

КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Р.В. Загретдинов, М. Г. Ишмухаметова
В.С. Менжевицкий, Н.В. Мезрина

РУКОВОДСТВО
К ПОЛЕВОЙ ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

КАЗАНЬ – 2005

КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Р.В. Загретдинов, М. Г. Ишмухаметова
В.С. Менжевицкий, Н.В. Мезрина

РУКОВОДСТВО
К ПОЛЕВОЙ ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

КАЗАНЬ – 2005

Печатается по решению Редакционно-издательского Совета
физического факультета КГУ

Загретдинов Р.В. – доцент кафедры астрономии,
Ишмухаметова М.Г. – доцент кафедры астрономии,
Менжевицкий В.С. – ассистент кафедры астрономии,
Мезрина Н.В. – инженер-геодезист кафедры астрономии

Руководство к полевой геодезической практике. Учебное пособие для студентов, проходящих летнюю учебную практику по топографии, КГУ, Казань 2005, 64 с.

Руководство предназначено для студентов физического, географического, геологического, биологического, экологического факультетов, проходящих летнюю топографическую практику. Рассмотрены этапы создания топографического плана от построения планово-высотного обоснования до выполнения съемки ситуации и рельефа различными способами. Приведены основные характеристики геодезических инструментов и даны примеры заполнения полевых журналов измерений и их камеральная обработка. Включены краткие сведения о применении спутниковой навигационной системы для определения координат точек на земной поверхности и описание работы некоторых моделей GPS-приемников.

Рецензент: – **Лапаева В.В.**, кандидат физ.-мат. наук, доцент кафедры геодезии Казанского инженерно-строительного университета

Физический факультет Казанского государственного университета, 2005.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. К полевой практике допускаются студенты, сдавшие зачеты (экзамены) по геодезии.

2. Для прохождения практики студенты объединяются в бригады по 4-5 человек. Бригада является самостоятельной учебно-производственной единицей, которая выполняет весь цикл работ, установленный программой, и сдает полевые документы, чертежи и вычисления в одном экземпляре от бригады в целом. Каждая бригада выделяет из своего состава бригадира. В обязанности бригадира входит:

1) получение инструмента и задания на бригаду;

2) распределение работ среди членов бригады с учетом, чтобы каждый принимал участие во всех видах и этапах работ (измерение линий, производство отсчетов, установка теодолита, нивелира и т.д.);

3) контроль за своевременным выходом на работу и уходом с нее;

4) контроль за дисциплиной в бригаде;

5) бригадир обязан вести дневник, в котором ежедневно отмечает выполненную работу и все особые случаи, заносит результаты проверок инструментов, отмечает не явившихся или опоздавших на работу. Дневник представляется руководителю практики по его требованию.

4. За неявку на работу без уважительных причин студент снимается с практики и лишается зачета. В случае пропуска по уважительной причине студент проходит практику с другой бригадой, выполняющей аналогичную работу, а если это невозможно, проходит практику в следующем учебном году.

5. Общевыходные дни во время практики отменяются и назначаются в зависимости от погоды и объема выполненных работ по решению руководителя.

6. По окончании практики руководителю каждой бригадой сдается отчет о практике. Руководитель проводит опрос членов бригады о процессе создания топографического плана.

2. ПРАВИЛА ОБРАЩЕНИЯ С ГЕОДЕЗИЧЕСКИМ ОБОРУДОВАНИЕМ

1. Инструменты выдаются из кабинета геодезии под ответственность бригадира. При получении инструментов, их нужно тщательно осмотреть, обращая внимание:

- 1) на исправность уровней;
- 2) на плавность вращения всех подвижных частей (подъемных винтов, алидады, горизонтального и вертикального кругов, трубы);
- 3) обязательно проверяется исправность микрометрических, исправительных, зажимных и станкового винтов, а также головки и ножек штативов. Если плавность движений какой-либо части нарушена, не следует прилагать физических усилий для ее восстановления. В этом случае необходимо обратиться к руководителю;
- 4) строго воспрещается студентам разбирать прибор. Нельзя производить никаких исправлений, кроме тех, которые необходимы при поверках.

Инструмент.

- 1) инструмент должен быть правильно упакован;
- 2) при переноске теодолита на штативе зрительную трубу опускать объективом вниз, а штатив держать по возможности отвесно. При переноске мензулы снимать планшет;
- 3) штатив на станции нужно устанавливать так, чтобы его верхняя площадка была горизонтальна. Ножки штатива при этой установке осаждаются ступней ноги;
- 4) нельзя завинчивать пружину станкового винта до полного отказа;
- 5) прежде, чем вращать какую-либо часть прибора, нужно убедиться, что соответствующий закрепительный винт освобожден;
- 6) микрометрическими винтами следует пользоваться в их среднем рабочем положении и окончательное наведение трубы производить ввинчиванием;
- 7) инструмент, попавший под дождь, перед укладкой обтереть, дать обсохнуть и только после этого уложить;
- 8) беречь инструменты от резких сотрясений и толчков;
- 10) не оставлять инструменты в поле без присмотра;

- 11) нельзя ставить кипрегель на мензулу до тех пор, пока не будет закончена ее грубая установка, нельзя ставить кипрегель на край мензулы,
- 12) инструмент должен храниться в сухом месте и содержаться в чистоте;
- 13) воспрещается носить инструмент в поле без футляра.

Мерная лента.

- 1) при переноске мерной ленты в развернутом виде беречь ее от скручивания и перегибов;
- 2) не оставлять ленту без присмотра, особенно на дорогах;
- 3) после производства полевых измерительных работ ленту необходимо протирать сухой чистой ветошью;
- 4) лента перед сдачей должна быть очищена от грязи и протерта маслом.

Рейки и вешки.

- 1) запрещается использовать рейки и вешки не по назначению;
- 2) не оставлять вешки и рейки без присмотра;
- 3) необходимо беречь нивелирную рейку от сырости и от падения.

3. ПРОГРАММА ПРАКТИКИ

Целью учебной топографической практики является построение крупномасштабного топографического плана местности площадью около 1 км².
Создание крупномасштабного топографического плана местности производится поэтапно.

1. Подготовка планово-высотного обоснования:

- проложение опорного теодолитного хода (5 - 8 вершин) и его камеральная обработка - 4 дня;
- нивелирование точек опорного теодолитного хода и его камеральная обработка - 2 дня;

2. Съёмка местности и рельефа:

- подготовка планшета и накладка планово-высотного обоснования - 1 день;
- съёмка ситуации и рельефа местности (тахеометрическая съёмка, мензульная съёмка) – 5 дней;

- нанесение на план подробностей местности и рисовка горизонталей – 3 дня;
- рисовка кальки высот, горизонталей, ситуации, оформление отчёта – 1 день.

В период учебной практики дополнительно могут быть проведены такие виды геодезических работ как позиционирование точек местности с помощью спутниковых навигационных систем, барометрическое нивелирование, съёмка местности с помощью простейших геодезических инструментов (буссоль, эклиметр, эккер).

ПОСТРОЕНИЕ ПЛАНОВО-ВЫСОТНОГО ОБОСНОВАНИЯ

4.1. Проложение теодолитного хода

Теодолитный ход представляет собой систему точек и линий на местности, образующих либо замкнутый, либо разомкнутый многоугольник (полигон). Теодолитные ходы опираются на геодезические пункты с координатами (X_0, Y_0) , или на пункты, координаты которых известны в произвольной системе координат. Углы многоугольника измеряются теодолитом, а длины его сторон - мерной лентой.

Теодолит состоит из следующих основных частей: а) подставка с тремя подъемными винтами; б) алидада с цилиндрическим уровнем, горизонтальным и вертикальным кругами; в) зрительная труба с сеткой нитей. В рабочем состоянии теодолит должен удовлетворять ряду геометрических условий, которые определяют соотношение его осей и плоскостей (рис. 1).

1. Ось уровня hh_1 при горизонтальном круге должна быть перпендикулярна вертикальной оси теодолита VV_1 и параллельна плоскости горизонтального круга ($hh_1 \perp VV_1$);
2. Визирная ось трубы zz_1 должна быть перпендикулярна оси вращения трубы NN_1 ($zz_1 \perp NN_1$);
3. Ось вращения трубы NN_1 должна быть перпендикулярна вертикальной оси прибора VV_1 ($NN_1 \perp VV_1$).

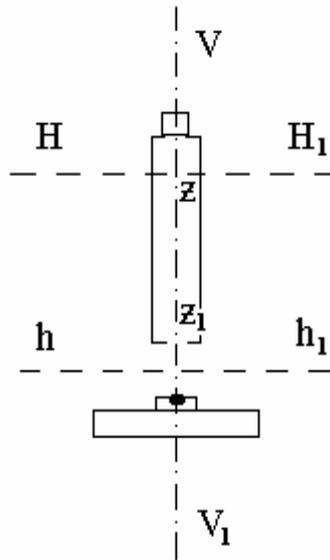


Рис. 1. Геометрическое соотношение осей теодолита.

Проверки теодолита.

Перед началом полевых работ необходимо проверить указанную геометрическую схему и выполнить проверки теодолита.

1. Первое условие проверяется следующим образом:

а) устанавливаем прибор в горизонтальное положение, то есть цилиндрический уровень горизонтального круга устанавливаем параллельно двум подъемным винтам и встречным движением этих двух винтов выводим пузырек уровня на середину, затем поворачивают уровень на 90° и третьим подъемным винтом пузырек снова выводим в нуль-пункт;

б) проводим проверку первого условия (проверка уровня), уровень устанавливаем параллельно двум подъемным винтам и пузырек выводим на середину;

в) поворачивают алидаду на 180° .

Если пузырек после поворота остался посередине, то первое условие выполнено; если пузырек отклонился от середины больше, чем на одно деление, то условие перпендикулярности осей нарушено. В этом случае вращаем исправительные винты уровня, чтобы пузырек сместился к середине на половину делений его отклонения. После этого проверку уровня повторяют.

2. Второе условие (ошибка коллимации) проверяется визированием на

удаленную точку (15-20 м):

а) крест сетки нитей наводится на удаленную точку, лимб и алидада закрепляются, берется отсчет по горизонтальному кругу (круг лево КЛ, то есть широкая колонка алидады, внутри которой находится вертикальный круг, расположена слева от наблюдателя);

б) алидада открепляется, труба переводится через зенит, крест нитей снова наводится на ту же точку, берется отсчет по горизонтальному кругу (круг право КП).

Если разность отсчетов при КЛ и КП равна 180° ($\text{КЛ}-\text{КП}=180^\circ$), то погрешность за неперпендикулярность осей визирования и вращения трубы отсутствует. Если $(\text{КЛ} - \text{КП}) - 180^\circ > 2 \cdot \tau$, то условие перпендикулярности осей нарушено. Здесь τ - точность определения горизонтального угла теодолитом. Например, для теодолита Т30 τ равно $30''$, поэтому при $(\text{КЛ} - \text{КП}) - 180^\circ > 1'$ необходимо визирную ось привести в положение, перпендикулярное оси вращения трубы. Для этого разность между отсчетами делится пополам и на лимбе горизонтального круга устанавливается отсчет, исправленный на вычисленную пополам разность. В результате этого крест нитей отойдет от точки визирования и должен быть возвращен на нее с помощью горизонтальных исправительных винтов сетки нитей окуляра зрительной трубы.

3. Третье условие гарантируется заводом-изготовителем прибора.

Студентам запрещено самостоятельно проводить работы с исправительными винтами уровня и сетки нитей!

Полевые работы.

Проложение теодолитного хода (рис. 2) начинается с рекогносцировки местности, затем выполняют измерения горизонтальных углов теодолитом и измерения линий мерной лентой.

При рекогносцировке местности отыскиваются пункты геодезической сети, намечаются колышками вершины полигона. Колышки забиваются вровень с землей. На колышке двумя перпендикулярными линиями (или надрезами) намечают центр колышка. Колышек оконтуривают каким-либо знаком (круг, треугольник и др.) для его быстрого нахождения. Вершины углов теодолитного

хода должны располагаться друг от друга на расстоянии от 20 м до 350 м. С каждой вершины хода должны быть видны две соседние. Желательны примерно равные расстояния между вершинами.

При полевых измерениях рекомендуется вести абрис. Абрис – это чертеж снимаемого участка, сделанный от руки. На абрисе в произвольном масштабе показывают взаимное расположение предметов местности. Абрис лучше всего рисовать на бумаге в клеточку в отдельной тетради. При зарисовке местности на абрисе заносится весь числовой материал: длины линий теодолитного хода, горизонтальные углы в вершинах полигона, дирекционные углы направлений сторон хода, координаты опорной точки. Абрис должен вестись четко, ясно, разборчиво. Все зарисовки и надписи делаются простым карандашом. Абрис и полевой журнал измерения горизонтальных углов являются основными документами теодолитного хода.

Измерение горизонтальных углов.

Горизонтальные углы в теодолитном ходе $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_6$ (рис. 2) измеряются теодолитом после проведения его поверок. Для измерения угла теодолит устанавливается над вершиной измеряемого угла, например, в точке 1, центрируется и нивелируется. Центрирование должно быть произведено отвесом с точностью до 5 мм. Нивелирование производится алидадным уровнем, для чего уровень сначала устанавливается параллельно двум винтам и пузырек его выводится на середину, затем теодолит поворачивается на 90° , уровень ставится параллельно третьему винту и пузырек снова выводится на середину.

Перед измерением угла зрительная труба устанавливается по глазу, т.е. труба наводится на рассеянный свет и вращением окулярного винта добиваются четкой видимости креста нитей, затем кремальберным винтом добиваются четкой видимости предметов. Наведение резкости видимости на предметы производится для каждого наблюдателя индивидуально.

Веха должна быть поставлена или перед колышком или за ним, чтобы визирная ось трубы проходила через центр колышка. При наведении на веху нужно стремиться, чтобы крест нитей был наведен на низ вехи, а вертикальная нить делила веху пополам. Наведение на веху производится сначала на глаз с

помощью прицела, затем насколько это возможно, от руки, после чего зажимные винты алидады и трубы закрепляются. Точное наведение производят микрометренными винтами.

Углы измеряются полных приемов. Установленный в рабочее положение теодолит при круге право (КП) наводится на правую веху и берется отсчет. Затем зрительную трубу наводят на левую веху и снова делают отсчет при КП. Это первый полуприем.

После этого устанавливают теодолит в положение круг лево (КЛ). Труба переводится через зенит, алидада поворачивается приблизительно на 180° . Производится снова наведение на правую и левую веху и берутся отсчеты по шкале горизонтального круга при КЛ. Это второй полуприем.

Вычисляют угол из обоих полуприемов по правилу: отсчет на правую веху минус отсчет на левую веху. Если отсчет на правую веху численно окажется меньше отсчета на левую веху, то к нему добавляется 360° . Контролем правильного измерения угла является то, что разность между углами, определенными в обоих полуприемах, не превышает точности горизонтального круга теодолита, например, для Т30 - это $1'$.

Запрещается снимать теодолит со станции до проведения контрольных вычислений горизонтального угла!

С помощью буссоли, закрепленной на теодолите, находят магнитный азимут одной из сторон теодолитного хода. Для этого теодолит с буссолью устанавливают в любую точку, например, точку 1 и берут отсчеты по горизонтальному кругу (КП или КЛ) на северное направление N и точку 2. Разность отсчетов даст угол, который является магнитным азимутом A_{12} направления 1-2 (рис. 2). Результаты измерения магнитного азимута также записываются в журнал угловых измерений.

Дополнительно при построении теодолитного хода снимают отсчеты по вертикальному кругу для определения вертикальных углов V или углов наклона. (Подробное описание определения вертикального угла V см. п. 5.1).

Все результаты измерений теодолитного хода записываются в полевой журнал

аккуратно простым карандашом (см. Приложение 1). Полевой журнал представляется к отчету в таком виде, в каком он был заполнен в поле.

Запрещается переписывать полевой журнал!

Измерение длин сторон.

Длины сторон (D) теодолитного хода измеряются мерной лентой в прямом и обратном направлениях. Разность между прямым и обратным измерениями не должна превышать $1/2000$. При укладывании ленты ее встряхивают и натягивают по всей длине с одинаковой силой. Необходимо следить за тем, чтобы лента не перекручивалась. При неровной местности (кочки, канавы, промоины и др.) ленту приподнимают над землей и натягивают на глаз горизонтально. Лента должна укладываться строго в створе линии, длинные линии должны быть провешены. При измерениях внимательно следят за положением нулевого отсчета ленты и за числом передач шпилек. Длина измеряемой линии D равна длине мерной ленты l умноженной на число использованных шпилек k плюс остаток D_0 :

$$D = l \cdot k + D_0$$

Измеренные длины линий записываются на абрисе теодолитного хода и в полевой журнал измерений длин линий.

Камеральная обработка теодолитного хода.

Вычисление координат вершин полигона производится в следующей последовательности.

1. Производится полевой контроль правильности измерения горизонтальных углов сразу после завершения проложения теодолитного хода. Замкнутый теодолитный ход представляет собой многоугольник, сумма внутренних углов которого равна:

$$\sum \beta_{теор} = 180^\circ (n - 2),$$

n – число вершин многоугольника. Находим сумму измеренных горизонтальных углов теодолитного ход (рис. 2):

$$\sum \beta_{измер} = \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 + \beta_5 + \beta_6$$

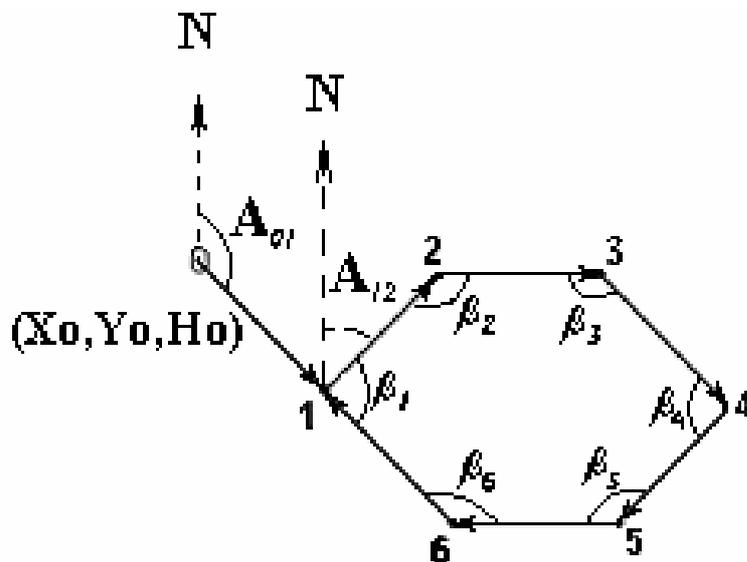


Рис. 2. Замкнутый теодолитный ход.

Вследствие ошибок в измерениях сумма измеренных углов замкнутого теодолитного хода $\sum \beta_{измер}$ будет отличаться от теоретической суммы $\sum \beta_{теор}$ на величину угловой невязки f_β :

$$f_\beta = \sum \beta_{измер} - \sum \beta_{теор}.$$

Если угловая невязка теодолитного хода $f_\beta \leq f_{\beta доп}$, то измерения горизонтальных углов выполнены в пределах допуска. Предельная допустимая угловая невязка $f_{\beta доп}$ вычисляется по формуле:

$$f_{\beta доп} = \pm 1,5 \cdot \tau \cdot \sqrt{n},$$

где τ - точность измерения горизонтального угла теодолитом в минутах.

Если $f_\beta > f_{\beta доп}$, то необходимо проверить все вычисления в журнале измерений горизонтальных углов и измерения углов.

2. Последующие вычисления производятся в камеральных условиях и записываются в ведомости координат (см. Приложение 2). В графу 1 записывают название и номера опорной точки (O) и точек замкнутого полигона (1 – 6). В графу 2-3 выписывают из полевого журнала измеренные горизонтальные углы ($\beta_{1изм}$, $\beta_{2изм}$, $\beta_{3изм}$, $\beta_{4изм}$, $\beta_{5изм}$, $\beta_{6изм}$).

3. Для уравнивания углов невязку f_β распределяют с обратным знаком между всеми измеренными углами. Для этого невязку f_β делят на количество углов:

$$\Delta_\beta = -f_\beta / n,$$

тогда уравненные углы (исправленные) находят как:

$$\beta_1 = \beta_{1изм} + \Delta\beta,$$

$$\beta_2 = \beta_{2изм} + \Delta\beta,$$

.....

$$\beta_6 = \beta_{6изм} + \Delta\beta$$

или вносят поправку только в углы с самыми короткими сторонами (графа 4).

Записывают значения исправленных углов в графу 5-6.

Контроль. Сумма всех исправленных углов должна быть равна теоретической сумме углов $\Sigma \beta_{теор}$.

4. Азимуты A или дирекционные углы α сторон хода вычисляют по формуле:

$$A_{23} = A_{12} + 180^\circ - \beta_2$$

$$A_{34} = A_{23} + 180^\circ - \beta_3$$

.....

$$A_{61} = A_{56} + 180^\circ - \beta_6$$

$$A_{12} = A_{61} + 180^\circ - \beta_1$$

если измерялись правые по ходу горизонтальные углы. Дирекционный угол α направления можно определить по его магнитному азимуту, если учесть поправки за сближение меридианов и склонение магнитной стрелки для данной местности. Вычисленные значения азимутов (дирекционных углов) сторон замкнутого теодолитного хода записывают в графу 7-8.

Контроль. После вычислений всех азимутов (дирекционных углов) направлений полигона должно быть получено первоначальное значение A_{12} .

6. Горизонтальные проложения d сторон теодолитного хода в метрах записывают в графу 9. Значения d (рис. 3) можно вычислить двумя способами.

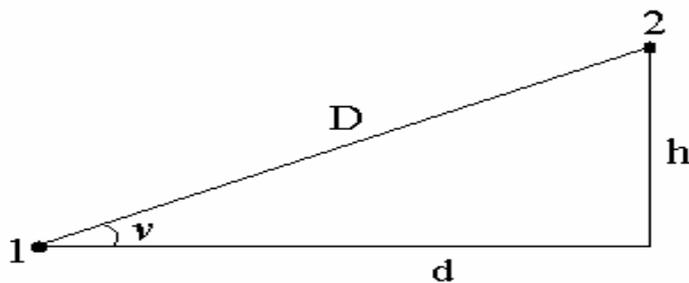


Рис. 3. Определение горизонтального проложения

По измеренным длинам сторон D и вертикальному углу V как:

$$d = D \cdot \cos V \quad (\text{м}),$$

или по измеренным длинам сторон D и по превышениям h , полученным по результатам нивелирования (см. п. 4.2.), по формуле:

$$d = \sqrt{D^2 - h^2} \quad (\text{м})$$

7. Приращения координат ΔX , ΔY вычисляют по формулам прямой геодезической задачи:

$$\Delta X = d \cdot \cos \alpha$$

$$\Delta Y = d \cdot \sin \alpha$$

Знаки и величины приращений записывают в графы 10, 12.

В замкнутом полигоне суммы приращений $\sum \Delta X$, $\sum \Delta Y$ должны равняться нулю.

Однако на практике значения сумм приращений отличаются от нуля на величины f_x и f_y (в метрах), называемых линейными невязками,

$$\sum \Delta X = f_x \quad (\text{м}), \quad \sum \Delta Y = f_y \quad (\text{м})$$

Абсолютная линейная невязка полигона f_s будет равна:

$$f_{abc} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \quad (\text{м})$$

Относительная линейная невязка замкнутого полигона вычисляется как

$$f_{отн} = f_{abc} / P = 1 : P / f_{abc}$$

где P — периметр замкнутого полигона в метрах. Допустимая невязка $f_{отн}$ не должна превышать 1:3000, 1:2000, 1:1000 в зависимости от рельефа местности и поставленной задачи.

8. По абсолютным линейным невязкам f_x и f_y находят поправки δx_i и δy_i к каждому измеренному значению ΔX_i и ΔY_i пропорционально длинам линий d_i :

$$\delta x_i = d_i \cdot (-f_x / P), \quad \delta y_i = d_i \cdot (-f_y / P)$$

Поправки округляются до 0,01 м. Сумма поправок должна равняться невязке с обратным знаком.

Находят исправленные значения приращений координат:

$$\Delta X_{i\text{исп}} = \Delta X_i + \delta x_i, \quad \Delta Y_{i\text{исп}} = \Delta Y_i + \delta y_i$$

где i – номер точки. Величины поправок и исправленных значений приращений записывают в графы 11, 13, 14-15.

Контроль. Суммы всех исправленных приращений координат $\Delta X_{исп}$ и $\Delta Y_{исп}$ должны равняться нулю.

9. Координаты точек вычисляются по формулам:

$$X_{i+1} = X_i \pm \Delta X, \quad Y_{i+1} = Y_i \pm \Delta Y$$

где X_i, Y_i - координаты предыдущей точки, X_{i+1}, Y_{i+1} - координаты последующей точки. Координаты точек записываем в графы 16-17.

Контроль. В конце вычислений координат всех точек замкнутого полигона должны быть получены координаты первой точки.

9. Привязка координат точки 1 к координатам исходной опорной точки $O (X_0, Y_0)$ осуществляется путем решения прямой геодезической задачи. Для этого необходимо найти горизонтальное проложение d_{01} между этими точками так, как это было описано выше. А также с помощью буссоли найти азимут A_{01} направления от точки O к точке 1 (рис. 2). Вычисляют координаты точки 1 по формулам:

$$X_1 = X_0 + d_{01} \cdot \cos A_{01},$$

$$Y_1 = Y_0 + d_{01} \cdot \sin A_{01}$$

Опорная точка и точки теодолитного хода наносятся по координатам на план заданного масштаба с использованием масштабной линейки. Точность нанесения точек проверяется по горизонтальному проложению между ними.

4.2. Нивелирование точек планово-высотного обоснования.

Нивелирные ходы представляет собой систему точек и линий на местности, образующих либо замкнутый полигон, либо разомкнутый ход. Нивелирные ходы опираются на геодезические пункты с известной высотой, например, точку $O (X_0, Y_0, H_0)$, высота которой известна и равна H_0 (рис. 2). Измерение превышений между точками земной поверхности производят с помощью нивелира. Нивелир состоит из а) подставки с тремя подъемными винтами, б) зрительной трубы с сеткой нитей, круглым уровнем и цилиндрическим уровнем. Зрительная труба может вращаться только в горизонтальной плоскости. С помощью

цилиндрического (контактного) уровня визирная ось зрительной трубы нивелира приводится в горизонтальное положение. В рабочем состоянии нивелир должен удовлетворять ряду геометрических условий, которые определяют соотношение его осей и плоскостей (рис. 4)

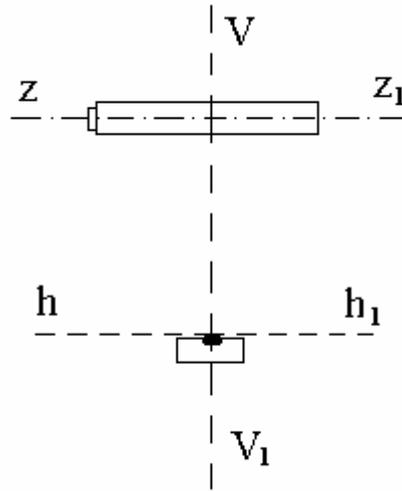


Рис. 4. Рис. 1. Геометрическое соотношение осей и нивелира.

1. Визирная ось трубы zz_1 должна быть параллельна оси уровня hh_1 и перпендикулярна оси вращения VV_1 ($zz_1 // hh_1$, $hh_1 \perp VV_1$);
2. Горизонтальная нить сетки трубы должна быть перпендикулярна визирной оси трубы zz_1 ;

Поверки нивелира.

1. В полевых условиях необходимо выполнить поверку первого условия следующим образом. Нивелир горизонтируется по круглому уровню: вращением двух подъемных винтов пузырек уровня выводится на среднюю линию, затем вращением третьего винта выводят пузырек в нуль-пункт. Более точно условие проверяется с помощью цилиндрического контактного уровня, изображение которого выведено в поле зрения трубы. Перед каждым взятием отсчета по рейке необходимо соединять половинки контактного уровня вращением элевационного винты с правой стороны трубы около окуляра.
2. Для проверки второго условия в 20-25 метрах от нивелира на стене проводят горизонтальную линию. Наводящим винтом трубы проводят горизонтальную нить сетки по линии. Если концы нити отклоняются от

горизонтальной линии более чем на 0,5 мм, то проводят юстировку сетки нитей. Юстировку сетки нитей можно проводить только под руководством руководителя.

Нивелирные рейки.

Нивелирная рейка представляет собой деревянный брусок длиной 3 метра с нанесенными на нем сантиметровыми делениями (рис. 5) в виде чередующихся шашечек черные-белые, красные-белые.

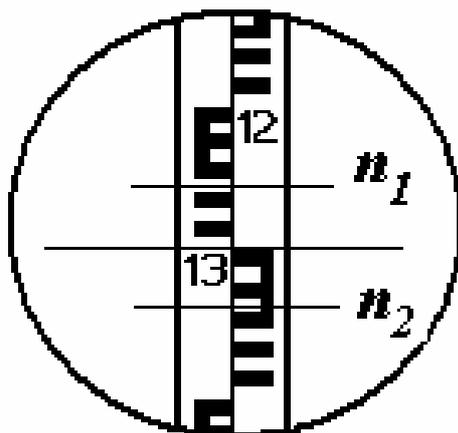


Рис. 5. Взятие отсчетов по нивелирной рейке

На черной стороне рейки счет делений начинается от нуля, а на красной от некоторой произвольной цифры, например, 4800. Поэтому отсчеты по черной и красной стороне рейки не будут равны друг другу, а будут отличаться на эту величину, в данном примере – 4800. Это величина называется постоянной рейки (пятка рейки). С помощью нахождения пятки рейки при измерениях контролируют правильность взятия отсчетов по рейкам. Отсчет по рейки состоит из четырех цифр в миллиметрах, например, 1234, без запятых и точек.

Полевые работы.

Полевые измерения при нивелировании производятся, как правило, по способу геометрического нивелирования из середины. Нивелир устанавливают ровно посередине между соседними точками хода. Точки установки инструмента называют станциями, точки установки нивелирных реек - пикетами. Расстояние от станции до рейки не должно превышать 50-75м.

среднее значение превышения. Значения превышений обязательно записывают со знаком «+» или «-».

При переносе инструмента на следующую станцию задний реечник переходит на новый пикет и становится передним, а передний остается на месте и становится задним. Нивелирный ход завершают примыканием к конечной точке хода, в замкнутом ходе исходная точка служит и конечной точкой.

Для передачи высоты с исходной опорной точки O , высота которой известна и равна H_0 , на одну из точек планово-высотного обоснования, например, точку 1 (рис. 2), необходимо измерить превышение h_{01} между точками O и точкой 1 способом «из середины» или способом «вперед». Высота точки 1 вычисляется по формуле:

$$H_1 = H_0 \pm h_{01} \quad (\text{м}).$$

Камеральная обработка нивелирного хода.

Высоты точек планово-высотного обоснования вычисляют в следующей последовательности

1. Сразу после окончания нивелирования еще в поле вычисляют невязку превышений f_h замкнутого хода как сумму всех значений измеренных средних превышений:

$$f_h = \sum h_{изм}$$

В замкнутом полигоне сумма всех превышений должна быть равна нулю:

$$\sum h_{теор} = 0$$

Невязка f_h считается допустимой, если она удовлетворяет условию:

$$f_h \text{ (мм)} \leq 2,8 \cdot \sqrt{n}$$

где n - число станций нивелирного хода,

или

$$\text{(мм)} \leq 20 \cdot \sqrt{P}$$

где P - периметр нивелирного хода в километрах.

2. Допустимую невязку замкнутого хода f_h распределяют с обратным знаком на все станции:

$$\Delta_h = -f_h / n$$

и вычисляют исправленные (уравненные) превышения $h_{исп}$ как

$$h_{исп} = h_{изм} + \Delta_h$$

Контроль. Сумма всех исправленных превышений должна равняться нулю.

3. Абсолютные высоты точек замкнутого нивелирного хода вычисляются в метрах по исправленным превышениям, которые также переводятся в метры, H_{i+1}

$$= H_i \pm h_{исп} \quad (\text{м})$$

где H_i - высота предыдущей точки, H_{i+1} - высота последующей точки.

Исправленные превышения и вычисленные высоты точек записывают в ведомость высот (см. Приложение 3).

Контроль. В результате вычислений высот точек замкнутого хода должна быть получена высота первой точки.

По данным геометрического нивелирования вычерчивается продольный профиль в некотором выбранном масштабе по горизонтальному направлению.

4.3. Подготовка планшета и накладка плана.

Координатная сетка и план теодолитного хода наносятся на планшет с ватманом. Для наклейки ватмана на планшет лицевую сторону бумаги смачивают водой, а обратную клейстером. Бумагу при наклейке нужно хорошо натянуть, разглаживая от центра к краям, чтобы не оставалось воздушных пузырей. Надрезанные по углам края листа ватмана подворачивают и приклеивают к боковым граням планшета, а также к обратной стороне планшета. Планшет высушивают в сухом помещении, но не на Солнце.

Координатная сетка наносится с помощью линейки Дробышева. Стороны квадратов сетки должны быть равны 10,00 см, а их диагонали - 14,14 см. Построение сетки проверяется по диагоналям, длина которых не должна отличаться от 14,14 см больше, чем на 0,02 см. Координатная сетка подписывается в зависимости от выбранного масштаба (1:500, 1:1000, 1:2000). Значения координат квадратов сетки как по оси X , так и по оси Y подписываются со всех сторон (см. Приложение 4). Опорная точка и точки плано-высотного обоснования наносятся на планшет по координатам с помощью масштабной линейки. Правильность накладки точек по координатам проверяется по горизонтальному проложению между точками. Около точки подписывают ее номер и ставят отметку высоты с точности до 0,01 м.

5. СЪЕМКА СИТУАЦИИ И РЕЛЬЕФА

5.1. Тахеометрическая съемка.

Тахеометрическая съемка - один из видов наземной топографической съемки, выполняемой с помощью тахеометра или теодолита и рейки. Тахеометрия в переводе с греческого языка означает быстрая съемка. При ней одним наведением зрительной трубы прибора на рейку получают плановое и высотное положение точки. При этом направление отсчитывается по лимбу горизонтального круга, расстояние определяется по нитяному дальномеру, а превышение получают способом тригонометрического нивелирования. Съемка производится на планово-высотном обосновании в виде теодолитных и нивелирных ходов. Для проведения съемки необходимы: тахеометр (теодолит), нивелирная рейка, журнал измерений. При тахеометрической съемке очень важно детально зарисовать все элементы ситуации местности. Для этого в журнале измерений от руки схематично рисуют абрис (кроки) и условными знаками и пояснениями отмечают на нем все снимаемые точки ситуации и рельефа (пикеты).

При съемке следует различать точки, характеризующие контуры предметов - контурные точки и точки, характеризующие рельеф - высотные точки. При съемке подробностей снимают контуры: леса, кустарника, средства связи, пути сообщения, проселочные дороги, тропы и так далее. При съемке ситуации (контуров) рейку ставят на всех характерных изгибах контура. Граница считается прямой, если она отклоняется от линии, соединяющей две соседние контурные точки, на величину, не превышающую 0,5 мм на плане.

Количество реечных точек, определяемых на каждом контуре, зависит от вида контура. На прямоугольных контурах достаточно определить только точки поворота. На плане точки контура соединяют сплошной линией. При съемке отдельных предметов (домов, сараев, ям) обычно ограничиваются одной реечной точкой.

Съемка рельефа производится, как правило, после съемки контуров, хотя довольно часто объединяют контурные и высотные точки, но увлекаться этим не следует. Высотные точки выбирают на вершинах и у подножий холмов, на водоразделах, на резких перегибах скатов, у берегов рек и озер, на уровне воды

(урезы). Точки выбирают с таким расчетом, чтобы они находились на линиях равных скатов, а скаты между смежными точками можно было считать однообразными. Урезы воды записывают в журнал и на план с указанием даты определения. Урезы определяются на плане через каждые 10-12 см. Изрытые участки, свалки, карьеры и места, на которых производят земляные работы, при съемке оконтуривают и характеризуют высотами по контуру и в отдельных местах внутри контура. Горизонталь по таким участкам не проводят.

При масштабе 1:2000 и высоте сечения 1-2 м расстояние между пикетами не должно быть больше, чем 40 м. При съемке рельефа максимальное расстояние от прибора до рейки не должно превышать 150 м, а при съемке контуров – 100 м. При высоте сечения рельефа 1 м и более высоты пикетов вычисляют с точностью до 0,01 м и вписывают в план с округлением до 0,1 м.

На каждой станции снимают только ту часть ситуации и рельефа, которая непосредственно видна. Недопустимы воображаемые дорисовки контуров и рельефа!

Измерение горизонтального угла.

Теодолит устанавливают на точке планово-высотного обоснования и приводят в рабочее положение. С точностью до 1 см нивелирной рейкой измеряют высоту инструмента i от колышка до середины окуляра. Записывают значение i в журнал измерений. Отсчет по рейке, равный значению i , называется высотой визирования. При тахеометрической съемке используют только черную сторону рейки.

Проводят ориентирование горизонтального круга теодолита на одну из соседних точек теодолитного хода (например, теодолит установлен на точке 1, точка ориентирования – точка 2). Для этого вращают алидаду, добиваясь, чтобы на отсчет по шкале горизонтального круга равнялся нулю. Затем открепляют нуль-пункт горизонтального лимба и трубу наводят на выбранную точку теодолитного хода, лимб закрепляют. Таким образом, отсчет по горизонтальному кругу на ориентированную сторону теодолитного хода будет равен 0° . Номер точки теодолитного хода, на которую выполнялось ориентирование, записывают в журнал измерений.

Все измерения выполняют только при одном круге (одним полуприемом, например, при КЛ). На пикет устанавливают рейку и визируют среднюю горизонтальную нить сетки нитей трубы на отсчет, равный высоте инструмента i . Берут отсчет по горизонтальному кругу и записывают его в журнал измерений (см. Приложение 5).

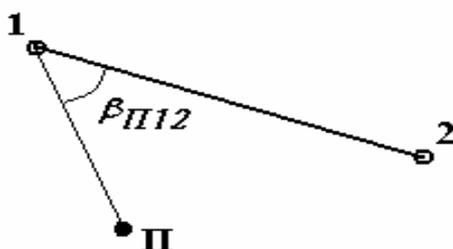


Рис. 7. Измерение горизонтальных углов

Значение отсчета сразу дает значение горизонтального угла $\beta_{П12}$ между ориентированной линией 1, 2 и направлением на пикет П (рис. 7), так как отсчет по горизонтальному кругу на точку 2 равен 0° .

Измерение вертикального угла.

Перед измерениями вертикальных углов V необходимо определить место нуля теодолита. Место нуля (МО) - это отсчет по вертикальному кругу, когда ось визирования находится в горизонтальном положении (рис. 8).

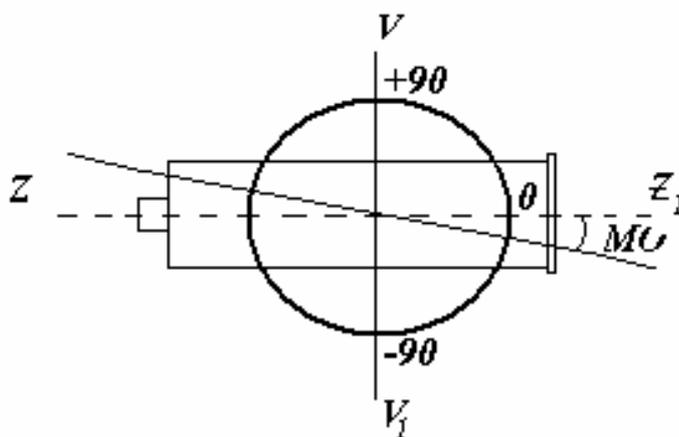


Рис. 8. Определение места нуля вертикального круга.

Для этого визируют на точку, находящуюся на произвольной высоте и берут отсчеты по вертикальному кругу при КЛ и КП. Место нуля определяют по формуле:

$$MO = (KP + KL + 180^\circ) / 2.$$

Значение MO записывают в журнал измерений (см. Приложение 5).

При измерении вертикального угла крест нитей визируют на высоту прибора и обязательно перед взятием отсчета выводят уровень вертикального круга на середину. Отсчеты по вертикальному кругу берут только при одном положении круга, например, КП и записывают в журнал измерений тахеометрической съемки в графу «отсчет по вертикальному кругу».

Измерение расстояния.

Расстояние до пикета измеряют нитяным дальномером теодолита (рис. 9). Для этого берут отсчеты по нивелирной рейке (черная сторона) по верхней n_1 и нижней n_2 дальномерным нитям сетки нитей.

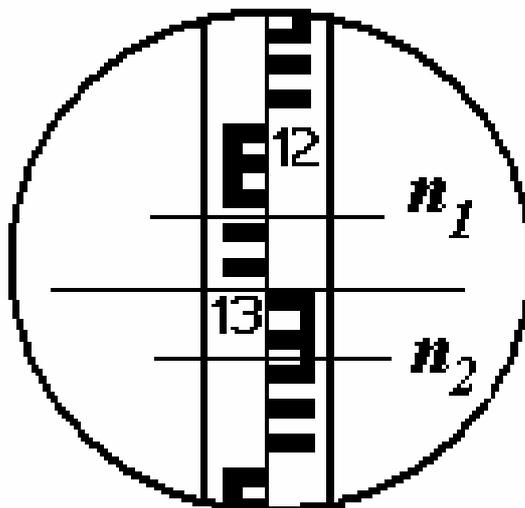


Рис. 9. Измерение расстояний оптическим нитяным дальномером

Расстояние вычисляют по формуле:

$$D = (n_2 - n_1) \cdot K \quad (\text{мм}),$$

где $K = 100$ – коэффициент дальномера. Например, на рис. 9 имеем отсчеты $n_1 = 1258$, $n_2 = 1337$, тогда расстояние равно: $D = (1337 - 1258) \cdot 100 = 7900$ мм = 7,9 м. Заносим расстояние до пикета в метрах в журнал измерений в графу «расстояние» (Приложение 5).

Камеральная обработка тахеометрической съемки.

В камеральных условиях вычисляют: углы наклона, горизонтальные проложения и превышения между станцией и пикетами, высоты пикетов. Все вычисления дописывают в полевые журналы измерений (см. Приложение 5).

Значение вертикального угла V вычисляют по формулам:

для КП
$$V = \text{КП} - \text{МО},$$

для КЛ
$$V = (\text{МО} - \text{КП} + 180^\circ)$$

и записывают в графу «угол наклона»

При измерениях расстояний нитяным дальномером (теодолиты Т5, Т30) горизонтальное проложение d вычисляем по формуле:

$$d = D \cdot \text{Cos}^2 V.$$

Если значение вертикального угла не превышает 5° можно использовать формулу:

$$d = D \cdot \text{Cos} V.$$

Записываем в графу «горизонтальное проложение» в метрах.

Превышения определяют способом тригонометрического нивелирования. Как видно на рис. 10, значение превышения h можно найти по формуле:

$$h = (D \cdot \text{Sin} 2 \cdot V + i - l) / 2$$

Если визировать на высоту инструмента i , то $i = l$, тогда формула упростится:

$$h = D \cdot \text{Sin} 2 \cdot V / 2,$$

а при значениях вертикального угла меньше 5° вычисляем по формуле:

$$h = D \cdot \text{Sin} V$$

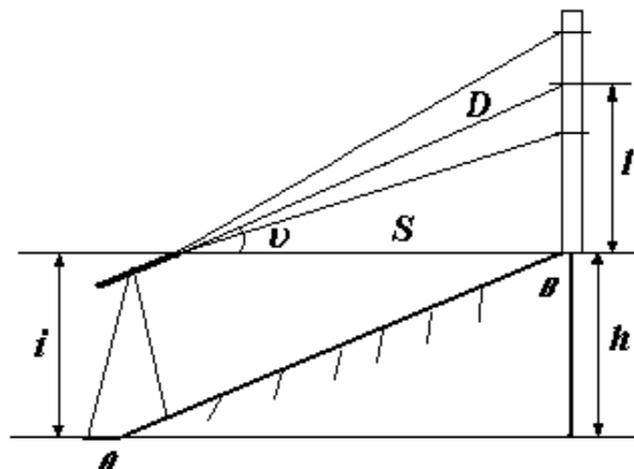


Рис. 10. Тригонометрическое нивелирование.

Находим высоту пикета в метрах:

$$H = H_{cm} + h \text{ (м)},$$

где H_{cm} - высота точки стояния инструмента (точка теодолитного хода с известной высотой), записываем в графу «абсолютные отметки пикетов» (Приложение 5).

Наносят пикеты на планшет при помощи геодезического транспорта, при этом нулевой диаметр совмещает с линией, по которой проводилось ориентирование, а нуль-пункт транспорта - со станцией (точкой стояния инструмента). Отсчитывают по транспорту измеренный отсчет по горизонтальному кругу и проводят карандашом направление на пикетную точку. По данному направлению откладывают горизонтальное проложение от станции до пикета в заданном масштабе. Отмечают пикет условным знаком и подписывают отметку высоты с точностью до 0,1 м.

5.2. Мензуральная съемка

Для производства мензуральной съемки бригада получает мензулу (подготовленный планшет с ватманом, на который наколоты точки планово-высотного обоснования), кипрегель КА-2, ориентировочную вилку с отвесом, рейку, полевой журнал измерений, масштабную линейку и измеритель. При мензуральной съемке точки контуров и рельефа наносят на планшет непосредственно в поле. Поэтому до выезда в поле члены бригады должны ознакомиться со стандартными условными знаками, применяемыми в топографии для создания топографических планов в заданном масштабе.

Проверки мензулы и кипрегеля.

Перед началом полевых работ необходимо выполнить основные проверки мензулы и кипрегеля: 1) мензула должна быть устойчива, 2) ось уровня должна быть параллельна нижней плоскости линейки.

1. Для проверки устойчивости мензулы выполняют следующее а) мензулу устанавливают в горизонтальное положение; б) крест нитей кипрегеля наводят

на далекую точку; в) нажимают слегка рукой на планшет и, сняв руку, смотрят, не сместился ли крест нитей с точки наведения; в) нажимают на мензулу сбоку и снова проверяют положение креста нитей относительно выбранной точки. В устойчивой мензуле крест нитей при указанных действиях не должен сходить с точки наведения.

2. Проверка параллельности оси цилиндрического уровня на линейке кипрегеля нижней плоскости линейки производится следующим образом: а) кипрегель ставится параллельно двум подъемным винтам на примерно горизонтальную мензулу; б) этими же винтами пузырек уровня выводится на середину; в) вдоль края линейки прочерчивается карандашом линия; г) кипрегель поворачивается на 180° и прикладывается к прочерченной линии. Если при этом пузырек уровня остается на середине - условие выполнено. Если он уходит на " n " делений, то на " $n/2$ " делений он возвращается обратно с помощью двух подъемных винтов, а оставшуюся часть делений – с помощью исправительных винтов при уровне. При повторной проверке после поворота на 180° допускается смещение пузырька уровня на 1 - 2 деления.

Установка мензулы на станции.

Установка мензулы выполняется обязательно в следующем порядке:

- 1) мензула ориентируется на глаз;
- 2) грубо нивелируется вкалыванием ножек штатива;
- 3) грубо центрируется так, чтобы точка "а" на планшете находилась над той же точкой "А" местности;
- 4) уточняют центрирование над данной точкой с помощью центрировочной вилки (погрешность центрирования не должна превышать 10 см);
- 5) планшет точно нивелируется с помощью цилиндрического уровня при линейке кипрегеля;
- 6) проводят точную ориентировку планшета;
- 7) измеряется высота инструмента i по черной стороне рейке.

Ориентирование планшета является основным действием при установке мензулы в рабочее положение и должно быть выполнено особенно тщательно.

Для грубого ориентирования на станции в точке "А" поворачивают планшет до тех пор, пока линия "ав" на планшете, не будет направлена по той же линии "АВ" на местности.

Точное ориентирование производят следующим образом. Приложив скошенное ребро линейки кипрегеля к линии "ав" и, вращая планшет, визируют на точку "В" местности. Закрепив планшет и действуя только наводящим винтом подставки, уточняют визирование на точку "В". После ориентирования по линии "ав" кипрегель прикладывают к другой линии "ас" и определяют видимость точки "С" на местности в поле зрения трубы. Если точка видна, то ориентирование выполнено правильно. Если нет, то необходимо проверить ориентирование по первоначальной линии.

После того, как проведено точное ориентирование планшета, нельзя откреплять и поворачивать мензулу. Все наведения на пикеты должны производиться только перемещением кипрегеля.

Полевые измерения.

Применение кипрегелей-автоматов (КА), снабженных особой оптической системой и стеклянным лимбом, значительно сокращает объем вычислительных работ и ускоряет процесс мензульной съемки. Приборы этого типа позволяют непосредственно со шкал получить значения горизонтальных проекций и превышений. В этих приборах на лимбе нанесены: начальная дуга " i ", кривые горизонтальных проекций " d " и превышений " h ". Системой призм изображение этих кривых выведено в поле зрения трубы в виде буквы «Г» (рис. 11) и при визировании на рейку наблюдается вместе с ней.

В кипрегеле-автомате КА-2 кривая расстояний " d " нанесена из расчета коэффициента дальномера, равного 100. Кривые коэффициентов превышений +10, +20, -10, -20 указывают повышение («+» - положительное) или понижение («-» - отрицательное) местности. Съемка пикетов и их нанесение на планшет производится следующим образом. Линейка кипрегеля прикладывается к точке стояния (точка теодолитного хода, нанесенная на планшет) и кипрегель наводится на снимаемую точку (пикет), где устанавливается рейка.

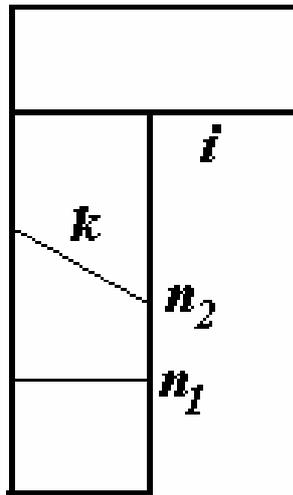


Рис. 11. Шкала горизонтальных проложений и превышений

Начальная дуга "i" устанавливается на высоту инструмента i (рис. 11). Высота инструмента - это расстояние по рейке от земли до трубы кипрегеля, при этом труба должна быть горизонтальна. Высота инструмента измеряется на каждой станции.

Измерение расстояния.

Для определения горизонтального проложения снимают отсчет n_1 на рейке по кривой горизонтальных проложений «d» (рис. 11), вычисляют по формуле:

$$d = (n_1 - i) \cdot 100 \quad (\text{мм})$$

и переводят в метры. Полученное расстояние записывают в журнал измерений мензуральной съемки (см. Приложение 6) и откладывают измерителем по масштабной линейке в заданном масштабе. На планшете от точки стояния инструмента вдоль линейки кипрегеля откладывают измерителем расстояние до пикета и наносят данный пикет условным знаком.

Измерение превышения.

Для определения превышений перед снятием отсчетов по рейке центр пузырька уровня вертикального круга необходимо выводить на середину. Берут отсчеты по рейке по кривой превышений n_2 и записывают коэффициент превышений k (рис. 11). Превышение вычисляют по формуле:

$$h = (n_2 - i) \cdot k \quad (\text{мм})$$

и переводят в метры. Находят высоту пикета H в метрах как

$$H = H_{cm.} \pm h \quad (\text{м}),$$

где $H_{cm.}$ - высота станции в метрах. Высоту пикета подписывают на планшете около его условного знака с точностью до 0,1 м.

Пример.

$$i = 1500 \text{ мм}, \quad n_1 = 1692 \quad d = 100 \cdot (1692 - 1500) = 19200 \text{ мм} = 19,2 \text{ м}$$

$$n_2 = 1596 \text{ мм}, \quad k = -10 \quad h = -10 \cdot (1596 - 1500) = -960 \text{ м} = -0,96 \text{ м}$$

$$H_{cm} = 78,00 \text{ м}, \quad H = 78,00 - 0,96 = 77,04 \approx 77,0 \text{ м}.$$

Все отсчеты измерений и результаты вычислений записывают в полевой журнал мензульной съемки (см. Приложение 6).

5.3. Оформление топографического плана.

После того, как вся полевая работа полностью выполнена и принята преподавателем, приступают к камеральной обработке и оформлению топографического плана. При этом необходимо выполнять следующие положения:

1. Планшеты вычерчиваются согласно требованиям Единой системы топографических условных знаков в заданном масштабе.
2. Планшет вычерчивается в цвете. Черным цветом вычерчиваются опорные пункты, условные знаки ситуации (кроме гидрографической), подписи (кроме надписей вод и высот горизонталей), а также искусственный рельеф (курганы, насыпи, выемки). Коричневым цветом рисуют рельеф, пески, мели и отмели, подписи горизонталей. Голубым цветом вычерчивают очертания вод и водных источников, как естественных, так и искусственных (реки, болота, родники и др.), названия водоемов, надписи, характеризующие урезы вод.
3. Горизонталы проводят способом интерполирования по высотным отметкам пикетных точек. Проведение горизонталей начинают с наиболее ярко выраженных частей рельефа. Сначала рисуют вершины, ямы, седловины и очерчивают горизонталями подошвы возвышенностей, затем намечают части горизонталей по тальвегам и хребтам. Направление скатов отмечается берг-штрихами. Необходимо придерживаться правила: сначала

горизонталы подписываются, а затем проводятся. Голова цифры должна быть направлена на повышение рельефа. На заключительном этапе выполняют сглаживание горизонталей. Выбранная высота сечения рельефа зависит от масштаба плана и формы рельефа участка.

4. После того, как ситуация и рельеф вычерчены, приступают к вычерчиванию рамок. Тонкой линией вычерчивают внутреннюю рамку, затем чертят наружную толстую и около нее с внутренней стороны - тонкую среднюю. Расстояние между внутренней тонкой и внешней рамками равно 14 мм, а между внутренней тонкой и средней – 12,8 мм. Километровая сетка не вычерчивается. Зеленым цветом отмечаются только перекрестья сетки квадратов линиями длиной 3 мм. Квадраты по горизонтали и по вертикали подписываются в целых километрах со всех четырех сторон. Выходы километровой сетки вычерчиваются между внутренней и средней рамками черным цветом. Над северной частью внешней рамки подписывают заголовок плана с указанием района, который он покрывает, и сроки работы. Под южной внешней рамкой подписывают численный масштаб плана, указывается высота сечения рельефа и сведения о том, что съемка выполнена в произвольной системе координат и высот. Вычерчивается масштаб заложений и указывается соотношение между ориентировочными углами. В правом углу под южной внешней рамкой подписывают номер группы и фамилии исполнителей работы.
5. С окончательно оформленного планшета снимается калька высот, контуров и горизонталей.

6. БАРОМЕТРИЧЕСКОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ

6.1. Краткие сведения из теории.

Барометрическое нивелирование - это наиболее быстрый и простой метод приближенного определения превышений и высот точек местности. Оно применяется при общем знакомстве с рельефом местности, для быстрого измерения относительных высот в экспедиционных условиях и в процессе

географических исследований, а также для съемки рельефа в горной и высокогорной местности. Главным преимуществом барометрического нивелирования перед другими видами является то, что барометрическое наблюдение может производиться почти в любых точках местности, так как не требуется взаимной видимости между точками. Недостатком его является низкая точность определения превышений.

Барометрическое нивелирование основано на определенной зависимости атмосферного давлений и температуры воздуха от высоты местности. С увеличением высоты давление уменьшается, причем изменение атмосферного давления происходит не строго пропорционально изменению высоты местности. Эта зависимость выражается полной барометрической формулой, учитывающей атмосферное давление, температуру и влажность воздуха, ускорение свободного падения, зависящее от широты места наблюдений. Полная барометрическая формула довольно сложна и трудоемка для вычислений. Для получения параметров, входящих в нее, требуется специальное зондирование атмосферы. Поэтому применяют сокращенные барометрические формулы. Чаще пользуются формулой Бабинне:

$$h = 16000 \cdot [1 + 0,004 \cdot (t_1 + t_2)/2] \cdot [(B_1 - B_2) / (B_1 + B_2)]$$

где B_1, B_2 - показания ртутного барометра в миллиметрах ртутного столба в точках 1 и 2, t_1, t_2 - температура воздуха в градусах в точках 1 и 2. По формуле Бабинне составлены таблицы барометрических (барических) ступеней высот. Барометрическая ступень (ΔH) - это величина, показывающая на сколько метров изменяется высота при изменении атмосферного давления на 1 мм ртутного столба. С учетом барометрической ступени ΔH формула для вычислений превышений примет простой вид:

$$h = \Delta H \cdot (B_1 - B_2)$$

Значение барометрической ступени можно найти по специальным таблицам. Таблицы составлены по аргументам

$$B_{cp} = (B_1 + B_2) / 2 \quad \text{и} \quad t_{cp} = (t_1 + t_2) / 2$$

При барометрическом нивелировании давление измеряют по барометру-анероиду. Для нахождения окончательного значения атмосферного давления B показание A барометра-анероида необходимо внести следующие поправки:

$$B = A + a + \varepsilon \cdot t_a + C(N - A),$$

где $C(N - A)$ - шкаловая поправка, учитывает нелинейность шкалы отсчетов, $\varepsilon \cdot t_a$ - температурная поправка (ε - температурный коэффициент, t_a - температура анероида), a - добавочная поправка, возникающая из-за неточного учета шкаловой и температурной поправок, а также наличия механических погрешностей прибора. Значения всех поправок указаны в паспорте анероида.

Точность определения превышений путем барометрического нивелирования зависит главным образом от условий в атмосфере. Работа может производиться при ее устойчивом состоянии, когда не предвидится грозы, нет сильного ветра и т.д. В летнее время барометрическое нивелирование рекомендуется проводить в первые четыре часа после восхода Солнца или в последние четыре часа перед заходом. Однако и при благоприятных условиях необходимо учитывать изменение давления в течение суток. С этой целью нивелирование проводится по замкнутому ходу. При этом в начальной точке получают два разных значения давления вследствие изменения температуры воздуха и суточного хода давления. Поэтому во все показания анероида на точках вводят поправку за время и получают значения давления, приведенные к одному моменту времени.

6.2. Производство барометрического нивелирования.

Барометрическое нивелирование осуществляется бригадами из 2-х человек по замкнутому маршруту из 4-6 пунктов. Для барометрического нивелирования бригада получает: анероид, термометр, таблицу барометрических ступеней, журнал барометрического нивелирования. Хотя бы у одного члена бригады должны быть часы. Барометрическое нивелирование начинается с репера с известной высотой. Затем обходятся все точки маршрута и заканчивается нивелирование на исходной точке. При производстве барометрического нивелирования необходимо соблюдать следующие рекомендации:

- 1) перед снятием отсчетов на точке необходимо открыть футляр anerоида и держать его открытым в течение 4-6 минут для того, чтобы anerоид принял температуру и давление окружающего воздуха;
- 2) anerоид держат на высоте груди приблизительно горизонтально;
- 3) измерения производят в тени (anerоид заслоняют от прямых солнечных лучей);
- 4) перед снятием отсчета следует слегка постучать пальцем по центру стеклянной крышки anerоида для преодоления инерции стрелки и, беря отсчет, располагать глаз прямо над стрелкой;
- 5) отсчет давления определяют 3-4 раза и берут средний отсчет;
- 6) для определения температуры воздуха термометр выдерживают в течение 2-3 минут;
- 7) со всеми приборами обращаться бережно и осторожно, так как и anerоид и термометр содержат ртуть, опасную для здоровья человека.

Основные этапы работы на станции.

1. Запись времени наблюдения
2. Измерение температуры воздуха
3. Определение температуры anerоида
4. Взятие отсчета по стрелке anerоида

Все отсчеты записываются простым карандашом в журнал барометрического измерения. (Приложение 7, графы 3-6). Оставшиеся графы журнала заполняются в процессе камеральной обработки.

6.3. Камеральная обработка барометрического нивелирования.

Камеральную обработку барометрического нивелирования выполняют путем последовательного заполнения граф журнала барометрического нивелирования (см. Приложение 7).

В графы 7-9 из технического паспорта anerоида выписывают значения поправок anerоида для соответствующих показаний давления и температуры anerоида. В графе 10 вычисляют общую сумму всех поправок (графа 7 + графа 8 + графа 9).

В графе 11 записывается значение измеренного давления с учетом поправок анероида (графа 6 + графа 10).

Для приведения всех показаний к одному моменту времени в графе 12 вычисляется поправка к показаниям давления за интервалы времени $(t_2 - t_1)$, $(t_3 - t_2)$, $(t_4 - t_3)$, $(t_5 - t_4)$, $(t_5 - t_1)$. В графе 13 записывают показания давления (графа 11+ графа 12), приведенные к одному моменту времени.

Контроль. Значения показания давления воздуха в точке 1 в начале и в конце барометрического хода (графа 13) должны быть одинаковыми.

Для нахождения барометрической ступени в графах 14-15 записывают средние значения показания давления и температуры воздуха для двух соседних станций, например, $B_{cp} = (B_2 + B_3)/2$ и $t_{cp} = (t_2 + t_3)/2$. Средние значения записывают между строк. С помощью таблиц барометрического нивелирования для каждого показания по аргументам B_{cp} и t_{cp} находят барометрическую ступень ΔH и записывают ее значение в графу 16.

В графу 17 записывают разность давлений между двумя соседними станциями с учетом знака, например, $(B_2 - B_1)$. По формуле (стр. 34) вычисляют превышения

$$h = \Delta H \cdot (B_{i+1} - B_i)$$

и записывают значения h в графу 18.

Контроль. В замкнутом ходе сумма всех превышений равна нулю $\sum h = 0$. Но в результате ошибок измерений получают некоторую невязку $f_{изм}$, равную

$$f_{изм} = \sum h.$$

Предельная невязка не должна превышать следующего значения

$$f_{изм} \leq \sqrt{n} \quad (\text{м}),$$

где n – число станций.

Невязку $f_{изм}$ распределяют с обратным знаком на все превышения и вычисляют увязанные превышения (графа 19).

Контроль. Сумма всех увязанных превышений равна нулю $\sum h = 0$.

В графе 21 вычисляют значения высот станций в метрах как

$$H_{i+1} = H_i \pm h$$

Высота станции 1 является исходной, ее высота известна.

7. GPS-ПРИЕМНИКИ

7.1. Общие сведения.

GPS – начальные буквы названия глобальной системы определения координат – **Global Positioning System**.

GPS – это система, которая позволяет определить местоположение объекта, т.е. определить его широту, долготу и высоту над уровнем моря, а также направление и скорость его движения. Кроме того, с помощью GPS можно определить время с точностью до 1 наносекунды.

GPS состоит из определенного количества искусственных спутников Земли (спутниковой системы NAVSTAR) и наземных станций слежения, объединенных в общую сеть. В качестве абонентского оборудования служат индивидуальные GPS-приемники, способные принимать сигналы со спутников и по принятой информации вычислять свое местоположение.

В состав спутниковой системы NAVSTAR входят 24 ИСЗ, находящихся на 6 различных круговых орбитах и расположенных под углом 60° друг к другу. Период обращения каждого спутника – 12 часов. Орбиты спутников и время их обращения подобраны таким образом, чтобы с каждой точкой Земли одновременно можно было "видеть" не менее 4 спутников. Вес каждого спутника около 800 кг, размер более 5 м, включая солнечные батареи. На борту каждого спутника установлены атомные часы, обеспечивающие точность 10^{-9} сек, вычислительно-кодирующее устройство и передатчик мощностью 50 Вт, излучающий на частоте 1575,42 МГц.

Начало работы системы NAVSTAR можно считать февраль 1978 года, когда на орбиту был выведен первый спутник системы. Средний срок службы одного спутника приблизительно 10 лет, поэтому в программу входит постоянное производство и выведение на орбиту новых спутников на смену использовавшим свой ресурс.

Стоимость постройки и запуска 24 спутников составляет около 12 миллиардов долларов.

Каждую миллисекунду спутники передают на Землю следующую информацию:

- свой статус (сообщение об исправности или неисправности);
- текущую дату; текущее время;
- данные альманаха (информация о том, в каком месте небесной сферы должен находиться каждый спутник в любое момент времени в течение суток, т.е. орбитальные данные всех спутников);
- точное время отправки всей совокупности сообщений.

GPS-приемник на основании полученной со спутников информации определяет расстояние до каждого спутника, их взаимное расположение и вычисляет свои координаты по геометрическим формулам. При этом для определения 2-х координат (широта и долгота) достаточно получить сигналы от трёх спутников, а для определения высоты над уровнем моря – от четырёх.

Поскольку скорость распространения радиосигналов постоянна и равна скорости света, расстояние до спутников определяется по задержке времени приема сообщения GPS-приемником относительно времени отправки сообщения с борта спутника. Для точного определения этой задержки часы на спутниках и часы в GPS-приемнике должны быть синхронны, что обеспечивается синхронизацией часов приемника по информации, содержащейся в сигналах спутников. Так как часы приемника не так совершенны, как атомные часы спутников, то при одновременном определении трех координат (долготы, широты и высоты точки над принятым в расчетах земным эллипсоидом) необходимо выполнить четыре измерения, чтобы исключить погрешность временной привязки часов приемника к единому системному времени.

Необходимость в 4-х измерениях самым существенным образом сказывается на проектировании GPS-приемников. Если необходимо выполнять непрерывное координирование в реальном масштабе времени, то следует использовать приемник, имеющий, по крайней мере, четыре канала измерений. То есть такой приемник, у которого с каждым из четырех спутников постоянно работает отдельный канал приема и канал первичной обработки сигналов.

Координаты и высоты точек, определяемые с помощью GPS-приемников, содержат некоторые погрешности. Основным источником погрешностей при определении местоположения ранее являлось наличие так называемого режима "ограниченного доступа". В этом режиме в сигналы спутников Министерством обороны США априорно вводилась погрешность, позволяющая определять местоположение с точностью 30-100 м, хотя принципиально точность GPS-системы может достигать нескольких сантиметров. С 1 мая 2000 года режим "ограниченного доступа" был отключён. Другими источниками погрешностей являются неудачная геометрия взаимного расположения спутников, многолучевое распространение радиосигналов (влияние переотраженных радиоволн на приемник), ионосферные и атмосферные задержки сигналов и др.

Система GPS позволяет определить местоположение в любой точке на суше, на море и в околоземном пространстве. В зависимости от области применения приемника, а также от его стоимости, которая может колебаться от сотен до нескольких тысяч долларов, исполнение GPS-приемников весьма разнообразно. В настоящем пособии рассмотрены персональные GPS приемники индивидуального применения. Эти модели отличаются малыми габаритами и широким набором сервисных функций: от базовых навигационных, включая возможность формирования и расчета маршрутов следования, до функции приема и передачи электронной почты.

Следует отметить, что кроме системы GPS существует также и другая навигационная система определения местоположения объекта. Отечественной военно-космической промышленностью создана альтернативная спутниковая система ГЛОНАСС. Однако, несмотря на более высокую точность определения местоположения, ее надежность и потребительские характеристики существенно

ниже, чем у системы NAVSTAR, и на сегодняшний день широкого распространения у гражданских потребителей эта система пока не получила.

7.2. Работа с приемником

Встроенная
В данном пособии

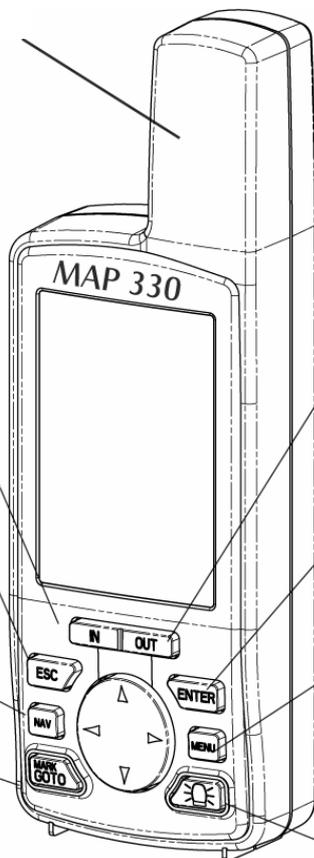
рассмотрены основные

IN – увеличение масштаба карты (одинарное нажатие увеличит масштаб на один уровень; для увеличения масштаба сразу на несколько уровней нажмите и удерживайте кнопку).

ESC – отмена действия, вызванного предыдущим нажатием любой клавиши. Позволяет также переключать Навигационные экраны ("NAV") в обратном порядке.

NAV – доступ к различным Навигационным экранам ("NAV").

GOTO – используется для создания маршрута "Прямо к" до любой путевой точки, а также для сохранения координат текущего местоположения.



OUT – уменьшение масштаба карты (одинарное нажатие уменьшит масштаб на один уровень; для уменьшения масштаба сразу на несколько уровней нажмите и удерживайте кнопку).

MENU – доступ к меню текущего экрана. Также доступ к путевым точкам, маршрутам и функциям установки.

ENTER – подтверждение ввода данных или выбора меню.

PWR – включение/выключение приемника. Также используется для включения/выключения подсветки.

принципы работы с GPS-приемником на примере **Magellan MAP 330**.

Рис.2 Основные кнопки управления приемником Magellan MAP 330

Для включения приемника нужно нажать клавишу "**PWR**". После включения на дисплее приемника будет выведено предупреждение о том, что вся информация, полученная с помощью данного прибора, носит рекомендательный характер. С этим предупреждением необходимо согласится, нажав клавишу "**ENTER**", иначе приемник выключится.

При включении на дисплее будет отображаться тот навигационный экран, который Вы использовали последним. Если это был экран с картой, то масштаб карты будет таким, каким Вы его установили в последний раз.

Для выключения приемника также нужно нажать клавишу **"PWR"**.

В приемнике предусмотрена такая опция как подсветка, позволяющая работать с приемником в условиях слабой освещенности. Однако следует помнить, что подсветка вызывает интенсивную разрядку батарей. Обычный срок работы двух щелочных (Alkaline) батарей размера AA составляет 10-12 часов без использования подсветки.

Поскольку прибор получает необходимую ему информацию от спутников желательно обеспечить антенне приемника наилучший обзор неба. Это позволяет использовать информацию от всех спутников, находящихся в зоне видимости. При плохом обзоре неба, например, среди крутых холмов, вблизи зданий, под густой листвой или при наличии других помех, затрудняющих прохождение спутниковых сигналов, определение местоположения может занять длительное время.

В приборе предусмотрено несколько навигационных экранов, которые можно задействовать (или отключить), используя МЕНЮ приемника.

Доступ к навигационным экранам осуществляется нажатием кнопки **"NAV"** или **"ESC"** из любого экрана.

Экран "Спутники". Этот экран позволяет следить за тем, какие спутники находятся в зоне видимости, и какие из них используются приемником в данный момент. Столбики показывает величину принимаемых сигналов. В нижней части экрана выводится информация о заряде батарей.

Экран "Карта". Этот экран имеет два режима: "местоположение" и "курсор". В режиме "местоположение" текущее местоположение указывается большой стрелкой в середине экрана. При движении стрелка указывает направление движения. В нижней части экрана указывается масштаб используемой карты и размещены два информационных поля, которые можно либо убрать с экрана, либо настроить для отображения в них необходимой информации. В режиме "курсор", на экране отображается курсор, который можно

передвигать по карте. В нижней части экрана теперь отображается информация о местоположении курсора относительно текущего местоположения, а также названия географических пунктов, рядом с которыми находится курсор.

Чтобы перейти к режиму "курсор" нажмите любую кнопку со стрелкой. С помощью этих же кнопок со стрелками можно перемещать курсор по карте. Для возвращения к режиму "местоположение" достаточно нажать "**ESC**". Курсор исчезнет, и появится большая стрелка посередине экрана, указывающая текущее местоположение.

Следует отметить, что для полноценного использования этого экрана может потребоваться загрузка карты для данной местности.

Экран "Компас". Этот экран имеет смысл использовать только во время движения. Его можно настроить для вывода любой необходимой информации. По умолчанию на экране кроме направления движения указывается относительное расположение Солнца, Луны и пункта назначения (при движении по маршруту).

Экран "Крупные данные". По своему назначению этот экран аналогичен предыдущему, однако, вместо изображения компаса весь дисплей выделен под отображение крупным форматом навигационной информации. Данные на экране могут быть считаны с достаточно большого расстояния.

Экраны "Позиция". Экраны "Позиция" 1 и 2 предназначены для отображения текущего местоположения в той системе координат, которая была выбрана в меню "Установки".

В следующей главе содержится информация по выбору и использованию системы координат и референц-эллипсоида. Если приемник уже настроен должным образом, то проводить дополнительные операции с ним не нужно.

В случае, когда определяются прямоугольные координаты точки, следует учитывать, что точность определения координат прибором составляет 3-5 м. Однако если произвести измерение координат точки и затем снова вернуться к ней через какое-то время, то полученные результаты могут отличаться на десятки метров. Так как точность прибора, по сути, представляет собой среднеквадратичное отклонение полученных результатов от некоторого

"истинного" значения, то рекомендуется производить несколько замеров на каждой из точек (конечно, если в этом есть необходимость).

Но несмотря даже на предельную точность в 3-5 м, использование прибора для геодезических целей имеет вспомогательный характер, и, конечно же, не может заменить геодезической съемки.

Использование GPS-приемников, тем не менее, существенно облегчает и убыстряет работу в тех случаях, когда не требуется съемка местности, а используется возможность определения примерных координат на местности и занесение интересующих объектов в память прибора.

Для того чтобы сохранить в памяти приемника координаты точки, имеющей значение для целей работы, можно воспользоваться меню прибора. Однако для убыстрения этого действия можно просто нажать и удерживать кнопку **"GOTO"** (**"MARK"**) более 2 секунд. В этом случае появится диалоговое окно, где данной точке можно дать название или написать комментарий. В зависимости от модели приемника в его памяти можно сохранить от 50 точек. В дальнейшем запись можно редактировать, удалять, использовать для составления маршрута и т.д.

Поскольку данное пособие не имеет своей целью полностью отразить возможности GPS-приемников и методы их использования, заинтересованный пользователь может обратиться к руководству, поставляемому с приборами, для уточнения интересующих его деталей.

7.3. Определение координат

Координаты точки, на которой в данный момент находится приемник, отображаются на экране "Позиция". Однако прежде чем использовать выведенные данные, следует убедиться, что настройка приемника произведена и все необходимые установки выполнены.

Приемник позволяет определять координаты точки в двух системах координат одновременно. Настройка систем координат и выбор соответствующего референц-эллипсоида осуществляется в меню "Установки" приемника.

Из доступных систем координат наиболее информативными представляются Широта/Долгота (географические координаты точки) и UTM (UTM Universal Transverse Mercator – координаты в системе метрической сетки, используемой в большинстве крупно- и среднемасштабных топографических карт).

Проекция **Гаусса-Крюгера**, используемая в нашей стране, и **Universal Transverse Mercator (UTM)** – это разновидности поперечно-цилиндрической проекции (Transverse Mercator). Воображаемый цилиндр, на который происходит проекция, охватывает земной эллипсоид по меридиану, называемому центральным (осевым) меридианом зоны. В проекции **Гаусса-Крюгера** цилиндр касается эллипсоида по центральному меридиану, масштаб (scale) вдоль него равен 1.

UTM – это проекция на секущий цилиндр и масштаб равен единице вдоль двух секущих линий, отстоящих от центрального меридиана на 180 000 м. Поэтому масштаб по центральному меридиану для этой проекции равен 0,99960.

Выбор референц-эллипсоида – позволяет устанавливать тип референц-эллипсоида для согласования с эллипсоидом, используемым в карте. Если при работе с приемником используется карта, а эллипсоиды карты и приемника не согласованы, то могут появиться расхождения в определении и отображении координат. В геоцентрической системе размеры эллипсоида, ориентация и положение его центра выбираются следующим образом:

- объем эллипсоида предполагается равным объему геоида;
- большая полуось эллипсоида лежит в плоскости экватора геоида;
- малая полуось направлена по оси вращения Земли;
- среднеквадратичное отклонение поверхности эллипсоида от поверхности

геоида минимально по всей территории земного шара.

Для создания топоцентрической системы координат эллипсоид располагается таким образом, чтобы для заданной территории среднеквадратичное отклонение поверхности эллипсоида от поверхности геоида было минимальным. При этом отклонения на другой стороне Земли могут быть велики – в данном случае это не имеет значения.

Система **WGS84**, используемая в большинстве стран Западной Европы, а также российская **SGS85** являются геоцентрическими системами координат на эллипсоидах GRS80 и SGS85 соответственно. В системе NAVSTAR используется WGS84, а в системе GLONASS – SGS85.

В России обычно используются карты, составленные в системе координат Пулково-1942 г. Она базируется на эллипсоиде Красовского, который лучше всего подходит для нашей страны. Отклонения эллипсоида Красовского от геоида на территории СНГ не превышают 150 м.

Эллипсоид	Использовани е	Большая полуось, a м.	Малая полуось, b м.	Сжатие $f = \frac{a-b}{a}$
Красовского (1940)	Россия и др.; Пулково-1942	6378245	6356863	1/298,3
международный	WGS84	6378137	6356752,31425	1/298,25722356

По умолчанию используемой системой является **WGS84**, и поэтому координаты, определенные в этой системе, будут отличаться от координат, принятых в нашей стране. К сожалению, системы координат Пулково-1942 г. (эллипсоид Красовского) среди встроенных в приемнике нет. Однако есть возможность настроить систему координат самостоятельно – "**User**" ("пользовательская"). В этом случае необходимо ввести параметры преобразования от одного эллипсоида к другому.

Информацию о параметрах перехода следует брать из соответствующей литературы или источников.

Кроме координат на экране "Позиция" отображается также превышение над уровнем соответствующего эллипсоида. Поэтому полученные данные нельзя ни в коем случае рассматривать как высоту точки над уровнем моря – это неверно! Также было бы неверным определять этим способом превышение одной точки над другой, так как поверхности геоида и выбранного эллипсоида могут не быть

параллельны. Кроме того, ошибки при определении превышений могут быть особенно большими – производители оценивают погрешность прибора по высоте в десятки метров.

Также при нажатии стрелок "◀" и "▶" при задействованном экране "Позиция" можно воспользоваться такой функцией прибора как "Километраж". В этом случае на экране отображается пройденное расстояние от места последнего обнуления счетчика. Несмотря на то, что счетчик показывает расстояние с точностью до двух цифр после запятой, к полученным данным следует относиться критически. Следует понимать, что из-за имеющихся неточностей при определении координат и прочих погрешностей реально пройденное расстояние может отличаться от показываемого счетчиком (наиболее достоверными являются целые значения).

Параметр	Значение	Описание
DX	+23.92	Смещение эллипсоида по оси X
DY	-141.27	Смещение эллипсоида по оси Y
DZ	-80.9	Смещение эллипсоида по оси Z
DA	-108.0	Разница в длине между большими полуосями (a) эллипсоидов WGS-84-Красовского
DF	+0.004808	Масштабированная разность сжатий $(f_1 - f_2) * 10000$ эллипсоидов WGS-84 и Красовского

8. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Для отчета весь материал подшивается в папку. Все работы, прежде чем они будут подшиты, должны быть проверены руководителем. На лицевую сторону папки наклеивается титульный лист, оформленный следующим образом:

Казанский государственный университет

Геологический факультет

Отчет по летней учебной топографической практике

Бригада № 2, группа 341

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

Руководитель практики:

Казань 2005

На обратной стороне составляется список материала, содержащегося в папке.

Содержание.

1. Теодолитный ход

- 1) Абрис
- 2) Журнал угловых измерений и измерений расстояний
- 3) Ведомость координат
- 4) План теодолитного хода

2. Нивелирный ход

- 1) Журнал нивелирного хода
- 2) План нивелирного хода
- 4) Продольный профиль

3. Тахеометрическая съемка

- 1) журналы тахеометрической съемки с абрисами

4. Мензурная съемка

- 1) Журналы мензурной съемки

5. Барометрическое нивелирование

- 1) Журнал барометрического нивелирования

6. Топографический план участка местности

- 1) Топографический план участка местности, выполненный на ватмане
- 2) Топографический план участка местности, выполненный в цвете на кальке
- 3) Калька высот
- 4) Калька контуров
- 5) Калька горизонталей

К отчету обязательно прилагается справка о том, что все инструменты бригадой сданы. Справка выдается инженером кафедры астрономии. Без справки преподаватель не имеет право принимать зачет у всех членов бригады.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.С.Харченко, А.П.Божок. Топография с основами геодезии. М., 1986, 304 с.
2. Г.В. Господинов, Б.Н.Сорокин. Топография. М., 1974, 359 с.
3. М.Г. Ишмухаметова. Решение задач по топографической карте. КГУ, Казань, 2001, 80 с.

<http://www.indel.by/stati1.html>

<http://www.gpshome.ru/allaboutgps/articles/whatis.shtml>

<http://ne-grusti.narod.ru/Glossary/>

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения.....	3
2. Правила обращения с геодезическим оборудованием.....	4
3. Программа практики.....	5
4. Построение планово-высотного обоснования.....	6
4.1. Проложение теодолитного хода	6
4.2. Нивелирование точек планово-высотного обоснования.....	15
4.3. Подготовка планшета и накладна плана.....	20
5. Съёмка ситуации и рельефа.....	21
а. Тахеометрическая съёмка.....	21
б. Мензуральная съёмка.....	26
с. Оформление топографического плана.....	30
6. Барометрическое нивелирование.....	31
6.1. Краткие сведения из теории.....	31
6.2. Производство барометрического нивелирования.....	33
6.3. Камеральная обработка барометрического нивелирования....	34
7. GPS – приемники.....	36
7.1. Общие сведения.....	36
7.2. Работа с приемником Garmin - 72.....	40
7.3. Работа с приемником Magellan Map - 330.....	45
7.4. Определение координат с помощью GPS – приемников.....	48
8. Оформление отчета.....	52
Приложения.....	54
Литература.....	62

