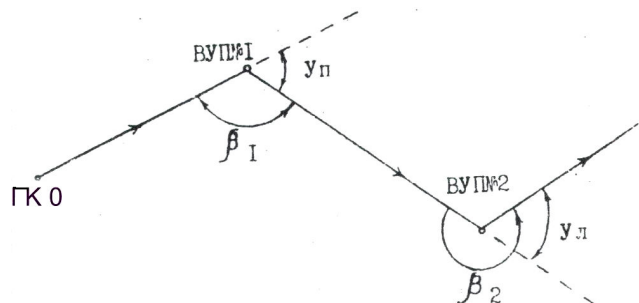


Рисунок 2—Углы поворота трассы

После определения угла поворота трассы устанавливают радиус круговой кривой R и из таблицы выбирают тангенс T , длину кривой K , биссектрису B и домер D (см. рисунок 3). Все данные по кривым заносят в пикетажный журнал. Далее вычисляют и контролируют пикетажные значения главных точек кривой (начало НКК, середины СКК и конца кривой ККК). Для этого используют следующие соотношения:

$$\begin{aligned} \text{НКК} &= \text{ВУП} - T \\ \text{СКК} &= \text{НКК} + K/2 \\ \text{ККК} &= \text{НКК} + K \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Контроль:} \\ \text{ККК} &= \text{НКК} + T - D \\ \text{ККК} &= \text{СКК} + K/2 \end{aligned}$$

Пример:

$$Y = 24^\circ 30'; R = 400\text{м}; T = 86,85\text{м}; K = 171,04\text{м}; B = 9,32; D = 2,65\text{м}.$$

Вычисление пикетажа		Контроль:	
ВУП	ПК 4+28,30	ВУП	ПК 4+28,30
-T	86,85	+T	86,85

ΗΚΚ

ΠΚ 3+41,45

Σ

ΠΚ 5+15,15

$Y = 24^{\circ}30'$
 $R = 400$
 $T = 86,85$
 $K = 171,04$
 $B = 9,32$
 $D = 2,65$

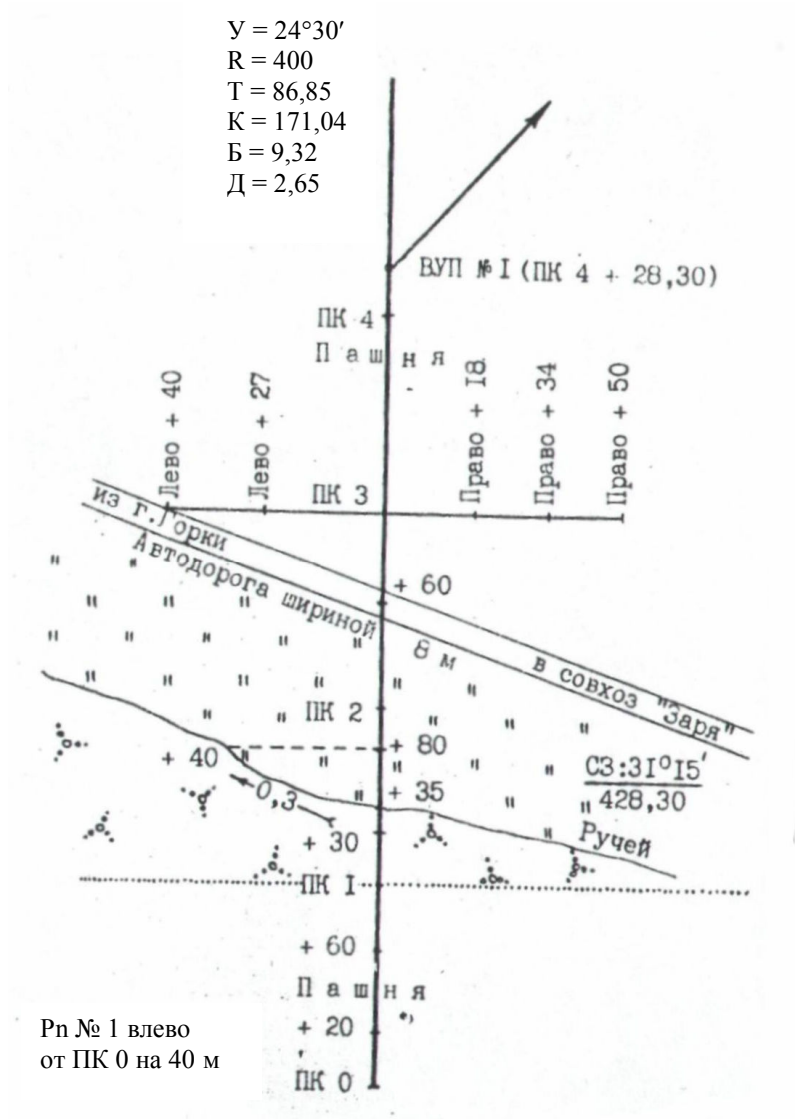


Рисунок 1 – Пример страницы пикетажного журнала

+К	ПК 1+71,04	-Д	2,65
ККК	ПК 5+12,49	ККК	ПК 5+12,50
Контроль:			
НКК	ПК 3+41,45	СКК	ПК 4+26,97
+К/2	85,52	+К/2	85,52
СКК	ПК 4+26,97	ККК	ПК 5+12,49

4 После расчета пикетажных значений выполняют разбивку главных точек кривой на местности. Для получения начала кривой от пикета 3 в направлении к вершине угла поворота откладывают расстояние 41,45 м и закрепляют полученную точку кольшком и сторожкой с соответствующей записью (НКК ПК3 +41,45). Для определения середины кривой на вершине угла поворота теодолитом строят от направления на точку НКК угол, равный $(180-\gamma)/2$, и выставляют веху. В полученном направлении рулеткой измеряют отрезок, равный величине биссектрисы, и забивают кольшек и сторожок. В рассмотренном примере $B=9,32$ м. На сторожке подписывают СКК ПК4+26,97.

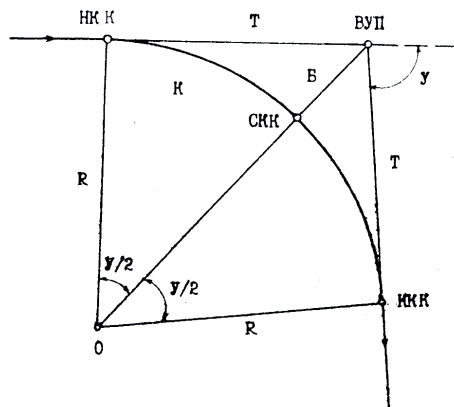


Рисунок 3 – Элементы и главные точки круговой кривой

Определение точки конца кривой выполняют совместно с разбивкой пикетажа последующего направления трассы от вершины угла поворота. Вершина угла поворота находится на пикете 4+28,30 м. Для того чтобы на следующей линии трассы 1-2 получить пикет 5, необходимо от вершины угла № 1 отложить отрезок, равный $D+(100-28,30)=74,35$ м, или от вершины угла по линии 1-2 отложить домер и, считая пикетаж полученной точки равным пикетажу ВУП № 1, продолжать от нее разбивку пикетажа в обычном порядке. Получив пикет 5, откладывают от него вперед по трассе +12,49 м и получают точку конца круговой кривой, которую закрепляют кольшком и подписывают ККК ПК5+12,49. Дальнейшую разбивку пикетажа по линии 1-2 выполняют в описанном выше порядке.

5 На вершинах поворота трассы все пикетные и плюсовые точки, лежащие на тангенсах, выносят на кривую. Для этого используют способ прямоугольных координат, сущность которого рассмотрим на примере (см. рисунок 4, а).

Пример: Вынести на круговую кривую с $R=400$ м пикет 4, лежащий на тангенсе. Для этого вычисляют расстояние K от НКК до ПК 4:

$$K = \text{ПК } 4 - \text{ПК } 3 + 41,45 = 58,55 \text{ м.}$$

По таблице 5 [6] интерполируя, находят значения $(K - X)$ при $K=58,55$ и ординаты Y . Значение $K - X$ определяет кривую без абсциссы:

$$(K - X) = 0,20 \text{ м; } Y = 4,27 \text{ м.}$$

От пикета 4 отмеряют рулеткой по тангенсу в сторону НКК расстояние $(K - X) = 0,20$ м и отмечают полученную точку шпилькой (см. рисунок 4). Из этой точки по перпендикуляру к тангенсу отмеряют рулеткой ординату $Y = 4,27$ м и забивают колышек, который и будет определять положение ПК 4 на кривой. Аналогично выносят остальные пикеты и плюсовые точки, лежащие на тангенсах.

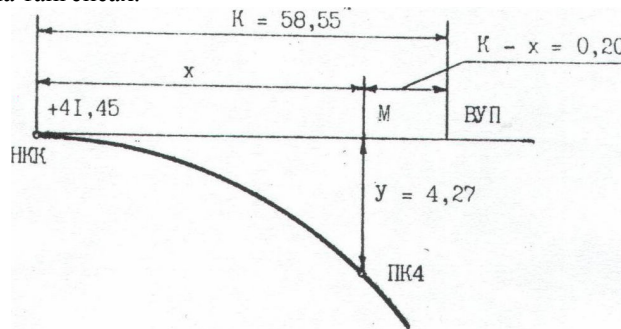


Рисунок 4 а – Вынос пикета с тангенса на кривую

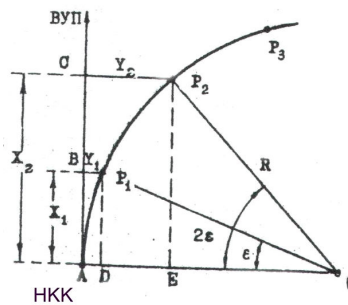


Рисунок 4 б – Детальная разбивка кривой способом прямоугольных координат

6 Одновременно с разбивкой пикетажа на косогорных участках разбивают поперечники длиной по 20 – 50 м от оси трассы (при помощи эскера и мерной ленты). Точки на поперечниках выбирают на перегибах местности и закрепляют сторожками, на которых подписывают расстояние от оси трассы с пометкой «право» или «лево» относительно направления трассы.

7 При трассировании и разбивке пикетажа рекомендуется следующее распределение рабочих мест в бригаде: у теодолита – 1 чел.; мерщиков – 2 чел.; ведение пикетажного журнала – 1 чел.; подноска и забивка кольшков – 1 чел.; с рулеткой – 1 чел. Порядок смены рабочих мест устанавливает бригадир.

3.3 Детальная разбивка круговых кривых

При строительстве дорог кроме закрепленных главных точек кривой (НКК, СКК, ККК) необходимо иметь ряд точек по оси кривой через небольшие равные интервалы (К). Установку таких точек на оси дороги называют детальной разбивкой кривой. Интервал разбивки К выбирают в зависимости от радиуса кривой от 5 до 40 метров. Существует несколько способов детальной разбивки кривой: прямоугольных координат, углов, продолженных хорд и т. д. Во всех случаях детальную разбивку ведут от начала и конца кривой до ее середины.

Способ прямоугольных координат – это наиболее распространенный способ детальной разбивки, его применяют на открытой местности при малых углах поворота. Разбивку выполняют с помощью мерной ленты, рулетки и эскера.

Положение точек на кривой определяют прямоугольными координатами $X_1; Y_1; X_2; Y_2$; (см. рисунок 4б), причем за ось абсцисс принимают линию тангенсов по направлению от начала (конца) кривой к вершине угла поворота, а за ось ординат – направление, перпендикулярное оси X (см. рисунок 4, б). Координаты точек на кривой вычисляют по формулам:

$$\begin{aligned} X_1 &= R \sin \varepsilon; & Y_1 &= R(1 - \cos \varepsilon); \\ X_2 &= r \sin(2\varepsilon); & Y_2 &= R(1 - \cos(2\varepsilon)); \end{aligned}$$

где угол ε выражается через интервал разбивки К:

$$\varepsilon = K \cdot 180^\circ / (\pi R).$$

По данным формулам составлены таблицы, в которых по аргументам R и K приведены значения кривой без абсциссы ($K-X$) и ординаты Y .

Порядок детальной разбивки кривой способом прямоугольных координат рассмотрим на примере.

Пример. Выполнить детальную разбивку круговой кривой с $R=400$ м; $Y=24^\circ 30'$ через 10 м способом прямоугольных координат.

Значение элементов круговой кривой выбирают из таблицы $T=86,85$; $K=171,04$; $B=9,32$; $D=2,65$.

Из таблицы 5 [6] “Координаты чистых круговых кривых” по радиусу ($R=400$ м) выписывают значения $(K - X)$ и Y с интервалом разбивки 10 м от $K=10$ до половины длины кривой (в примере $K/2=171,04:2=85,52$ м) (таблица 1). Для $K=85,52$ величины $K-X=0,65$ и $Y=9,11$ выбирают из таблиц интерполированием. По этим значениям на местности определяют положение середины круговой кривой.

Т а б л и ц а 1 – Элементы детальной разбивки кривой способом прямоугольных координат

К	К - X	У	К	К - X	У
10	0,00	0,12	50	0,13	3,12
20	0,01	0,50	60	0,22	4,49
30	0,03	0,12	70	0,36	6,11
40	0,07	2,00	80	0,53	7,97
			85,52	0,65	9,11

Затем от начала (конца) кривой вдоль тангенса по направлению к вершине угла поворота откладывают мерной лентой значение K , отмеряют назад взятую из таблицы величину $(K - X)$ и из полученной точки при помощи эскера (теодолита) восстанавливают перпендикуляр, по направлению которого рулеткой откладывают значение Y . Полученную точку на кривой закрепляют сторожками.

Например, для $K=60$ м отмеряют от начала кривой расстояние 60 м по тангенсу в направлении к вершине угла поворота. От полученной точки откладывают назад $(K - X)=0,22$ м, устанавливают шпильку, перпендикулярно к тангенсу отмеряют рулеткой значение $Y=4,49$ м и закрепляют полученную точку на кривой сторожкой. Аналогично строят и закрепляют другие точки. Расстояние между точками на кривой должно равняться интервалу разбивки, т.е. $K=10$ м. Контролем детальной разбивки служит совпадение точки СКК, полученной по прямоугольным координатам и по отложению биссектрисы.

3.4 Нивелирование трассы и поперечников

1 Трассу нивелируют по разбитому пикетажу два раза: в прямом и обратном направлениях или при двух горизонтах нивелира на станции.

Высотная привязка трассы к реперам производится нивелирными ходами от реперов до точек трассы и осуществляется по указанию руководителя практики.

2 В качестве связующих точек, если позволяют условия местности, надо выбирать соседние пикеты и нивелировать с одной станции все промежуточные точки между ними.

При нивелировании трассы рекомендуется следующий порядок работы на станции:

а) на связующие точки реечники ставят рейки на верх колышка, забитого вровень с землей; сообразуясь с рельефом местности, нивелировщик устанавливает нивелир между связующими точками так, чтобы при горизонтальном визирном луче можно было взять отсчеты по задней и передней рейкам, при этом надо стремиться к тому, чтобы расстояния от нивелира до реек были примерно равны;

б) после приведения вертикальной оси нивелира в отвесное положение наводят трубу на черную сторону задней рейки, берут по среднему горизонтальному штриху сетки нитей отсчет и записывают его в графу 3 журнала нивелирования (таблица 2).

Например, отсчет на заднюю рейку по черной стороне на первой станции $Z_ч=343$. Затем наводят трубу нивелира на черную сторону передней рейки, берут отсчет ($П_ч=1628$) и записывают его в графу 4 журнала. Перед каждым отсчетом для нивелиров Н-3, Н-10Л элевационным винтом приводят пузырек цилиндрического уровня в нуль-пункт. Далее берут отсчеты сначала по красной стороне передней рейки ($П_к=6415$), а затем по красной стороне задней рейки ($Z_к=5132$) и дважды вычисляют превышение как разности отсчетов З-П по черным и красным сторонам реек.

$$\text{Например: } h_ч = Z_ч - П_ч = 343 - 1628 = -1285 \text{ мм;}$$

$$h_к = Z_к - П_к = 5132 - 6415 = -1283 \text{ мм.}$$

Расхождение между двумя значениями превышений допускается не более 5 мм. Если оно допустимо, то задний реечник последовательно устанавливает рейку на плюсовых точках, где берут отсчеты только по черной стороне рейки и записывают в графу 5 журнала, после этого задний реечник переходит на переднюю точку следующей станции, а передний реечник остается на прежнем месте и становится задним реечником;

в) в случае, если разность превышений будет более 5 мм, то производят повторное нивелирование на данной станции.

3. Закончив работу на станции, нивелир в вертикальном положении переносят на следующую станцию, где продолжают нивелирование в описанном выше порядке.

Каждую страницу журнала нивелирования следует заканчивать записью отсчетов по передней связующей точке. Ошибочные записи в журнале зачеркивают. Применять ластик для исправления неверных отсчетов и исправлять цифры запрещается.

4. Если позволяют условия местности, то нивелирование поперечника производят с ближайших к ним станций, причем отсчеты по рейке берут на всех точках поперечника только по черной стороне. Отсчеты записывают на

отведенных для этого нескольких страницах в конце журнала. Образец записи показан в таблице 3.

Т а б л и ц а 2 – Журнал нивелирования трассы

Номер станции	Наблюдаемые точки	Отсчеты по рейке			Превышения		Средние превышения		Горизонт нивелира	Абсолютные условные высоты
		задней	передней	промежуточной	+	-	+	-		
1	Рп № 1 ПК 0	343 5132	1628 6415			1285 1283		+2 1284		59,667
2	ПК 0 +20 +60 ПК 1	1134 5921	2034 6819	944 712		900 898		+2 899	59,519	58,385 58,575 58,807
3	ПК 1 +30 +35 +80 ПК 2	482 5269	975 5762	815 2248 1110		493 493		+2 493	57,970	57,488 57,155 55,722 56,860 56,997
	Σ	18281	23633					-2676		

$$(\Sigma 3 - \Sigma П) / 2 = (18281 - 23633) / 2 = 2676 \quad \Sigma h_{cp} = -2676$$

Т а б л и ц а 3 Нивелирование поперечника на ПК 3.

Номер станции	Наблюдаемые точки	Отсчеты по рейке			Превышения		Среднее превышение		Горизонт нивелира	Абсолютные высоты
		задней	передней	промежуточной	+	-	+	-		
1	ПК 3	1181								55,900
5	Пр+18 Пр+34 Пр+50 Лево +27 Лево +50			2171 2730 2890 785 220					57,081	54,910 54,351 54,191 56,296 56,861

5. При наличии по оси трассы крутых склонов в качестве связующих точек можно брать плюсовые или иксовые точки.

6. На кривых нивелируют начало, середину и конец кривой, а также все пикеты и плюсовые точки, вынесенные с тангенса на кривую.

Распределение рабочих мест в звене: нивелировщик – 1, реечник – 2. После нивелирования одной трети хода члены бригады меняются рабочими местами.

3.5 Обработка журнала нивелирования

1. Каждая бригада обрабатывает свои результаты нивелирования. Отметки исходных реперов выдает руководитель практики.
2. В журнале нивелирования (см. таблицу 2) для каждой станции вычисляют среднее значение превышения как среднее арифметическое из превышений, полученных по черным и красным сторонам реек.

Например, для 1-й станции

$$h_{\text{ср}} = (-1285 + (-1283)) / 2 = -1284 \text{ мм.}$$

Средние превышения записывают в графы 8 или 9 в зависимости от знака. Если среднее превышение оканчивается на 0,5 мм, то результат округляют до 1 мм к ближайшей четной цифре.

$$\text{Например: } h_{\text{ср}} = 1984,5 = 1984 \text{ мм; } h_{\text{ср}} = 2113,5 = 2114 \text{ мм.}$$

На каждой странице журнала выполняют постраничный контроль, проверяя равенство:

$$(\sum Z - \sum \Pi) / 2 = \sum (+h_{\text{ср}}) + \sum (-h_{\text{ср}}) = \sum h_{\text{ср}}.$$

Например, в таблице 2

$$(\sum Z - \sum \Pi) / 2 = -2676; \quad \sum h_{\text{ср}} = -2676$$

За счет ошибок округлений допускаются расхождения в равенстве постраничного контроля в пределах 1-2 мм.

Каждая бригада подсчитывает суммы средних превышений между конечными пикетами или реперами трассы при первом и втором горизонтах нивелира. Общую невязку нивелирного хода вычисляют по формуле

$$f_h = \sum h_{\text{I гор}} - \sum h_{\text{II гор}},$$

где $\sum h_{\text{I гор}}$ – сумма превышений при первом горизонте нивелира;

$\sum h_{\text{II гор}}$ – сумма превышений при втором горизонте нивелира.

Она не должна превышать $\pm 50 \text{ мм} \sqrt{L}$, где L – длина двойного хода, км. При ее допустимости невязку с противоположным знаком распределяют поровну на превышения, полученные при первом горизонте нивелира, с округлением до 1 мм.

4 Если нивелирование трассы привязано к реперам, то вычисляют невязку в превышениях по формуле

$$f_h = \sum h_{\text{ср}} - (H_{\text{кон}} - H_{\text{нач}}),$$

где $H_{\text{кон}}$ и $H_{\text{нач}}$ – отметки конечного и начального реперов;

f_h – невязка;

Невязку распределяют с противоположным знаком поровну на середине превышения хода, округляя до 1 мм, при этом сумма поправок должна равняться невязке с обратным знаком.

5 Если невязка недопустима, то проверяют вычисления, сравнивают одноименные превышения из нивелирования двух горизонтов и после обнаружения ошибки проверяют ошибочные превышения повторным нивелированием.

6 Поправки в превышениях записывают в журнале нивелирования (над средними превышениями). Далее по высотам (отметкам) реперов трассы и уравненным превышениям (средние превышения с учетом поправок) вычисляют высоты всех связующих точек трассы по правилу: высота последующей точки $H_{\text{посл}}$ равна высоте предыдущей $H_{\text{пред}}$ плюс уравненное превышение h между ними: $H_{\text{посл}} = H_{\text{пред}} + h$.

7 Высоты плюсовых (промежуточных) точек и точек на поперечниках вычисляют через горизонт нивелира (ГН), который равен высоте точки плюс отсчет по черной стороне рейки на этой точке, например, на второй станции горизонт нивелира равен: $\text{ГН} = H_3 + 3_c$. $\text{ГН} = 58,385 + 1,134 = 59,519$ м (см. таблицу 2).

Высоты промежуточных точек +20 и +60 получены как горизонт нивелира на второй станции минус отсчеты по рейке на этих точках:

$$H_{+20} = 59,519 - 0,944 = 58,575 \text{ м};$$

$$H_{+60} = 59,519 - 0,712 = 58,807 \text{ м};$$

Аналогично через горизонт нивелира вычисляют высоты точек поперечника на пикете 3 (см. таблицу 3).

3.6 Составление профиля трассы

Каждая бригада составляет профиль трассы на миллиметровой бумаге по данным нивелирного и пикетажного журналов.

Продольный профиль составляют в масштабах: горизонтальном 1:10000, вертикальном 1:200. По указанию руководителя практики масшта-

бы могут быть изменены. При составлении профилей следует руководствоваться установленными образцами, на которых показана принятая сетка профиля для записи необходимых для проектирования данных (см. рисунок 5).

Продольный профиль составляют в такой последовательности:

а) на миллиметровой бумаге вычеркивают сетку профиля. Заполняют графы «Пикеты» и «Километры».

б) заполняют графы «Расстояния», «Отметки земли» и «Ординаты». В графах «Расстояния» и «Ординаты» проводят вертикальные линии на пикетах и плюсовых точках и в графе «Расстояния» отмечают расстояния между смежными ординатами, контролируя их сумму.

В графу «Отметки земли» выписывают высоты точек из журнала нивелирования с округлением до 1 см.;

в) расписывают вертикальный масштаб от линии условного горизонта (верхняя линия сетки профиля) и по отметкам земли остро заточенным карандашом делают наколку профиля. Расстояние между линией профиля и линией условного горизонта должно быть не менее 6 см.;

г) по данным пикетажного журнала заполняют графу «Ситуация», где у оси трассы, нанесенной в виде прямой линии, указывают ситуацию дорожной полосы;

д) в графе «План линии» показывают прямые и кривые участки трассы и их числовые характеристики. При угле поворота трассы вправо условное обозначение кривой показывают в виде дуги 5 мм вверх от осевой линии, а при левом повороте – вниз. Внутри дуг записывают основные элементы кривых: $У$, T , K , R . Начало и конец кривой отмечают перпендикулярами от осевой линии до линии пикетов. На перпендикулярах записывают расстояния от начала и конца кривой до ближайших пикетов. Для прямолинейных участков показывают их длины и дирекционные углы или азимуты. Длины прямых участков трассы получают как разность пикетажных значений начала последующей кривой и конца предыдущей кривой и записывают над осевой линией.

Дирекционные углы вычисляют по правилу: дирекционный угол последующей прямой равен дирекционному углу предыдущей плюс правый угол поворота или минус левый. Их значения записывают под прямой линией;

е) в соответствии с заданными техническими условиями при достижении минимального объема выемок и насыпей, баланса земляных работ, путем последовательных проб наносят проектную (красную) линию. Проектные отметки точек перелома проектной линии определяют графически. По ним с точностью до 0,0001 вычисляют уклоны (частное от деления превышений на горизонтальные длины линий) и выписывают в соответствующую графу сетки профиля. После этого вычисляют проектные отметки всех пикетов и плюсовых точек по следующему правилу: проектная отметка после-

дующей точки равна проектной отметке предыдущей плюс произведение уклона линии на горизонтальное расстояние между точками;

ж) вычисляют рабочие отметки как разность между проектными отметками и отметками земли. Рабочие отметки насыпей выписывают на профиле над проектной линией, а рабочие отметки выемок – под проектной линией;

з) аналитически рассчитывают положение точек нулевых работ (точки пересечения линии земли с проектной линией) по формуле

$$X = (|a|d) / (|a| + |b|),$$

где X – расстояние от точки нулевых работ до точки с рабочей отметкой;
 a и b – рабочие отметки ближайших пикетов или плюсовых точек, между которыми находится точка нулевых работ;

d – горизонтальное расстояние между рабочими отметками.

Профиль вычерчивают и оформляют в соответствии с образцом. Проектные данные на нем показывают красным цветом, точки нулевых работ и расстояние до них – синим, все остальное оформление делают черным цветом.

Горизонтальные расстояния до точек перегиба на поперечнике откладывают вправо и влево от осевой точки трассы, на которой производилась разбивка поперечника. Высоты точек поперечника откладывают по вертикали от принятого условного горизонта в соответствующем масштабе.

Поперечные профили составляют на миллиметровой бумаге в масштабах: горизонтальный 1:1000, вертикальный 1:100 (см. рисунок 6)

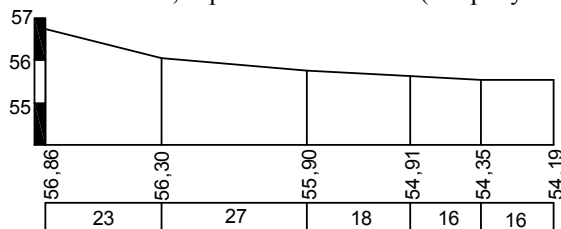


Рисунок 6 – Пример оформления поперечного профиля на пикете 3

Поперечный профиль вычерчивают черным цветом.

В результате выполнения задания по нивелированию трассы бригада сдает руководителю следующие материалы:

- журнал нивелирования трассы и поперечников;
- пикетажный журнал;
- схематические чертежи детальной разбивки круговой кривой с указанием разбивочных элементов;
- профили трассы и поперечников.

ПРОДОЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ ТРАССЫ
 Масштабы: горизонтальный 1:10000
 вертикальный 1:200

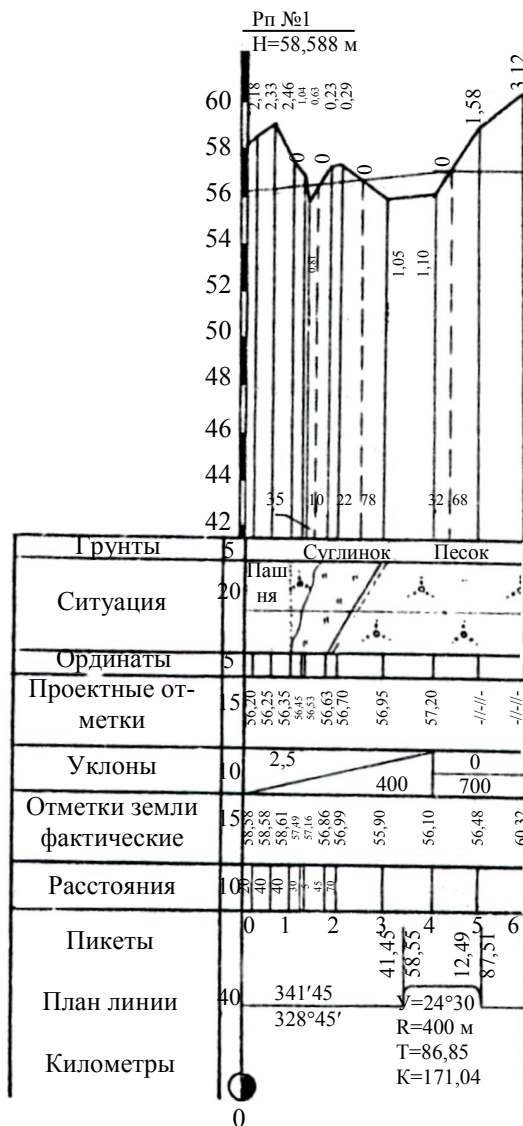


Рисунок 5 – Пример оформления продольного профиля трассы

3.7 Нивелирование поверхности

Нивелирование поверхности производят для составления крупномасштабного топографического плана местности (1:200 – 1:5000) с высотой сечения рельефа 0,1-1 м, который в дальнейшем используют при проектировании и строительстве промышленных и гражданских зданий, аэродромов, пристанционных площадок и других инженерных сооружений. Наиболее распространенным способом нивелирования поверхности является нивелирование по квадратам.

1 Для выполнения задания по нивелированию поверхности бригада получает участок площадью 0,1 – 0,25 га.

2 При помощи теодолита и мерной ленты на участке разбивают сетку квадратов. Длины сторон квадратов принимают от 10 м до 50 м. Каждую вершину квадратов закрепляют точкой и сторожкой. На сторожках записывают номера вершин квадратов, состоящие из обозначений двух линий, пересечение которых образует точку, например 1А, 2А..., 1Б, 2Б... и т. д. (см. рисунок 7).

Разбивку сетки квадратов начинают с построения на местности наружного полигона. Для этого в одной из вершин полигона, например 1А (см. рисунок 7), устанавливают теодолит, выбирают и закрепляют вехой исходное направление (например, 1А - 1В) и от него под углом 90° строят направление 1А - 3А, по которому устанавливают веху.

По полученным направлениям мерной лентой откладывают стороны квадратов заданной длины и закрепляют их колышками и сторожками с соответствующей надписью, например 2А, 3А, 1Б, 1В и т. д. (см. рисунок 7). Затем теодолит переносят в точку 3А, откладывают от линии 3А - 1А прямой угол и устанавливают веху по направлению 3А - 3В. По полученному направлению откладывают стороны квадратов и закрепляют их. Затем производят контрольное измерение линии 1В-3В, длина которой не должна отличаться от линии 1А-1В более чем на 1:1000. При соблюдении указанного допуска закрепляют вершины квадратов по линии 1В-3В, в противном случае разбивку наружного полигона необходимо повторить. Вершину квадратов, которая находится внутри полигона (2Б), находят и закрепляют на пересечении створов, проходящих через соответствующие точки противоположных сторон наружного полигона.

При наличии резких изменений уклонов на сторонах квадратов дополнительно закрепляют плюсовые точки, измеряя до них расстояния от ближайших вершин.

3 Одновременно с разбивкой сетки квадратов измеряют магнитный азимут линии 1А - 1В и ведут съемку контуров ситуации и предметов участка местности, привязывая их к вершинам квадратов. Все данные заносят в аб-

рис, в котором также показывают стрелками диагонали квадратов с неизменным уклоном местности.

4 Каждая бригада осуществляет по указанию руководителя практики нивелирование поверхности или из середины каждого квадрата (первый способ) (см. рисунок 7), или с одной станции (второй способ) (см. рисунок 8). Отсчеты при нивелировании поверхности снимают по черной стороне рейки.

Первый способ нивелирования поверхности

1 При нивелировании из середины каждого квадрата отсчеты записывают в журнал у вершин квадратов (см. рисунок 7), например, в первом квадрате записывают отсчеты 1152, 1306, 152 и 1304.

2 После нивелирования двух соседних квадратов до перехода на следующую станцию вычисляют и записывают разности отсчетов у смежной стороны. Эти разности в пределах ± 6 мм должны быть равны между собой.

Например, на рисунке 7 у точки 1Б разность равна $2226-1306=+920$, а у точки 2Б соответственно $1074-152=+922$ и т. д. Последовательность нивелирования квадратов показана на рисунке 7 порядковыми номерами. При распределении рабочих мест в звене каждый студент нивелирует третью часть квадратов.

3 Закончив нивелирование, вычисляют и записывают в журнал у середины смежных сторон квадратов средние разности, которые представляют собой среднюю разность горизонтов нивелира на двух станциях. Например, у общей стороны 1-го и 2-го квадратов 1Б и 2Б средняя разность $(+920+922):2=+921$ и т. д.

Затем подсчитывают сумму средних разностей по внешнему контуру квадратов (1-4). Это будет невязка. Она должна быть менее $\pm 6\sqrt{n}$, где n – число средних разностей. Допустимую невязку с обратным знаком распределяют поровну на все разности с округлением до 1 мм.

Например, на рисунке 7 невязка

$$f=921+38-34-923=\pm 2 \text{ мм.}$$

Допустимая невязка $f_{\text{доп}}=\pm 6\sqrt{4}=\pm 12$ мм. Следовательно, невязка допустима. Она распределена с обратным знаком, поправки записаны над средними разностями.

4 Высоту одной из вершин определяют по данным привязки к ближайшему реперу, а при отсутствии реперов высоту исходной точки задает руководитель практики. Прибавляя к этой высоте отсчет по рейке на данной точке, получают горизонт нивелира на станции, с которой был взят отсчет по рейке. В примере высота точки 1А из привязки к реперу оказалась равной

40,705 м. Тогда горизонт нивелира в первом квадрате $40,705+1,152=41,857$ м. Он записан под номером станции.

5. Последовательно прибавляя к предыдущим горизонтам нивелира исправленные поправками средние разности (уровненные разности), получают горизонты нивелира на всех станциях внешнего контура квадратов.

Например, горизонт нивелира во втором квадрате

$$41,857+0,920=42,777 \text{ м,}$$

а горизонт нивелира в третьем квадрате

$$42,777+0,038=42,815 \text{ и т.д.}$$

Прибавляя к горизонту нивелира в четвертом (последнем) квадрате исправленную разность между первой и четвертой станциями $42,781+(-0,924)=41,857$ м, вновь получают горизонт нивелира в первом квадрате, что является контролем правильности вычислений.

6 Высоты вершин квадратов определяют как разность горизонта нивелира и отсчетов по рейкам, взятых с данной станции.

Например, высота вершины 2В $42,777-1,678=41,099$ м.

40,705	A	Б 40,551				В	40,203		
1	1152	1306	2226	2574					
			+920	-1					
	$\frac{1}{41,857}$		+921	$\frac{2}{42,777}$					
			+922						
40,555	2	1304	-1	152	1074	+37	+39	1678	41,098
		2226	-922	-924	1076	1111	+38	1717	
					$\frac{4}{42,781}$	-35			
						-34	$\frac{3}{42,815}$		
						-34			
40,783	3	1998		1708	1742			1061	41,754
									$\frac{41,073}{41,073}$

$$f_{1-4} = \sum \Delta \Gamma H_{1-4} = +2 \text{ мм}$$

$$f_{\text{доп}} = 6 \text{ мм} \sqrt{4} = \pm 12 \text{ мм}$$

Рисунок 7 – Журнал нивелирования поверхности из середины каждого квадрата (I способ)

Высоту этой же вершины для контроля можно получить через горизонт нивелира третьего квадрата, а именно: $42,815 - 1,717 = 41,098$ м. При этом допускается расхождение между полученными высотами до 3 мм. На рисунке 7 вычисленные высоты подчеркнуты у соответствующих вершин.

Второй способ нивелирования поверхности

При нивелировании вторым способом со станции I снимают отсчеты на вершины квадратов (см. рисунок 8). Станцию выбирают так, чтобы можно было выполнить нивелирование всех вершин квадратов.

Отметку вершины А1 задает руководитель практики ($H_{A1} = 40,705$) и вычисляют горизонт нивелира.

Например,

$$ГН = 40,705 + 1,427 = 42,132 \text{ м.}$$

Высоты вершин квадратов, которые нивелировали с данной станции, получают как горизонт нивелира минус отсчеты по рейке на этих вершинах. Например, высота вершины (Б1)

$$H_{B1} = 42,132 - 1,126 = 41,006 \text{ м.}$$

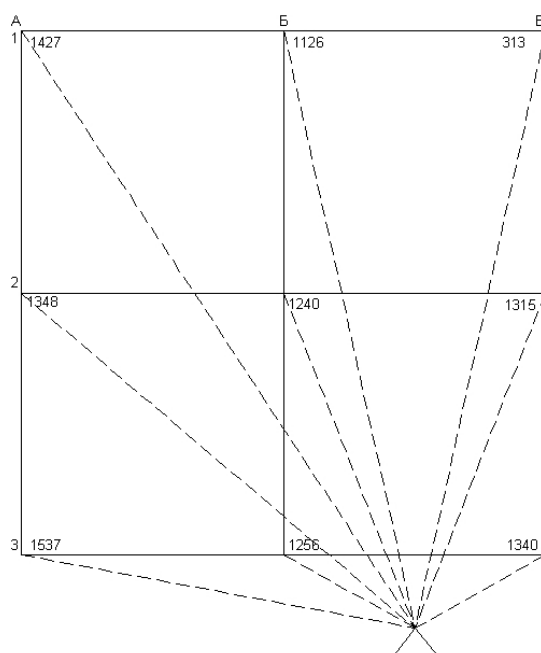


Рисунок 8 – Схема нивелирования поверхности с одной станции четырех квадратов (II способ)

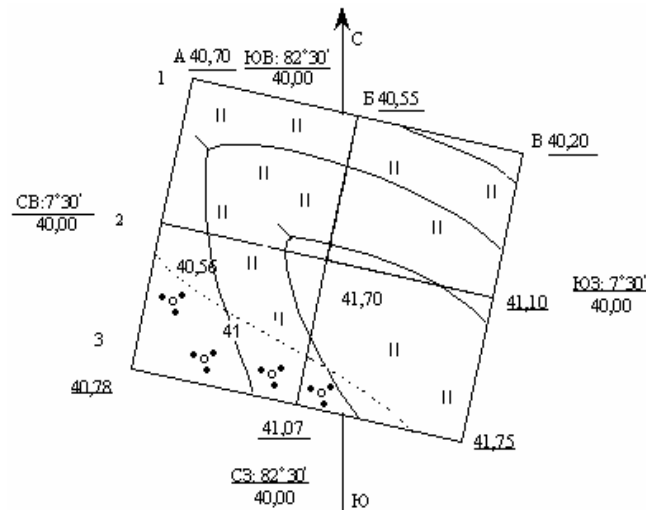
3.8 Составление топографического плана участка местности по результатам нивелирования поверхности

1 На листе чертежной бумаги в масштабах 1:1000 или 1:500 по дирекционному углу (измеренному магнитному азимуту) начальной линии (на рисунке 9 магнитный азимут начальной линии 1А-1 В $A_M=97^\circ30'$) и длинам сторон строят сетку квадратов.

2 Около каждой вершины квадрата выписывают их высоты, округленные до сотых долей метра, и по данным абриса наносят ситуацию и предметы местности.

3 Принимая высоту сечения рельефа для равнинной местности 0,10-0,25 м, а для холмистой – 0,50 м, по высотам точек изображают рельеф горизонталями. Точки пересечения линий горизонталями рассчитывают при помощи миллиметровой или восковой бумаги (кальки) по всем сторонам квадратов и по одной из диагоналей с постоянным уклоном. План вычерчивают в условных топографических знаках и оформляют согласно рисунка 9, который составлен по данным журнала нивелирования поверхности. При высоте сечения рельефа $h=0,25$ м горизонтали с отметками, кратными 1 м, вычерчивают утолщенными, а при $h=0,5$ м – кратными 5 м.

4 После выполнения работ бригада представляет документы: абрис съемки ситуации участка; журнал нивелирования поверхности; план участка в горизонталях.



Масштаб 1: 500

Высота сечения рельефа 0,5 м

Рисунок 9 – Пример участка плана, выполненного по результатам нивелирования поверхности

3.9 Составление картограммы земляных работ

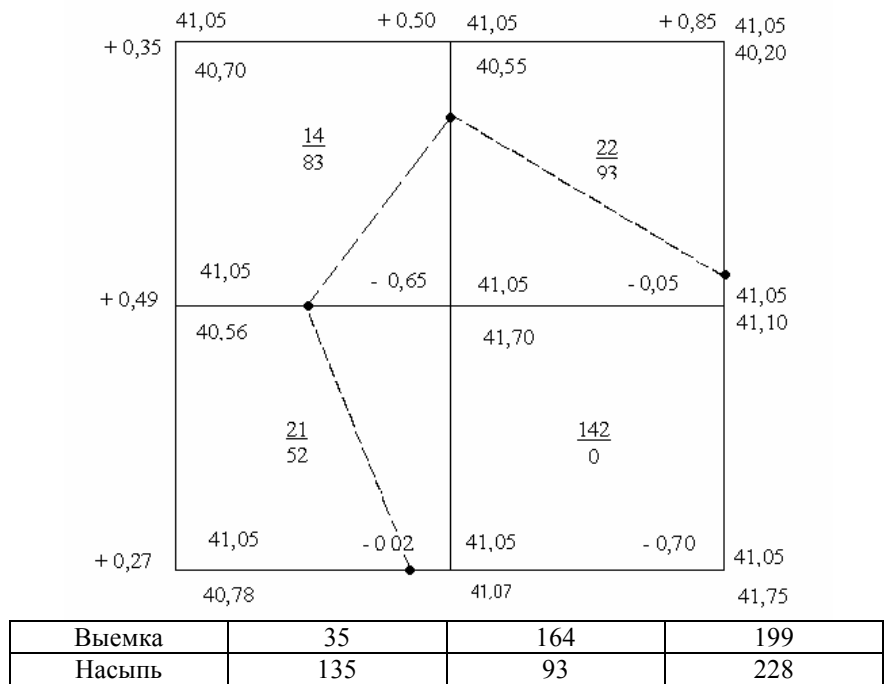
1 По данным плана нивелирования поверхности каждая бригада проектирует горизонтальную площадку и составляет картограмму земляных работ с соблюдением их баланса (т.е. объем насыпи должен быть равен объему выемки с точностью до 3-7%).

2 На миллиметровой бумаге строят сетку квадратов в масштабе плана. У каждой вершины квадрата справа под линией выписывают высоты земли, взятые с плана (см. рисунок 10).

3 Затем определяют проектную отметку горизонтальной площадки как среднюю из всех средних отметок земли каждого квадрата. В примере на рисунок 10 она равна 41,05 м и записана над отметками земли.

4 Вычисляют рабочие отметки у вершин квадратов как разность между проектными отметками и отметками земли.

Например, на рисунке 10 рабочая отметка у вершины 1Б: $41,05 - 40,55 = +0,50$ м. Рабочие отметки записывают слева от проектных.



М 1:500

Рисунок 10 – Пример оформления картограммы земляных работ

5 По сторонам квадратов, где рабочие отметки меняют свой знак, находят расстояния до точек нулевых работ (точки, где рабочая отметка равна нулю, т.е. отсутствуют земляные работы). При этом используют формулы:

$$X_1 = |a_1| d / (|a_1| + |a_2|); \quad X_2 = |a_2| d / (|a_1| + |a_2|).$$

где X_1 и X_2 – расстояния до точки нулевых работ от вершин с рабочими отметками a_1 и a_2 соответственно;

d – длина стороны квадрата.

Контроль: $X_1 + X_2 = d$. На рисунке 10 $d = 20$ м.

Соединяя найденные точки нулевых работ жирной пунктирной линией, получают на картограмме линию нулевых работ, т.е. линию пересечения проектной плоскостью земной поверхности (см. рисунок 10).

6 Далее вычисляют объемы выемок и насыпей в каждом квадрате с округлением до 1 метра кубического и записывают их в середине квадратов: в числителе – объем выемки; в знаменателе – объем насыпи. При этом используют следующие формулы:

а) если рабочие отметки (a , b , c , d) всех четырех вершин квадрата имеют одинаковые знаки (см. рисунок 11), то объем грунта

$$v = \frac{1}{4}P(a+b+c+d);$$

где P – площадь квадрата (в примере $P = 20 \times 20 = 400 \text{ м}^2$).

Например, на рисунке 10 в 3-м квадрате объем выемки:

$$v = \frac{1}{4}400(-0,65 - 0,05 - 0,70 - 0,02) = 142 \text{ м}^3;$$

б) если рабочие отметки (a , b , c) трех вершин квадрата имеют одинаковые знаки, а отметка d – четвертой вершины – противоположный знак (см. рисунок 12), то объемы выемки и насыпи вычисляют по формулам:

$$V_1 = \frac{1}{4}P(a+b+c+d) - \frac{1}{3}P_1d; \quad V_2 = \frac{1}{3}P_1d;$$

где P – площадь квадрата;

P_1 – площадь треугольника у вершины с рабочей отметкой d .

Например, в 1-м квадрате (см. рисунок 10): объем выемки (поскольку рабочая отметка $d = -0,65$ м со знаком «минус»).

$$V_2 = \frac{1}{3}P_1d = \frac{1}{3}64,4 \cdot (-0,65) = -14 \text{ м}^3,$$

где $P_1 = \frac{1}{2}(11,3 \cdot 11,4) = 64,4 \text{ м}^2$.

Здесь расстояния 11,3 м и 11,4 м – катеты в прямоугольном треугольнике у вершины с рабочей отметкой d ; их определяют или графически по картограмме земляных работ с учетом масштаба, или по формулам расстояний до точек нулевых работ.

Например (см. рисунок 10):

$$X_1 = (0,65 : (0,65 + 0,50)) \cdot 20 = 11,3 \text{ м};$$

$$X_2=(0,65:(0,65+0,49))\cdot 20=11,4 \text{ м.}$$

Тогда объем насыпи:

$$V_1=\frac{1}{4}\cdot 400(0,49+0,35+0,50-0,65)-(-14)=83 \text{ м}^3;$$

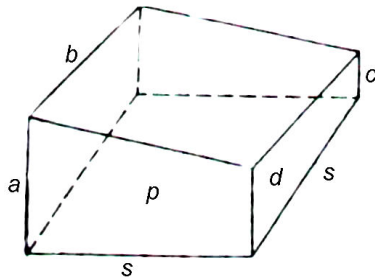


Рисунок 11 – Квадрат с четырьмя рабочими отметками, имеющими одинаковый знак

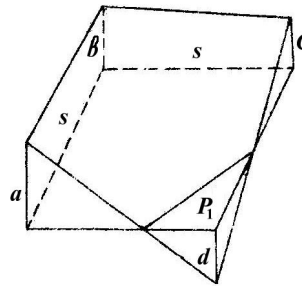


Рисунок 12 – Квадрат с тремя рабочими отметками одного знака и четвертой рабочей отметкой противоположного знака

в) если рабочие отметки двух соседних вершин квадрата имеют одинаковые знаки, а две другие – противоположные (см. рисунок 13), то объем насыпи и выемки находят по формулам:

$$V_1=\frac{1}{4}P_1(a+\vartheta); \quad V_2=\frac{1}{4}P_2(c+d),$$

где P_1 и P_2 – площади трапеций.

Например, в 4-м квадрате (см. рисунок 10) объем насыпи

$$V_1=\frac{1}{4}P_1\cdot 272\cdot(0,49+0,27)=52 \text{ м}^3,$$

где $P_1=0,5\cdot(8,6+18,6)\cdot 20=272 \text{ м}^2$.

Расстояния 8,6 и 18,6 являются основаниями трапеции и определены по формулам как расстояния до точек нулевых работ, аналогично примеру в подпункте б.

Объем выемки

$$V_2=0,25\cdot 128\cdot(-0,02+(-0,65))=-21 \text{ м}^3,$$

где $P_2=400-272=128 \text{ м}^2$;

г) если рабочие отметки (a и c) двух вершин по диагонали квадрата имеют одинаковые знаки, а две другие (ϑ и d) – противоположные (см. рисунок 14), что может быть при расположении одной из диагоналей квадрата по водоразделу или тальвегу, то объем насыпи и выемки вычисляются по формулам:

$$V_1=\frac{1}{4}P_1(a+c); \quad V_2=\frac{1}{3}(P_2b+P_3d),$$

где P_1 – площадь шестиугольника,

$$P_1 = P - (P_2 + P_3);$$

P_2 и P_3 – соответственно площади треугольников;
 P – площадь квадрата.

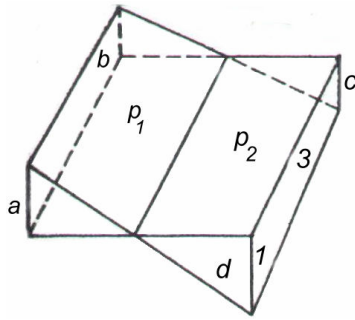


Рисунок 13 – Квадрат с двумя смежными рабочими отметками одного знака, а двумя другими – противоположного знака

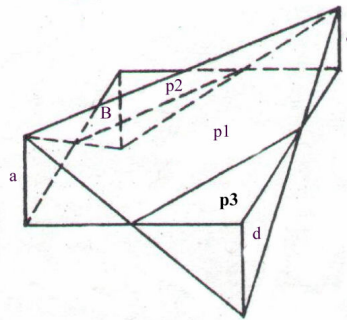


Рисунок 14 – Квадрат с чередующимися положительными и отрицательными знаками рабочих отметок

7 Во всех формулах при вычислении объемов земляных работ надо учитывать знаки рабочих отметок, тогда объем насыпи будет иметь знак плюс, а объем выемки – знак «минус».

8 Объемы насыпей и выемок суммируют по каждому ряду квадратов и по всей площадке. Разность между объемами насыпей и выемок не должна превышать (3-7%) от всего объема земляных работ. Например, по рисунку 10 объем выемки превышает объем насыпи на 29 м^3 , что составляет ко всему объему земляных работ:

$$(29 \cdot 100\%) / (427) = 6,7\% < 7\%.$$

9 Картограмму земляных работ оформляют согласно рисунок 10, при этом площади выемок показывают красным цветом, а площади насыпей – желтым.

10 В папку геодезической практики бригада подшивает две оформленные картограммы земляных работ и все материалы вычислений.

4. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ, РЕШАЕМЫЕ В ПРОЦЕССЕ СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ СООРУЖЕНИЙ

4.1 Разбивка здания способом прямоугольных координат

По указанию руководителя практики каждая бригада производит разбивку здания по разбивочному чертежу проекта планировки квартала. Здание запроектировано на плане теодолитной и тахеометрической съемки, после чего по составленному разбивочному чертежу переносится в натуру. На разбивочном чертеже показывают все данные, необходимые для перене-

сения запроектированного здания в натуру с надежным контролем (длины линий, углы, диагонали, длины сторон зданий).

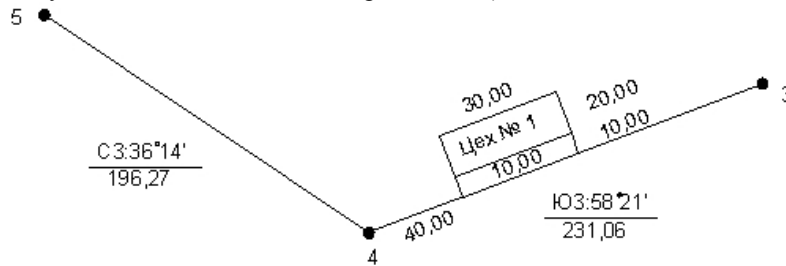


Рисунок 1 – Разбивочный чертеж

На рисунке 1 показан разбивочный чертеж, на котором цех № 1 запроектирован для перенесения в натуру способом прямоугольных координат. При разбивке цеха № 1 теодолит надо установить на съёмочной точке 4 и выполнить наведение по направлению 4-3. Затем, отложив 40 и 30 м, забить в землю два колышка. Последовательно устанавливая теодолит над полученными точками *M* и *N*, строят прямые углы и в полученных направлениях откладывают сначала 10, а затем еще 20 м. Правильность разбивки проверяют измерением диагоналей и удаленной стороны цеха. Расхождение должно быть не более 2 см.

4.2 Вынесение в натуру точки с заданной проектной отметкой

Точки с заданными отметками выносят в натуру при разбивке сооружений (проектные отметки чистого пола зданий, закладных частей в цехах, дна траншей и т.д.).

По указанию руководителя практики каждое звено выносят в натуру 1-3 точки в период нивелирования трассы или поверхности.

Точки с заданными отметками выносят от репера (см. рисунок 2).

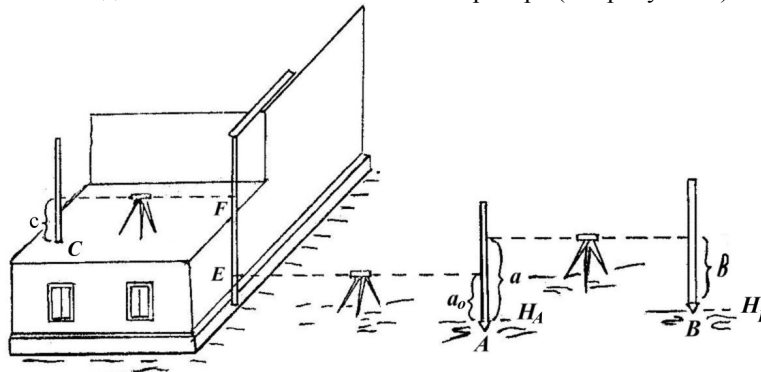


Рисунок 2 – Вынесение в натуру точки с заданной проектной отметкой

Нивелир устанавливают в рабочее положение между репером А и проектной точкой В. Взяв отсчёт α по рейке на репере, рассчитывают отсчёт b , который должен быть в точке В, с высотой H_B :

$$b=(H_A+\alpha)-H_B=\Gamma H-H_B,$$

где H_A – отметка исходного репера;

ΓH – горизонт нивелира.

Далее в точке В забивают колышек на такую глубину, чтобы отсчёт по рейке, установленной на нём, был равен вычисленному значению b . Если точку выносят на стену или столб, то после правильной установки рейки по высоте под её пяткой проводят черту или забивают штырь.

Передача отметок на перекрытие здания точек закладных частей строящегося здания, полов многоэтажных зданий выполняют при помощи стальных компарированных рулеток и двух нивелиров по схеме (см. рисунок 2) и вычисляют по формуле

$$H_C=H_A+a_0+EF-c,$$

где a_0 , c – отсчеты по рейкам, установленных в точках А и С,

H_A – отметка исходного репера.

Вес груза, подвешенного на рулетке EF , должен быть равен силе натяжения при ее компарировании. Величина EF получается как разность отсчетов по рулетке, полученных первым и вторым нивелирами.

4.3 Передача отметки на дно котлована

Решение поставленной задачи выполняют при помощи стальной компарированной рулетки и двух нивелиров (см. рисунок 3). На краю котлована устанавливают кронштейн и подвешивают металлическую рулетку с грузом 5 кг, который обеспечивает такое же натяжение, как при компарировании. На другом краю котлована между рулеткой и репером устанавливают нивелир в рабочее положение и берут по черной стороне рейки, установленной на репере, отсчет a , затем визируют на рулетку и берут отсчет l .

Одновременно устанавливают другой нивелир на дно котлована и берут отсчеты b и c соответственно по рейке и рулетке. На дне котлована рейка устанавливается на кол, забитый в грунт. Отметку H_B на дне котлована вычисляют по формуле

$$H_B=H_{\text{рп}}+a-lc-b.$$

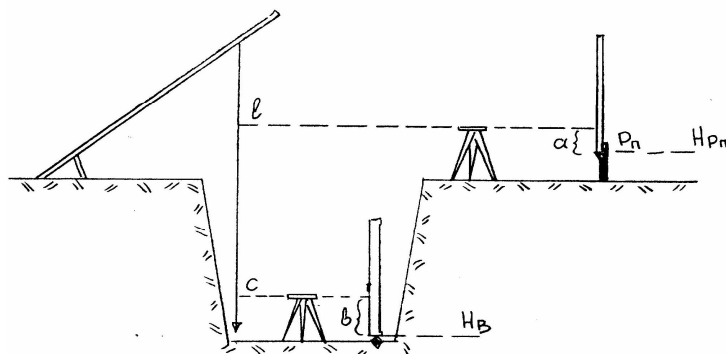


Рисунок 3—Передача отметки на дно котлована

Для контроля отметку H_B можно определить от другой точки с известной отметкой или выполнить повторные измерения от репера.

4.4 Разбивка точек линий заданного уклона

Для разбивки линии заданного уклона от пунктов нивелирной сети вначале выносят на проектную высоту точки A , D перелома линии профиля и способом, указанным ранее в подразделе 4.2.

Над точкой A устанавливают нивелир в рабочем положении так, чтобы линия, проходящая по оси двух подъёмных винтов, была перпендикулярна к створу линии AD . Измеряют высоту прибора i , устанавливают поочерёдно рейку в точки C , B и каждый раз, вращая третий подъёмный винт, добиваются отсчёта по рейке, равного i .

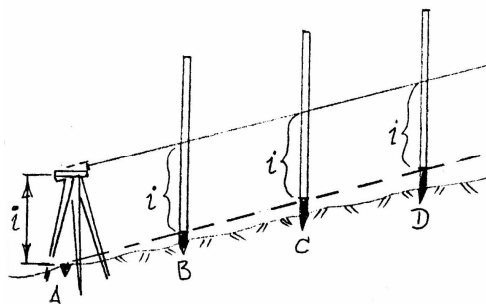


Рисунок 4 – Схема построения линии с заданным уклоном

Проектное положение остальных точек на местности для линий профиля с неизменным уклоном можно получить при помощи визирок, теодолита или нивелира (см. рисунок 4).

4.5 Определение высоты проводов линии электропередач

Для определения высоты проводов линии электропередачи над землёй или высоты отвесной стены (когда можно непосредственно измерить расстояние от прибора до проекции точки *C* на земле) примерно перпендикулярно направлению проводов или стены измеряют горизонтальный базис *d* (см. рисунок 5) и записывают в таблицу 1.

На одном конце базиса устанавливают теодолит, забивают в землю колышек в точке *B* и измеряют расстояние *AB*. Далее, при круге «право» и «лево» выполняют наведение сначала на точку *B*, а затем вращением зрительной трубы только в вертикальной плоскости – на точку *C* и вычисляют вертикальные углы v_1 и v_2 .

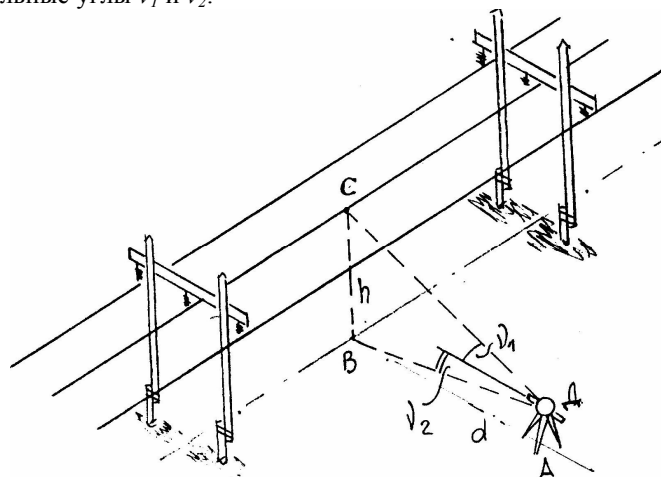


Рисунок 5 – Схема определения высоты проводов

Т а б л и ц а 1 – Ведомость вычисления высоты проводов

Точки наблюдения	Отсчеты по вертикальному кругу	МО	Углы наклона v	$\text{tg } v_1$ $\text{tg } v_2$	$h=d(\text{tg } v_1 + \text{tg } v_2)$
$d=12,90\text{м.}$					
В	П $186^{\circ} 30'$ Л $353^{\circ} 30'$	$0^{\circ} 00'$	$-6^{\circ} 30'$	0,1139356	14,71 м
С	П $134^{\circ} 15'$ Л $45^{\circ} 45'$	$0^{\circ} 00'$	$45^{\circ} 45'$	1,0265287	

Высоту точки *C* вычисляют по формуле $h=d(\text{tg}v_1+\text{tg}v_2)$ (см. таблицу 1). Высоту определяют дважды для контроля при длинах базиса примерно от 1,5 до 2*h*. Разность между двумя значениями должна быть не более ± 5 см.

В отчёт по практике бригада подшивает чертёж по определению высоты сооружения и результаты вычислений.

4.6 Проверка вертикальности колонн или угла здания

Вертикальность угла здания проверяют при помощи теодолита с двух станций, расположенных так, чтобы угол между направлениями со станций на объект был примерно равен 90° . На каждой станции при двух положениях вертикального круга определяют уклонение верха сооружения точки B от её основания в точке C . Для этого сначала наводят на точку B , затем, вращая зрительную трубу в вертикальной плоскости, при помощи линейки измеряют в миллиметрах отклонение проекций вертикального штриха сетки нитей от основания сооружения. По средним значениям из определений при двух положениях вертикального круга строят чертёж (см. рисунок 6). На нём показывают направление магнитного меридиана, которое проводят по измеренному магнитному азимуту направления от станции на объект и наклон сооружения в плане.

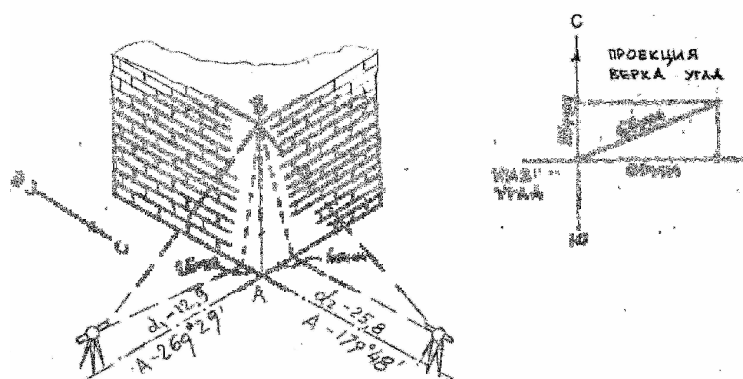


Рисунок 6 – Результаты проверки вертикальности угла сооружения

5 ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ФАКТИЧЕСКИМ ПОЛОЖЕНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ ЖЕЛЕЗНОЙ И АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГ В ПЛАНЕ И ПО ВЫСОТЕ

5.1 Задание, приборы принадлежности, материалы

Цель геодезических наблюдений за фактическим плано-высотным положением элементов железной и автомобильной дорог – получить необходимые данные для составления проектов реконструкции или ремонта участков дорог.

Состав выполняемых работ: создание плано-высотного обоснования, разбивка пикетажа и поперечников, нивелирование и съемка участка дороги, земляного полотна дороги, отдельных сооружений в пределах полосы отвода.

Руководитель практики выдает каждой бригаде задание на съемку участка дороги протяженностью 200-400 м (2-4 пикета).

Для выполнения задания бригада должна иметь теодолит, мерную ленту, шпильки, тесьмяную рулетку, нивелир, 2 нивелирные рейки, 3 вешки, колышки, топор, краску или мелки, журналы для теодолитной съемки и нивелирования, пикетажный журнал, чертежные принадлежности и бумагу, экер.

5.2 Съёмочное обоснование, разбивка пикетажа, съёмка земляного дорожного полотна

Плановое съёмочное обоснование создают проложением теодолитного хода по оси дороги, по междупутью или бровке земляного полотна. Длины линий измеряются мерной лентой в прямом и обратном направлении с относительной ошибкой не более 1:2000, углы – теодолитом одним полным приемом.

Разбивка пикетажа заключается в измерении линии с одновременным закреплением на оси каждого 100-метрового отрезка (пикетов) и характерных точек переломов местности (плюсов) в пределах этих отрезков. В процессе разбивки пикетажа производится также съёмка ситуации вдоль дороги.

Измеряют линии 20-метровой стальной лентой от начальной заданной точки дороги. Укладывая ленту в створ линии, предварительно обозначенный вехами, через каждые 100 м вровень с землей забивают колышек, называемый точкой. В 15-20 см от точки по ходу трассы забивают второй колышек, называемый сторожкой, и по его стороне, обращенной к точке, указывают номер пикета. Для железнодорожного полотна пикеты и плюсовые точки отмечают нанесением вертикальной черты белой краской или мелом с внутренней стороны правого по километражу рельса. Если между пикетами есть выраженные переломы профиля линии, начало и концы насыпей и выемок, то эти точки трассы, называемые плюсовыми, закрепляют, как и пикеты. На их сторожках указывают расстояние от младшего пикета с округлением до 1 м. Измерение линий при разбивке пикетажа ведется с соблюдением всех правил при работе с лентой.

Для характеристики поперечного уклона местности разбивают поперечные профили в обе стороны от трассы на 20-50 м в зависимости от характера склона и типа дороги. Поперечные профили разбивают перпендикулярно к линии дороги с помощью экера или теодолита и тесьмянной рулетки до границы полосы отвода на всех пикетах и характерных плюсовых точках. На них фиксируют и заносят в пикетажный журнал точки (см. рисунок 1), соответствующие головкам рельсов (ГР), бровки (ББ) подошвы (ПБ) балластной призмы, бровки полотна (БП), подошвы насыпи (ПН), бровки резерва (БР) и кюветов (ДК), дна резерва (ДР) и кюветов (ДК), точек на границах откосов насыпей или выемок.

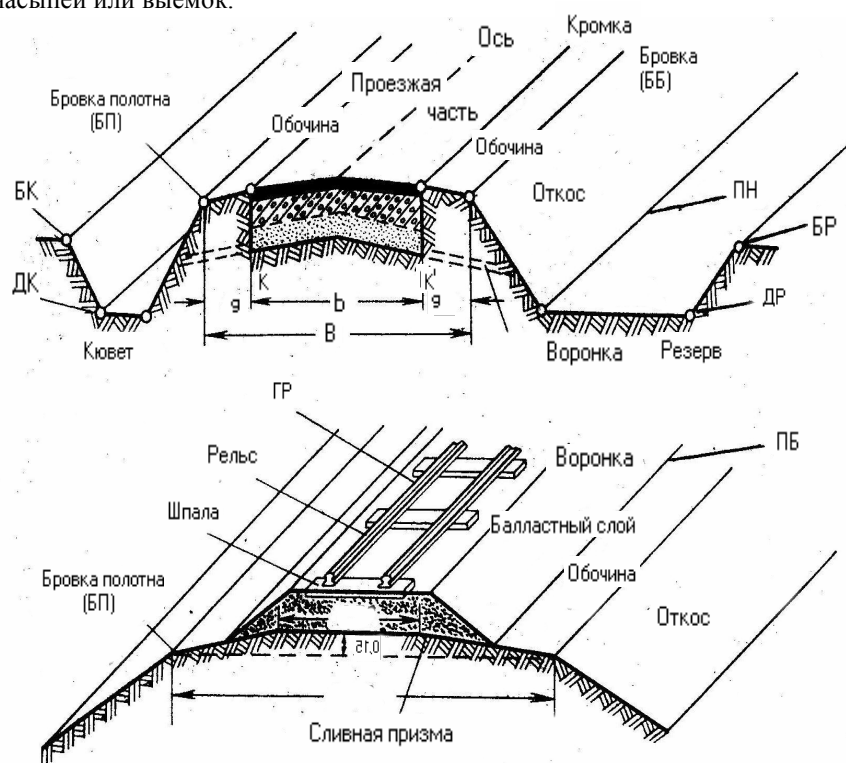


Рисунок 1 – Дорожное полотно

При разбивке пикетажа производят съемку ситуации полосы местности шириной 200 м, по 100 м с каждой стороны оси трассы. Все данные по съемке и разбивке пикетажа заносят в пикетажный журнал, который является основным полевым документом при нанесении на профиль плана линии, пикетажа и ситуации. Журнал делают из листов миллиметровой бумаги размером 10х15 см. В пикетажный журнал заносят оси зданий и искусственных сооружений (мосты, трубы, ЛЭП, участковые станции, разъезды, мастерские, станции обслуживания, заправочные колонки, водоотводные устройства), отмечают также границы грунтов, места оползней, границы угодий, насыпей, выемок. Журнал заполняют в процессе съемки, откладывая длины линий в масштабе 1:2000. Все данные, характеризующие линию в плане, должны быть полностью и ясно занесены.

Съемку ситуации ведут способом перпендикуляров или засечками с точек теодолитного хода.

При наличии в полосе отвода пунктов триангуляции или полигонометрии, теодолитный ход привязывается к этим пунктам. К теодолитному ходу производят привязку опор линии связи и электропередач, центров стрелоч-

ных переводов, знаков путевой сигнализации. Подсчитывают угловую и линейную невязки хода. Угловая невязка теодолитного хода не должна превышать $1' \sqrt{n}$, где n – число измеренных углов, относительная линейная ошибка $\leq \frac{1}{2000}$. Определяют координаты точек начала и конца снимаемого участка дороги, начала и конца кривой. Вычисляют координаты точек теодолитного хода.

5.3 Нивелирование дорог

Для проверки профиля железнодорожных путей и автомобильных дорог производят техническое нивелирование. Прокладыванием нивелирных ходов создают нивелирную сеть. Для железнодорожного полотна нивелирные ходы прокладывают по головке рельса. Прокладываемый по трассе нивелирный ход привязывают к маркам и реперам государственного нивелирования или к пунктам магистрального хода, отметки которого считают точными. Привязку трассы к реперам делают нивелирным ходом без разбивки пикетажа по всем обозначенным пикетам и плюсовым точкам, устанавливая рейки на переносные фиксаторы или на вбитые в землю кольца. Применяются для нивелирования нивелиры НЗ, НЗК и двусторонние трехметровые рейки. Нивелирование производят способом “из середины”, строго соблюдая правила работы на станции. Нормальное расстояние от нивелира до реек принимают равным 80 - 100 м. На прямолинейных участках железнодорожного пути нивелируют рельс, по которому разбит пикетаж, на криволинейных – внутренний рельс. Точки на бровке земляного полотна нивелируют как промежуточные на каждом пикете. На мостах и трубах определяют отметки верха подферменных площадок опор, низа пролетного строения, в его начале, середине, конце, низа лотка у концов железобетонных труб, урезом воды в ручьях и реках.

На поперечниках нивелируют все характерные точки перегиба рельефа.

Все снимаемые отсчеты по рейкам фиксируются в специальном нивелирном журнале. При работе одним нивелиром для контроля делают обратный ход. Алгебраические суммы превышений прямого и обратного ходов должны быть равны по абсолютной величине, но противоположны по знаку. Невязки хода f_h , мм, не должны превышать

$$f_h = \sum h_{\text{пр}} - \sum h_{\text{обр}} \leq \pm 50 \sqrt{L},$$

где L – длина хода, км.

В случае если ход проложен между реперами государственного нивелирования, то для контроля сравнивают сумму превышений хода с разностью отметок конечного H_k и начального H_n реперов, мм

$$f_h = \sum h_{\text{пр}} - (H_k - H_n) \leq \pm 50 \sqrt{L}.$$

Невязки в превышениях не превышают допустимого значения, распределяются вводом поправок поровну в превышения между связующими точками с обратным знаком невязок. По уравненным превышениям вычисляются высоты связующих точек. Высотные отметки промежуточных точек (плюсовые точки, точки на поперечниках) определяют как разность горизонтов нивелира для тех станций, с которых они нивелировались, и отсчетов по рейкам на промежуточные точки. Образец записи результатов измерений и вычислений в журнале нивелирования показан в таблице 1.

Т а б л и ц а 1 – Журнал нивелирования

Номер станции	Номер наблюдения точек	Отсчет по рейкам, мм			Превышения, мм		Средние превышения, мм		Горизонт нивелира	Абсолютные высоты, Н, м
		задний	передний	промежуточный	+	-	+	-		
4	ПК2	0318								
	ГР	4912				68		67		185,030
	ПК3		0386			66				
	ГР		4978							184,963
	ПК3	0585								
	ГР	5177							185,548	184,963
Поперечник на ПК3 (право)										
5	ББ			0730						184,818
	ПБ			0980						184,568
	БП			1005		1030		1032		184,543
	ПН			2215		1033				183,333
	КП			2324						183,224
	ПК4		1615							
ГР4		6206								183,933

По результатам нивелирования составляют продольный и поперечный профили. Масштабы продольного профиля пути: горизонтальный 1:10000, вертикальный 1:200; поперечного профиля: горизонтальный 1:1000, вертикальный 1:100.

В сетке продольного профиля дополнительно вводят две графы: «Отметки головки рельсов» и «Уклоны». Уклоны вычисляют для всех участков между точками нивелирования с точностью до 0,0001. Образец оформления продольного профиля показан на рисунке 2.

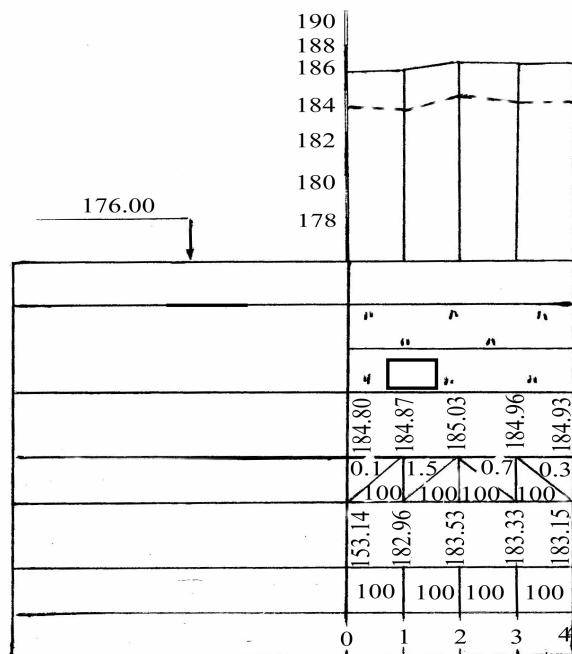


Рисунок 2 – Продольный профиль железнодорожного пути

Сетка поперечного профиля состоит из 2 граф: «Расстояния» и «Отметки». Графу «Расстояния» заполняют по данным промеров между точками поперечного профиля. Отметки выбирают по данным нивелирования из таблицы 1 (нивелирование поперечника на ПКЗ). Пример оформления поперечного профиля для точек, расположенных справа от ПКЗ, приведен на рисунке 3.

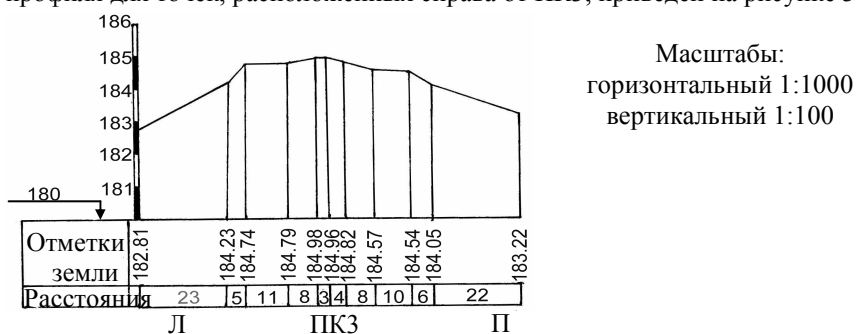


Рисунок 3 – Пример оформления поперечного профиля на пикете 3

5.4 Съёмка железнодорожных кривых

Способ измерения стрел от хорд

В этом способе измеряют стрелы изгиба рельсов в середине каждой 20-метровой хорды с перекрытием через 10 м (см. рисунок 4), до начала

измерений кривую и примыкающие к ней 40–60-метровые прямые участки разбивают на 10-метровые отрезки и отмечают их на рабочей грани наружного рельса. При измерениях используют два шаблона (при отсутствии используют леску диаметром 0,7–1,0 мм) для натяжения 20-метровой нити и третий для измерения в средней точке нити стрелы изгиба рельса (f_i). На прямых участках стрела изгиба будет близка к нулю.

Точки, расположенные за 40–60 метров от концов кривой привязывают к пикетажу. Кривая для контроля снимается дважды в прямом и обратном направлениях. Значения стрел изгиба не должны отличаться более чем на 4 мм. Результаты записывают в съёмочный журнал или абрис. Работы должны проводиться в ясную тихую погоду, иначе из-за колебаний нити результаты могут сильно искажаться.

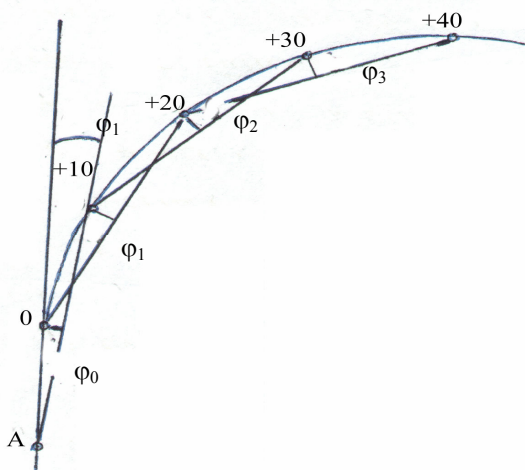


Рисунок 4 – Схема съёмки железнодорожной кривой по способу стрел изгиба

Способ эвольвентных разностей

На снимаемом участке пути лентой или рулеткой отмечают на внешней нитке пути 20-метровые отрезки (“элементарные хорды”) и разбивают 100-метровые пикеты, при этом конечные точки A и E (см. рисунок 5, а) выбирают на прямых участках на расстоянии 40–60 м от видимого начала и конца кривой. Эти точки привязываются к разбитому пикетажу.

На пикетах теодолитом измеряют углы поворота хорд $\beta_1, \beta_2, \beta_3 \dots$ при возможности углы γ_1 и γ_2 . одновременно на плюсовых точках +20, +40, +60, +80 (см. рисунок 5, б) способом бокового нивелирования при помощи теодолита и горизонтально установленной рейки измеряют стрелы изгиба кривой от хорды между пикетами. Рейка закрепляется особым башмаком на

гранях головки рельса, её нулевой отсчет совпадает с продольной осью рельса.

На пикетах A, B, C, D теодолит и визирные марки также центрируют над осью рельса. Стрелы изгиба измеряют дважды: в прямом направлении (со станции $A-AB$) и в обратном (со станции $B-BA$). Из двух значений стрел берут среднее, разность между ними не должна превышать 3 мм (таблица 2).

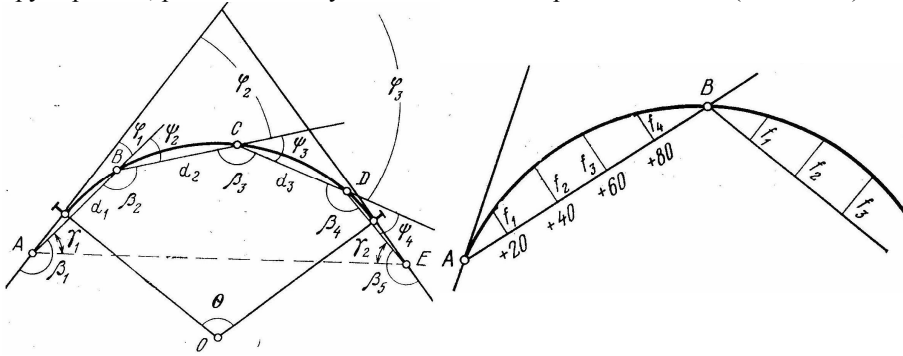


Рисунок 5а – Схема съемки железнодорожной кривой по способу эвольвентных разностей

Рисунок 5б – Схема измерений стрел изгиба в пикетах

Т а б л и ц а 2 – Журнал измерения стрел на кривой линии АВ при съемке методом И.В. Гоникбера

ПК	+	Стрелы изгиба, мм		
		прямо	обратно	средние
2	(A)	0	0	0
	+20	0104	0103	0104
	+40	0127	0127	0127
	+60	0162	0161	0162
	+80	0130	0131	0130
3	(B)	0	0	0

При съемке ведут журнал и абрис.

По данным обработки измерений в теодолитных ходах, пикетажного журнала и результатов съемки кривых составляют план железнодорожных путей в масштабе 1:1000 (см. рисунок 6).

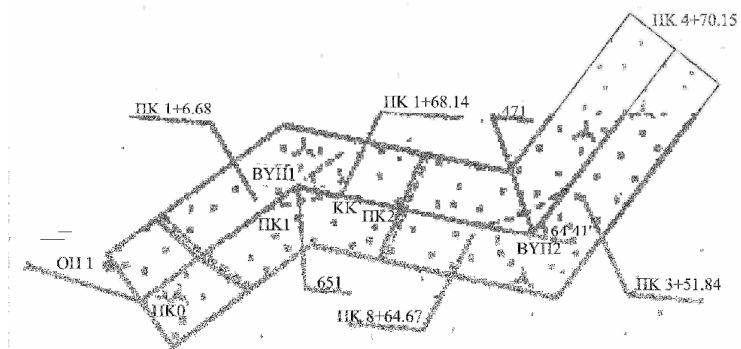


Рисунок 6 – Пример оформления плана трассы

В результате выполнения работ по съемке железнодорожных путей или автомобильных дорог бригада сдает: журнал и абрис по проложению теодолитных ходов, нивелирный и пикетажный журналы; журнал и абрис съемки кривых; план железнодорожных путей или автомобильных дорог, продольные и поперечные профили.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Визгин А. А., Ганьшин В.Н., Коугия В.А., Купчинов И.И., Хренов Л.С., Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 1985. – 315 с.
- 2 Визгин А.А., Коугия В.А., Хренов Л.С. Практикум по инженерной геодезии. – М.: Недра, 1989. – 284 с.
- 3 Атрошко Е.К. Виленский В.Р., Иванова М.М. Руководство по учебной геодезической практике». – Гомель: БелИИЖТ, 1992 г. – 152 с.
- 4 Атрошко Е.К., Виленский В.Р., Иванова М.М. Инженерная геодезия. Гомель: БелГУТ, 2002. – 105.
- 5 В.Н. Ганьшин, Л.С. Хренов. Тахеометрические таблицы. М.: Недра 1967. –335 с.
- 6 Власов Д.И., Логинов В.Н. Таблицы для разбивки кривых на железных дорогах. – М.: Транспорт, 1968. – 518 с.
- 7 Условные знаки для топографических планов. – М.: Недра, 1989. – 284 с.
- 8 Родинов В.И. Геодезия. – М.: Недра, 1987. – 331 с

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.	3
Часть I Лабораторные работы	
Лабораторная работа № 1 Решение инженерных задач по топографическим картам и планам.	5
Лабораторная работа № 2 Теодолиты и работа с ними	16
Лабораторная работа № 3 Нивелиры и работа с ними	27
Лабораторная работа № 4 Разбивочный чертеж для перенесения проекта здания в натуру.	38
Часть II Учебная геодезическая практика	
1 Организация и проведение учебной геодезической практики.	41
1.1 Цель и задачи практики. Организация работ	41
1.2 Правила осмотра геодезических приборов и обращение с ними	42
1.3 Техника безопасности и противопожарные мероприятия при проведении учебной практики. Охрана окружающей среды.	44
2 Теодолитные работы.	46
2.1 Задание, приборы и материалы.	46
2.2 Приборы для измерения линий и их использование.	47
2.3 Проложение теодолитного и теодолитно-высотного ходов.	48
2.4 Порядок работы на станции.	50
2.5 Съёмка ситуации.	55
2.6 Математическая обработка результатов измерений. Составление плана.	59
2.7 Уравнивание превышений теодолитно-высотного хода.	61
2.8 Составление плана съёмки.	64
2.9 Материалы, предъявляемые к отчету.	67
3 Трассирование и нивелирные работы.	68
3.1 Задание, приборы и материалы.	68
3.2 Трассирование и разбивка пикетажа.	68
3.3 Детальная разбивка круговых кривых.	73
3.4 Нивелирование трассы и поперечников.	74
3.5 Обработка журнала нивелирования.	77
3.6 Составление профиля трассы.	78
3.7 Нивелирование поверхности.	82
3.8 Составление топографического плана участка местности по результатам нивелирования поверхности.	86
3.9 Составление картограммы земляных работ.	87

4	Геодезические задачи, решаемые при строительстве инженерных сооружений.	90
4.1	Разбивка здания способом прямоугольных координат.	90
4.2	Вынесение в натуру точки с заданной отметкой.	91
4.3	Передача отметки на дно котлована.	92
4.4	Разбивка точек линии заданного уклона.	93
4.5	Определение высоты проводом линии электропередач.	94
4.6	Проверка вертикальности колонн или угла здания.	95
5	Геодезические наблюдения за фактическим положением элементов железной и автомобильной дорог в плане и по высоте.	95
5.1	Задание, приборы, принадлежности, материалы.	95
5.2	Съемочное обоснование. Разбивка пикетажа, съемка земельного дорожного полотна.	96
5.3	Нивелирование дорог.	98
5.4	Съемка железнодорожных кривых.	101
	Список литературы	104