Федеральное агентство по образованию

Тюменский государственный архитектурно-строительный университет

Кафедра Геодезии и фотограмметрии

Отчет о летней геодезической практике

Тюмень, 2009

**Введение**

**Цель работы**: проложить замкнутый и диагональный теодолитные ходы, провести теодолитную съемку, техническое нивелирование, тахеометрическое нивелирование, тахеометрическую съемку, выполнить вынос здания на местность, прямую, линейную, угловую, линейно-угловую засечки.

**Объектом исследования** является сквер Депутатов.

Размещение теодолитного хода осуществляется на местности. Требования к проекту:

1. Стороны участка должны быть от 20 – 100 м.
2. Максимальное число точек 8.
3. При тахеометрическом нивелировании снимать не менее 10 точек.

**1. Ознакомление с геодезическими приборами**

**1.1 Теодолит 4Т30**

Теодолит 4Т30 предназначен для измерения углов в триангуляции и полигонометрии 3 и 4 классов, для астрономических наблюдений, определения магнитных азимутов и измерения расстояний с использованием нитяного дальномера зрительной трубы. Теодолит может быть широко использован для развития сетей сгущения, исследования деформаций зданий и сооружений, производства разбивочных работ и т.п.

Теодолит (рис. 1) имеет следующие основные особенности. Отсчетное устройство позволяет брать отсчеты с противоположных сторон угломерных кругов, что исключает влияние их эксцентриситетов; в поле зрения отсчетного микроскопа введены цифровые указатели десятков минут для упрощения отсчета. Наводящие винты зрительной трубы и алидады горизонтального круга соотнесены с соответствующими закрепительными винтами куркового типа.

Обе пары винтов расположены с одной стороны теодолита для быстрого перехода от наведения зрительной трубы по азимуту к наведению в вертикальной плоскости.

Зрительная труба 4 (рис. 2) обеими концами переводится через зенит и фокусируется на предмет вращением кремальеры 10. Окуляр 11 устанавливается по глазу наблюдателя вращением диоптрийного кольца до появления четкого изображения сетки нитей (рис. 3). Два горизонтальных штриха выше и ниже центра сетки относятся к нитяному дальномеру. Коллиматорные визиры 6 (рис. 2) предназначены для грубой наводки на цель. При пользовании визиром глаз от него должен быть на расстоянии 25-30 см.

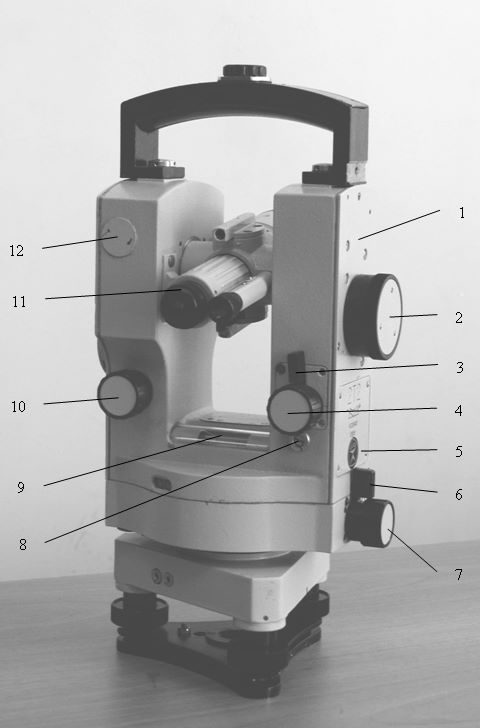


Рис. 1. Теодолит 4Т30 при положении круг лево (КЛ): 1- крышка боковая; 2- рукоятка микрометра; 3, 6- винты закрепительные куркового типа; 4, 7- винты наводящие; 5- крышка; 8- винт уровня юстировочный; 9- уровень при алидаде горизонтального круга; 10-винт уровня установочный при алидаде вертикального круга; 11- колпачок; 12- пробка.

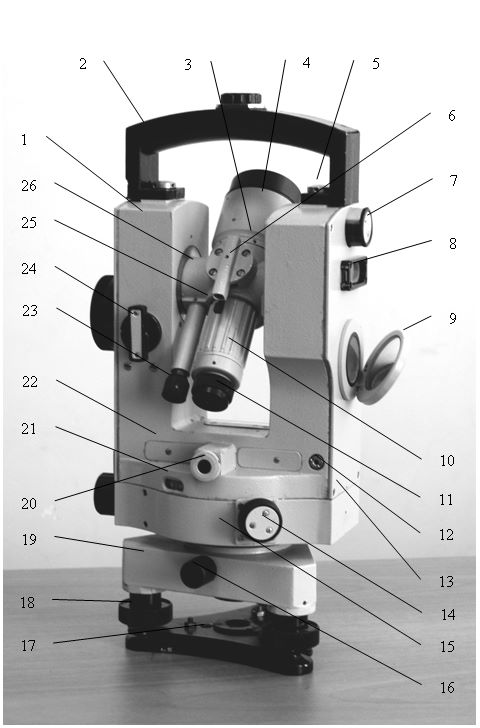


Рис. 2. Теодолит 4Т30 при положении круг право (КП): 1- колонка; 2- ручка; 3- кольцо клиновое; 4- труба зрительная; 5- винт; 6- визир коллиматорный; 7- призма-лупа поворотная; 8- окно; 9- зеркало; 10- кремальера; 11- окуляр зрительной трубы; 12- гнездо штекерное; 13- крышка боковая; 14- рукоятка; 15- корпус низка; 16- винт подставки закрепительный; 17- пружина трегера; 18- винт подъемный; 19- подставка; 20- окуляр оптического центрира; 21- иллюминатор круга-искателя; 22- крышка; 23- окуляр микроскопа; 24- рукоятка переключателя; 25- флажок отражателя; 26- ось горизонтальная

Зрительная труба крепится в горизонтальной оси 26. Для устранения коллимационной ошибки между корпусом трубы и осью установлено клиновое кольцо 3, вращением которого изменяется направление визирной оси относительно горизонтальной.

Зрительная труба наводится на цель вращением вокруг горизонтальной оси и вращением колонки 1 теодолита вокруг вертикальной оси. При открепленных винтах 3, 6 (рис. 1) вращение производится вручную, а наведение на цель- коллиматорным визиром; при закрепленных -производится точное совмещение изображения визирной цели с изображением центра сетки наводящими винтами 4, 7. Смена участков горизонтального круга осуществляется вращением рукоятки 14 (рис. 2) при нажатии на нее вдоль оси вращения. Для контроля установки горизонтального круга при смене его участков между приемами используется круг-искатель, отсчет по которому устанавливается по индексам на иллюминаторах 21.

Поворотом и наклоном зеркала 9 достигается оптимальное освещение поля зрения. Вращением диоптрийного кольца окуляр микроскопа 23 устанавливается по глазу.

**1.2 Нивелир 3Н-5Л**

Малогабаритный нивелир 3Н-5Л относится к глухим нивелирам технической точности.

Основные преимущества рассматриваемого прибора: малый вес (1,4 кг), небольшие размеры (148х134х126 мм), простота конструкции, обеспечивающая высокую надежность в работе. Он удобен для работы в различных условиях: на строительной площадке, в сложной экспедиционной обстановке, в труднодоступных районах, в сельском хозяйстве и т.д. В отличие от нивелиров других типов вибрации механизмов не влияют на показания прибора. Удобство в работе обеспечивается также оптимальной конструкцией наводящего устройства, расположением уровней и рукояток управления, подсветкой цилиндрического уровня и др.

Нивелир имеет зрительную трубу прямого изображения с внутренней фокусировкой. Увеличение зрительной трубы 20х, угловое поле зрения 2°. Для снижения влияния одностороннего нагрева на показания нивелира зрительная труба и цилиндрический уровень с ценой деления 45″ помещены внутри корпуса 12 (рис.6)верхней части прибора. Объектив 11 зрительной трубы выведен наружу, на его оправу надеть линзовую насадку для визирования на рейку, установленную ближе 1,2м.

Вращением диоптрийного кольца 1 (рис.7) окуляр устанавливают по глазу до получения четкого изображения штрихов сетки нитей. Кремальерой 2 зрительную трубу фокусируют при наведении на рейку.

На верхней грани корпуса 12 (рис.6) имеется продольный прилив 13, выполняющий роль механического визира для предварительного наведения зрительной трубы нивелира на рейку.

Цилиндрический уровень подсвечивается белым экраном 4. Зеркало 2 служит для удобства наблюдения за положением пузырька уровня.

Непараллельность оси цилиндрического уровня визирной оси зрительной трубы устраняется с помощью двух гаек 3, доступ к которым открыт через окно. Верхняя часть нивелира связана с корпусом низка 10 безлюфтовым пружинным шарниром и может наклоняться относительно низка с помощью элевационного винта 3 (рис.6).

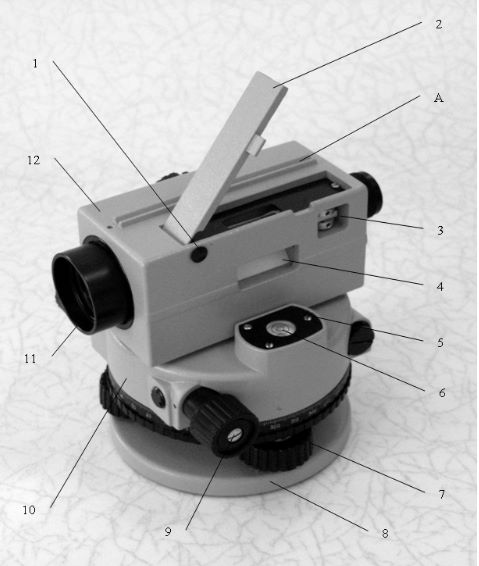


Рис. 6. Общий вид нивелира 3Н-5Л: 1- заглушка; 2- зеркало; 3- юстировочные гайки цилиндрического уровня; 4- белый экран; 5- юстировочные винты круглого уровня; 6- круглый уровень; 7- подъемный винт; 8- подставка; 9- наводящий винт; 10- корпус низка; 11- объектив; 12- корпус; А- продольный прилив (механический визир)

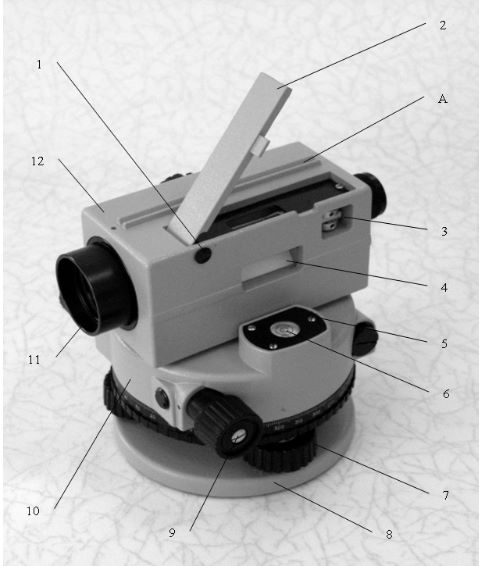


Рис.7. Нивелир 3Н-5Л (вид со стороны окуляра): 1- диоптрийное кольцо; 2- кремальера; 3- элевационный винт; 4- металлический лимб; 5- индекс; 6- гайка

Осевая система нивелира расположена внутри корпуса 10 (рис.6), она снабжена червячной передачей и фрикционным устройством, позволяющим свободно вращать вокруг оси и в то же время выполнять точное наведение на рейку без ограничения угла поворота. Рукоятки наводящего винта 9 расположены по обе стороны прибора, что делает одинаково удобной работу как правой, так и левой рукой.

На верхней грани корпуса низка находится круглый (установочный) уровень 6 с ценой деления 10′, служащий для приведения основной оси прибора в отвесное положение. Для юстировки круглого уровня служат винты 5.

Между корпусом низка и подставкой 8 расположен металлической лимб 4 (рис.7), который можно вращать, взявшись за накатанный поясок, и установить в нужное положение. Отсчет по лимбу, цена деления которого составляет 1°, производится при помощи индекса 5. При вращении нивелира лимб остается неподвижным.

Подъемными винтами 7 (рис.6) основную ось прибора устанавливают в отвесное положение, приводя пузырек круглого уровня в нуль-пункт. Подъемные винты связаны с трегером подставки сферическими шарнирами. Ход подъемных винтов регулируют винтами, видимыми с нижней стороны трегера подставки. В центре трегера находится резьбовое отверстие для крепления нивелира на штативе.

геодезический теодолит нивелир тахеометр

**1.3 Электронный тахеометр 3Та5**

Электронный тахеометр 3Та5 (рис.17) предназначен для выполнения крупномасштабных топографических съемок, для создания планово-высотного обоснования, для выполнения исполнительных съемок застроенных и застраиваемых территорий, для автоматизированного решения различных инженерно-геодезических задач (определение координат невидимой точки объекта прямоугольной формы, вычисление площади земельного участка, определение недоступных расстояний, определение высоты недоступной точки, вынос запроектированной точки в натуру). Тахеометр может быть использован для измерения горизонтальных и вертикальных углов, получения полярных координат, горизонтальных проложений и превышений, вычисления прямоугольных координат и записи результатов измерений и вычислений в карту памяти объемом 1Мб (11000 пикетов). Средняя квадратическая ошибка измерения горизонтального угла одним приемом не превышает 5″, вертикального угла или зенитного расстояния 7″, наклонного расстояния- (5+3\*10-6D) мм, где D- определяемое расстояние в мм. Диапазон измерения вертикального угла (угла наклона) +45°…-45°, зенитного расстояния 45°-135°, наклонного расстояния 2-1000 м с одной призмой, 2-2000 м с шестью призмами. Температурный диапазон работы от -20° до +50°. Диапазон атмосферного давления 450-800 мм рт.ст. В комплект тахеометра входят: сам прибор с картой памяти, подставкой, оптическим центриром, дискетой, блоком контрольного отсчета (БКО), комплектом ЗиП, паспортом и инструкцией по эксплуатации; две вехи отражателя с уровнем, две подставки с оптическим центриром, три деревянных штатива, инструмент для измерения высоты прибора, состоящий из вехи с уровнем и трех переходников, два однопризменных отражателя, устанавливаемых на вехи отражателя, четыре источника питания (аккумуляторные батареи), обеспечивающих напряжение от 6,5 до 8,6 В, интерфейсный кабель для подключения к компьютеру, два разрядно-зарядных устройства, два переходника для подключения к клеммам аккумуляторной батарей, силовой кабель для подключения к разъемам на тахеометре, соединитель для подключения разрядно-зарядного устройства к питанию от автомобильного прикуривателя, понижающее устройство для питания тахеометра от источника постоянного тока с выходным напряжением от12 до 16 В, набор футляров, мешков и пакетов для транспортировки прибора. Масса собственно тахеометра 5,6 кг, однопризменного отражателя 0,5 кг, штатива 5,5 кг, вехи 1 кг. Габариты прибора 355×190×170 мм.

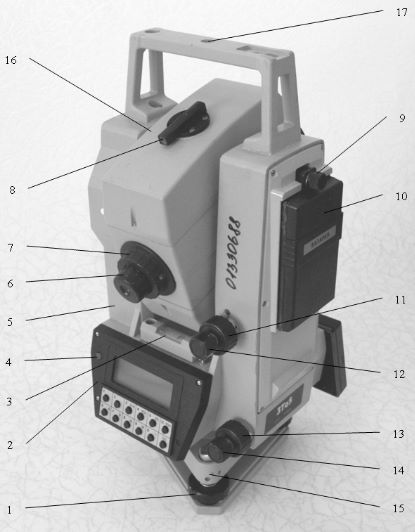


Рис. 8. Тахеометр 3Та5 (вид со стороны окуляра): 1- подъемный винт; 2- панель управления и дисплей; 3- цилиндрический уровень; 4- кнопка включения/выключения; 5- колонка; 6- диоптрийное кольцо; 7- кремальера зрительной трубы; 8- коллиматорный визир; 9- винт; 10- кассетный источник питания; 11, 13- наводящий винт; 12, 14- закрепительный винт; 15- подставка; 16- корпус зрительной трубы; 17- система вертикальной оси



Рис. 18***.*** Тахеометр 3Та5: 1- карта памяти; 2- закрепительный винт; 3- клеммы; 4- узел сопряжения с картой памяти; 5- окуляр оптического центрира; 6- юстировочный винт; 7- кнопка инжектора

**2.** **Геодезические измерения**

**2.1 Нивелирование**

По способам выполнения и применяемым приборам различают: геометрическое, тригонометрическое, гидростатическое и барометрическое нивелирование.

**Геометрическое нивелирование** – наиболее распространенный способ. Его выполняют с помощью нивелира, задающего горизонтальную линию визирования. Сущность геометрического нивелирования (рис.1) заключается в следующем. Нивелир устанавливают горизонтально и по рейкам с делениями, стоящими на точках А и В, определяют превышения h как разность между отрезками a и b: h=a-b.

Если известна отметка HА точки А и превышение h, отметку НВ точки В определяют их сумму

НА= НВ+ h

Во избежание ошибок в знаке превышения точку, отметка которой известна, считают задней, а точку, отметку которой определяют, - передней, т.е. превышение – это всегда разность отчетов назад и вперед. Иногда отсчет по рейке называют «взглядом» и поэтому превышение равно «взгляду назад» минус «взгляду вперед».

Место установки нивелира называют станцией. С одной станции можно брать отсчеты по рейкам, установленным во многих точках. При этом превышение между точками не зависит от высоты нивелира над землей. Если поставить нивелир выше (рис. 7.9, а показано пунктиром), оба отсчета a и b будут больше на одну и ту же величину, но разности между. Для вычисления отметки искомой точки можно применять способ вычислений через горизонт прибора (ГП). Этот способ удобен, когда с одной станции производят нивелирование нескольких точек. Очевидно, что если к отметке точки А прибавить отсчет по рейке на точке А, то получится отметка визирной оси нивелира. Эта отметка и называется горизонтом прибора. Если теперь из горизонта прибора вычесть отсчеты на всех точках, взятые на этой станции, получится отметка этих точек.

Если для определения превышения между точками между А и В достаточно один раз установить нивелир, такой случай называется простым нивелированием (рис. 7.9).

Если же превышение между точками можно определить только после нескольких установок нивелира, такое нивелирование условно называют сложным (рис. 7.9,б). В этом случае точки D и С называют *связующими.* Превышение между ними вычисляют по схеме простого нивелирования.

При сложном нивелировании превышение между точками А и В

HAB= h1+h2+h3= Σhi

Если известна отметка точки А, можно определить отметку точки В:

НВ=НА+ Σhi.

Такую схему нивелирования называют *нивелирным ходом.* Несколько ходов с общими начальными и конечными точками образуют *нивелирную сеть.*

В зависимости от требуемой точности определения отметок нивелирование делят на: 1, 2, 3, 4-й классы и техническую.

Ходы нивелирования первого класса прокладывают вдоль железных и шоссейных дорог в различных направлениях. По данным нивелирования , повторяющемуся потем же точкам через несколько лет, изучают движение земной коры и решают другие научные задачи.

Ходы нивелирование второго класса, прокладываемые вдоль дорог и вдоль больших рек, образуют полигоны периметром 500…600 км, которые опираются на пункты нивелирования первого класса. Нивелированием первого и второго классов на территории страны распространяют отметки относительно исходной уровенной поверхности.

Ходы нивелирование третьего класса, прокладывают между пунктами нивелирования первого и второго класса.

Нивелирование четвертого класса и техническое применяют для сгущения сети более высоких классов. Эти сети являются высотным обоснованием для топографических съемок при составлении карт и планов, строительно-монтажных, мелиоративных и других работах.

Ходы нивелирования более низких классов всегда опираются пункты ходов более высоких классов. Отметки пунктов ходов более высоких классов применяют за исходные.

Для решения на участке местности различных задач производят нивелирование поверхности по квадратам (рис. 3).

Для этого участок делят на квадраты со сторонами 10, 20, 50 и 100 м. Если рельеф участка слабо выражен (плоский), нивелируемые точки на участке располагают равномерно, а длины сторон квадратов увеличивают. При ясно выраженном рельефе (изрезанном, с водоразделами, тальвегами.

Схема нивелирования вершин квадратов зависит от размеров участка, сложности форм рельефа, необходимости дополнительно к отметкам вершин квадратов получить еще точки с отметками.

Нивелирный ход по квадратам прокладывают по программе технического нивелирования или четвертого класса. Все связующие точки хода закрепляют устойчивыми кольями или специальными башмаками. Рейку ставят на конец кола или башмак. Отсчеты по рейкам записывают в журнал нивелирования либо на схему квадратов, причем числовые значения отсчетов подписывают возле вершин тех квадратов, на которых они получены. Границы работы на станции отделяют пунктирной линией. При обработке результатов измерений сначала вычисляют превышения и отметки связующих точек хода. Отметки вершин квадратов вычисляют через горизонт прибора (ГП).

**Тригонометрическое нивелирование** выполняют теодолитами-приборами позволяющими измерять вертикальные углы. Если с точки А на точку В или с точки В на точку С измерить углы наклона ν.

При положительном угле наклона (+ν) превышения будут иметь знак плюс, при отрицательном (-ν) - минус.

**2.2 Тахеометрическая съемка**

Тахеометрическая съемка – основной вид съемки для создания планов небольших незастроенных и малозастроенных участков, а также узких полос местности, вдоль линий будущих дорог, трубопроводов и других коммуникаций. С появлением тахеометров-автоматов этот способ становится основным и для значительных по площади территорий, особенно когда необходимо получить цифровую модель местности. При тахеометрической съемке ситуацию и рельеф снимают одновременно, но в отличие от мензульной съемки план составляют в камеральных условиях по результатам полевых измерений.

Съемку производят с исходных точек – пунктов любых опорных и съемочных геодезических сетей. Съемочная сеть может быть создана в виде теодолитно-нивелирных ходов, когда отметки точек теодолитного хода определяют геометрическим нивелированием. В большинстве же случаев для съемки прокладывают тахеометрические ходы, отличающиеся тем, что все элементы хода (углы, длины линий, превышения) определяют теодолитом или тахеометром-автоматом.

При этом одновременно с проложением тахеометрического хода производят съемку. В этом главное отличие тахеометрической съемки от других видов топографических съемок.

**2.3 Съемка теодолитом**

Порядок работ на станции тахеометрического хода при работе теодолитом следующий.

В первую очередь выполняют измерения, относящиеся к проложению съемочного хода. Теодолит устанавливают над точкой и приводят его в рабочее положение. На смежных точках хода устанавливают дальномеры (обычно нивелирный) рейки. Одним полным приемом измеряют горизонтальный угол. При двух положениях вертикального круга теодолита измеряют вертикальные углы на смежные точки хода. По дальномеру теодолита определяют расстояния смежных точек. Измеряют высоту прибора.

Далее приступают к съемке. Для этого в первую очередь при левом круге (КЛ) ориентируют лимб теодолита на предыдущую точку. С этой целью нуль алидады совмещают с нулем лимба и, закрепив алидаду, вращением лимба наводят зрительную трубу на ориентирную точку. Трубу наводят на съемочные пикеты только вращением алидады. На съемочные пикеты устанавливают дальномерные рейки и измеряют на них при одном круге горизонтальные и вертикальные углы, а по дальномеру – расстояния. Если съемочный пикет является только контурной точкой, вертикальный угол не измеряют.

Результаты измерений записывают в журнал тахеометрической съемки.

Положение съемочных пикетов выбирают таким образом, чтобы по ним можно было изобразить на плане ситуацию и рельеф местности. Их берут на всех характерных точках и линиях рельефа: на вершинах и подошвах холмов, дне и бровках котловин и оврагов, водоразделов и тальвегов, перегибах скатов и седловинах. При съемке ситуации определяют границу угодий, гидрографию, дороги, контуры зданий, колодцы, т.е. все то, что подлежит нанесению на план в данном масштабе. Чем крупнее масштаб съемки, тем больше число съемочных пикетов и тем меньше расстояние между пикетами и от станции до пикетов. Так, если при съемке масштаба 1:5000 максимальное расстояние до твердых контуров ситуации ограничено 150 м, а до нетвердых- 200 м, то в масштабе 1:500 – 60 и 80 м соответственно.

В процессе съемке на каждой станции составляют абрис. На не м показывают положение станций хода, направление на предыдущую и последующую точки, расположение всех съемочных пикетов, рельеф и ситуацию местности.

По окончании работы на станции проверяют ориентирование лимба теодолита, для чего снова визируют на предыдущую точку. Если повторный отсчет отличается от начального более чем на 5 минут, съемку на данной станции переделывают. Для контроля на каждой станции определяют несколько пикетов, расположенных в полосе съемке со смежных станций.

В простейшем случае составление плана по результатам тахеометрической съемки начинают с построения координатной сетки и нанесению по координатам точек теодолитного хода. Правильность нанесения точек хода контролируют по длинам его сторон: измеряют расстояния между вершинами – выраженными в масштабе, они должны быть равны расстояниям между соответствующими точками на плане или отличаться не более чем на 0,2 мм.

Вслед за эти наносят на план пикетные точки циркулем-измерителем, масштабной линейкой и транспортиром. Данные для нанесения берут из журнала тахеометрической съемки.

Направление на точку I получают, отложив по дуговой шкале транспортира 18040’, а расстояние до точки I от станции II – отложив в масштабе плана горизонтальное проложение 48,9 м. Для этого по направлению 18040’ проводят карандашом тонкую линию, а измерителем по масштабной линейке находят отрезок 48,9 м и откладывают его по створу линии от станции II на точку I. Аналогично наносят и другие точки.

Для ускорения работы поступают так. По внешней окружности транспортира отмечают направления на все пикеты. Рядом с каждой точкой ставят номер. Если есть углы более 1800, транспортир перекладывают, поворачивая его на 1800. После этого по нему отмечают значения угла минус 1800. Когда все углы отмечены, транспортир снимают. Из станции, как из центра, на все точки проводят лучи и откладывают расстояния. Конец каждого отложенного расстояния дает положение точки. Точку изображают кружком, рядом выписывают из журнала его отметку.

Вместо транспортира применяют также линейки-тахеографы. Они представляют собой прозрачный круг с разграфкой от 0 до 3590. По отметкам станций и реечных точек на плане проводят горизонтали с принятым сечением рельефа. Следы горизонталей отыскивают графической интерполяцией между точками, которые в абрисе соединены стрелками. Соединение каких-либо двух точек в абрисе говорит о том, что местность между ними имеет один скат, без перегибов.

Все контуры и рельеф, изображаемые на плане, вычерчивают тушью в соответствии с условными знаками. Над северной рамкой делают заглавную надпись, под южной рамкой подписывают числовой масштаб, высоту сечения рельефа, вычерчивают линейный масштаб и график заложений.

*Автоматизация тахеометрической съемки*

С появлением электронных тахеометров стала возможна частичная или полная автоматизация тахеометрической съемки.

При съемке электронный тахеометр устанавливается на съемочных точках, а на пикетных точках – специальные вешки с отражателями, входящими в комплект тахеометра. При наведении на отражатели вешки в автоматическом режиме определяются горизонтальные и вертикальные углы, а также расстояние у смежных съемочных и пикетных точек. С помощью микроЭВМ тахеометры производят обработку результатов измерений и в итоге получают приращения ∆х и ∆у координаты превышения h и смежные съемочные и пикетные точки. При этом автоматически учитываются все поправки в измеряемые расстояния и за наклон вертикальной оси прибора в измеряемые углы. Результаты измерений могут быть введены в специальное запоминающее устройство (накопитель информации) или переписанные в магнитную кассету. В дальнейшем из накопителя или магнитной кассеты информация поступает в ЭВМ, которая по специальной программе производит окончательную обработку результатов измерений, включающую вычисление координат съемочных и пикетных точек, уравнивание съемочного хода и другие вычисления, необходимое для графического построения топографического плана или цифровой модели местности. Графическое построение топографического плана осуществляется графопостроителем, соединенным с ЭВМ.

**2.4 Способы прямой и обратной угловых засечек**

*Засечкой* называется метод определения координат отдельной точки измерением элементов, связывающих ее положение с исходными пунктами.

Для определения планового положения точки необходимо измерить два элемента. Для контроля, кроме необходимых, выполняют избыточные измерения. Засечки различают прямые, обратные и комбинированные. В прямой засечке измерения выполняют на исходных пунктах (рис. 6.6 *a*, *г*); в обратной – на определяемом пункте (рис. 6.6 *б*, *д*); в комбинированной – на исходных и определяемом пунктах (рис. 6.6 *в*). В зависимости от вида измерений засечки бывают угловые (рис. 6.6 *a*, *б*, *в*), линейные (рис. 6.6 *г*), линейно-угловые (рис. 6.6 *д*). Измеренные углы на рис. 6.6 отмечены дугами, измеренные расстояния – двумя штрихами.

Рассмотрим вычисление координат в некоторых засечках.

*Прямая угловая засечка*. На исходных пунктах *A* и *B* с координатами , , , . (рис. 6.6 *а*)измеряют углы и . При обработке измерений сначала вычисляют дирекционные углы направлений *AP* и *BP*:



; .



Дирекционные углы с координатами связаны формулами обратной геодезической задачи

; .



Решая эти уравнения относительно *xp* и *yp*, получим формулы, по которым вычисляют координаты определяемой точки *Р* (формулы Гаусса):

;



.



Для контроля ординату *yP* вычисляют вторично по формуле:

.

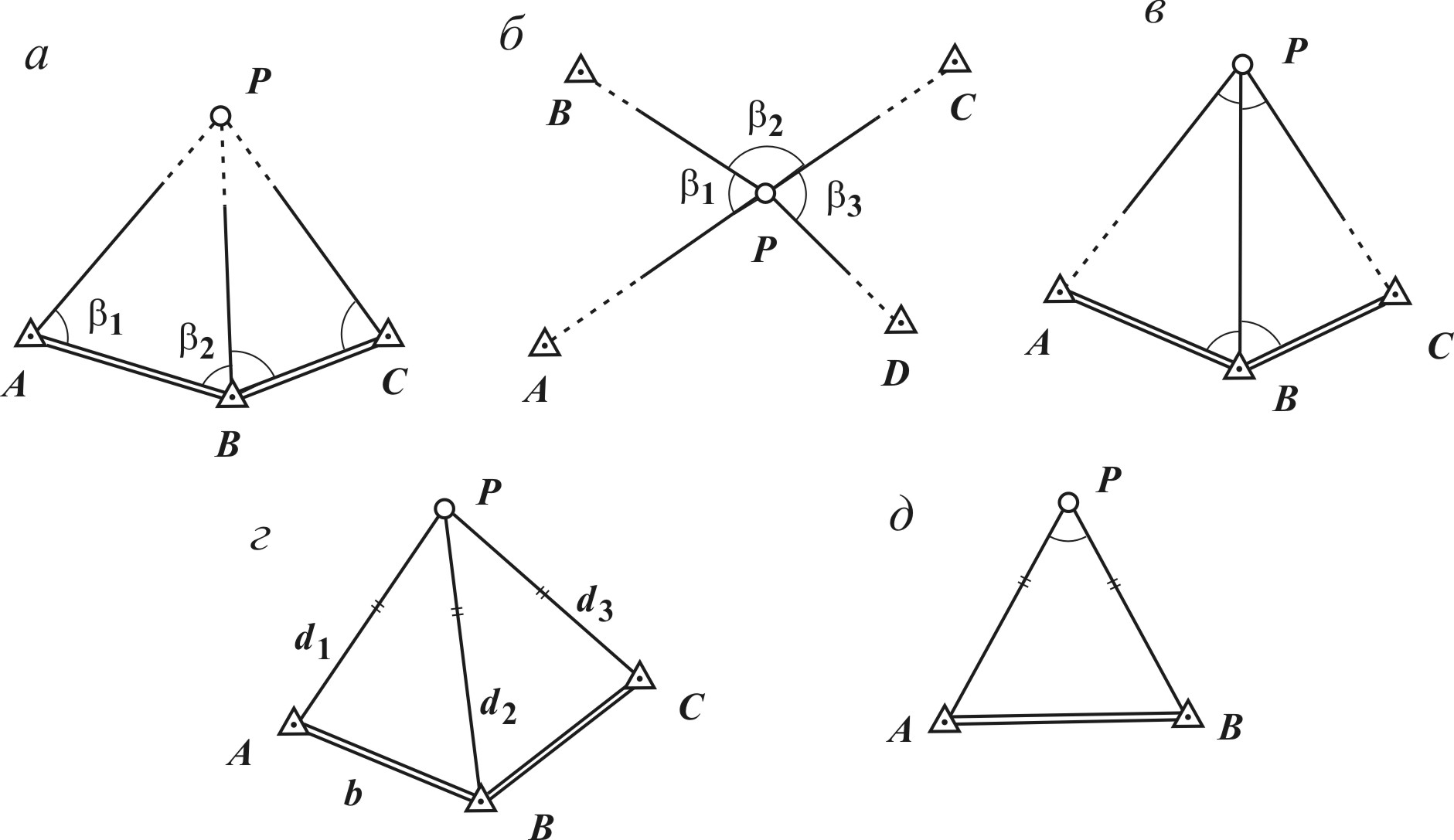


Рис. 7. Схемы засечек: *а* – прямая угловая; *б* – обратная угловая; *в* – комбинированная угловая; *г* – линейная; *д* – линейно-угловая

Если один из дирекционных углов или близок к или , то вместо формул выше вычисления выполняют по формулам



;



.



Для контроля аналогичные измерения и вычисления выполняют, опираясь на другую исходную сторону *BC*. За окончательные значения координат определяемой точки принимают средние.

Существуют и иные формулы решения прямой угловой засечки, например, формулы котангенсов углов треугольника (формулы Юнга):

; .



*Обратная угловая засечка*.

На определяемой точке *P* (рис. 6.6 *б*) измеряют углы и между направлениями на исходные пункты *A*, *B* и *C*. При этом исходные пункты выбирают такие, чтобы они с точкой *P* не оказались на одной окружности или вблизи нее. Координаты точки *P* вычисляют по формулам Гаусса (6.5 − 6.7), предварительно вычислив дирекционные углы:



; .



Для контроля измеряют избыточный угол и вычисляют координаты, используя другую пару измеренных углов.



*Линейная засечка*. Для определения координат точки *Р* (рис. 6.6 *г*) измеряют расстояния *d*1, *d*2. По формуле косинусов (6.1) находят углы треугольника *АРВ*. Вычисляют дирекционный угол α*АР* = α*АВ* − ∠*A*, а затем по формулам прямой геодезической задачи − искомые координаты

*xP* = *xA* + *d*1cosα*АР*; *yP* = *yA* + *d*1sinα*АР*. Для контроля измеряют избыточное расстояние *d*3 и вычисляют координаты из другого треугольника *ВРС*.

**Заключение**

В результате работы был проложен замкнутый и диагональный теодолитные ходы. Проведена теодолитная съемка, техническое нивелирование, тахеометрическое нивелирование, тахеометрическая съемка, вынос здания на местность, прямая, линейная, угловая, линейно-угловая засечки.

При разработке данного проекта были использованы теоретические и практические знания по курсам «Инженерная геодезия» и «МОГИ». В ходе работы было показано умение решать обратные геодезические задачи, задачи на топографических картах, производить вычислительную обработку теодолитных ходов.

**Список используемой литературы**

1. Хейфец Б.С. Практикум по инженерной геодезии/ Б.Б. Данилевич, В.Ф. Лукьянов, Б.С. Хейфец; под ред. В.Е. Навака. – 3-е изд., перераб. И доп. М.: «Недра», 1987. – 334с., ил.
2. Инженерная геодезия: учебник для студ. высш. учеб. Заведений/ Е.Б. Клюшин, М.И. Киселев, Д.Ш. Михелев и др.; под ред. Д.Ш. Михелева. – 6-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 480с.
3. Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР. УСЛОВНЫЕ ЗНАКИ для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500. – М.: Издательство «Недра», 1988. – 485с.

**Приложение**

