

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Ростовский государственный строительный университет»

Утверждено на заседании кафедры
прикладной геодезии
25.05.2015г.

Методические указания
по выполнению летней геодезической практики для обучающихся
по специальности 21.05.01 «Прикладная геодезия» и направлению подготовки
21.03.03 «Геодезия и дистанционное зондирование»

Ростов-на-Дону
2015

УДК 528.48

Методические указания по выполнению летней геодезической практики для обучающихся по направлению (специальности) 21.05.01 «Прикладная геодезия» и 21.03.03 «Геодезия и дистанционное зондирование». – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2015. – 31 с.

Излагается методика прохождения учебной геодезической практики студентами геодезических специальностей и направлений. Дается теоретический материал в объеме, необходимом для выполнения работ, входящих в рабочую программу по учебной практике по геодезии.

Электронная версия методических указаний находится в ЭБС.

УДК 528.48

Составители:

канд.техн.наук, доц. Л.Ф. Кирильчик

Редактор: в авторской правке

Темплан 2015 г., поз. 244.

Подписано в печать 1.07.15. Формат 60х84/16. Бумага писчая. Ризограф.

Уч.-изд.л. 1,3. Тираж 3 экз. Заказ.

Редакционно-издательский центр

Ростовского государственного строительного университета

344022, Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162.

© Ростовский государственный
строительный университет, 2015

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания предназначены для самостоятельной работы студентов кафедры прикладной геодезии РГСУ при прохождении учебной геодезической практики. Они составлены в соответствии с утвержденными программами и учетом времени, предусмотренного учебными планами. В методических указаниях даются рекомендации по работе с геодезическими инструментами, правилам ухода за ними, выполнению полевых поверок и юстировок, подготовке приборов к полевым измерениям. При описании отдельных видов геодезических измерений и съемок изложены практические приемы и способы их выполнения в полевых условиях. Обращено внимание на соблюдение требований, предъявляемых к ведению полевых документов, обработке и оформлению результатов измерений, а также на их соответствие методике полевых и камеральных работ.

Состав работ практики определяется преподавателем в зависимости от курса обучающихся. Учебная геодезическая практика проводится в полевых условиях, поэтому в методических указаниях предусмотрены такие разделы, как режим работы и основные правила по технике безопасности при выполнении геодезических работ в полевых условиях.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Цель и задачи практики

Учебная геодезическая практика является завершающим этапом изучения курса дисциплины и ставит целью расширение и закрепление знаний, полученных студентами на лекциях, лабораторных занятиях и в ходе самостоятельной работы.

Во время учебной практики студенты должны:

- приобрести опыт работы с геодезическими приборами;
- освоить методы угловых и линейных измерений, нивелирования, производства топографической съемки и решения различных инженерно-геодезических задач, встречающихся в практике геодезиста;

- познакомиться с требованиями к качеству и оформлению материалов;
- изучить правила техники безопасности при выполнении полевых геодезических работ;
- овладеть навыками организации работ коллектива, сознательного отношения к порученному делу, инициативности и самостоятельности;
- развить интерес к научным исследованиям.

Перед выполнением каждого вида работ студенты обязаны изучить рекомендуемую литературу, объем работ по отдельным видам, их содержание. Порядок выполнения и точность регламентируется заданием на учебную практику, настоящими методическими указаниями, а также требованиями соответствующих инструкций и наставлений.

1.2. Организация практики

Учебная практика проводится на специальном полигоне с четко выраженным рельефом и небольшими застроенными участками. На полигоне имеется планово-высотная сеть, пункты которой закреплены постоянными знаками, имеют плановые координаты и отметки высот. На полигоне должны быть полевой компаратор, все необходимые службы, обеспечивающие нормальные рабочие и бытовые условия.

Сроки и содержание учебной практики определяются утвержденными учебными планами и рабочими программами по каждому виду практики.

Перед началом практики руководитель знакомит группу с программой практики и очередностью выполнения видов работ, проводит инструктаж по правилам техники безопасности, правилам обращения с приборами, переноса и их хранения.

Для прохождения практики каждая учебная группа делится на бригады по 5–7 человек во главе с бригадиром. Бригадир является ответственным за организацию работы в бригаде, дисциплину, сохранность инструментов и имущества. По указанию преподавателя бригадир получает в геокамере необходимые инструменты, распределяет обязанности среди членов бригады и

следит за тем, чтобы каждый из них принимал участие во всех видах работ.

Бригадир студенческой бригады обязан:

- организовать получение и сдачу приборов, оборудования и литературы, следить за их сохранностью;
- поддерживать учебную и производственную дисциплину в бригаде;
- составлять по видам работ графики распределения обязанностей в бригаде, предоставлять его преподавателю на утверждение и следить за его выполнением;
- добиваться качественного выполнения заданий в установленные сроки;
- следить за полнотой и аккуратностью ведения журналов, абрисов и другой технической документации.

Член бригады обязан:

- бережно обращаться с геодезическими приборами, оборудованием, пособиями и другим государственным имуществом;
- строго соблюдать правила внутреннего распорядка, техники безопасности и охраны окружающей среды;
- проявлять сознательное отношение к порученному делу.

Учебно-методическое руководство осуществляется преподавателем, который выдает задание бригаде, контролирует ход его выполнения и принимает законченные работы. Общий контроль над выполнением программы практики и правил внутреннего распорядка возлагается на заведующего кафедрой прикладной геодезии.

Продолжительность рабочего дня – 6 часов, с 8 до 14 часов.

В течение всего периода практики в каждый член бригады должен заполнять дневник, куда ежедневно заносит все сведения о проделанной работе. Руководитель практики ежедневно проверяет посещаемость, выполнение дневного задания бригадой и отдельными студентами, дает необходимые указания и рекомендации.

Бригада приступает к выполнению каждого следующего вида работ лишь

после завершения предыдущего задания и предъявления преподавателю всех требуемых материалов.

Документация по практике брошюруется в папке, на лицевой стороне которой указывают номер и состав бригады, номер учебной группы, фамилию руководителя, место и дату исполнения. На обратной стороне составляют пронумерованный перечень документов по каждому виду работ.

Зачет по практике принимается преподавателем по окончании всех полевых и камеральных работ, предусмотренных программой. Студенты, не выполнившие работы, к зачету по практике не допускаются. На зачете каждый член бригады должен показать знания методов выполнения и организации работ, входящих в программу практики, лично им выполненные фрагменты работ.

Студентам, выполнившим программу учебной геодезической практики, выставляется оценка за практику.

1.3. Техника безопасности и окружающей среды

Общие правила техники безопасности:

1. Все лица, занимающиеся геодезическими работами в полевых условиях, обязаны соблюдать правила по технике безопасности.
2. Во время работы категорически запрещается курение.
3. Все студенты должны знать правила оказания первой помощи.
4. При несчастном случае с тяжелым исходом старший в бригаде должен принять меры по оказанию первой медицинской помощи пострадавшему и скорейшему направлению его в медпункт или вызвать скорую медицинскую помощь.
5. Студенческим бригадам запрещается работать в полосе отчуждения железной дороги, на автостраде, шоссе.
6. Во время перерывов в работе запрещается оставлять приборы вблизи дорог всех видов.

7. При переходе с приборами с одного места на другое следует ходить по левой стороне дороги навстречу движению транспорта.

8. При необходимости пересечения проезжей части улицы населенного пункта необходимо предварительно убедиться в полной безопасности перехода.

9. Особую осторожность следует соблюдать при работах вблизи перекрестков улиц или проездов. В этом случае следует выделять для наблюдения двух человек, обратив их внимание на повышенную опасность транспорта, совершающего поворот.

10. Студентам запрещается открывать люки колодцев и других подземных коммуникаций.

Охрана окружающей среды

1. Запрещается ходить и выполнять работы на газонах, в огородах и посадках различных культур.

2. Запрещается ломать ветки деревьев, рубить кустарник.

3. Курение разрешается только в специально отведенных местах, оборудованных всем необходимым для предупреждения пожара.

4. Запрещается засорять территорию. Бумага, целлофановые пакеты, бутылки, остатки пищи и т.п. должны быть убраны и сложены в мусорные ящики.

5. После завершения работ все колышки должны быть извлечены из земли.

6. На территории полигона и вблизи нее категорически запрещается разводить костры, устанавливать палатки, устраивать пикники и т.п.

1.4. Правила работы с приборами и инструментами

Полученные в геокамере приборы и инструменты должны быть внимательно осмотрены в целях определения их комплектности и пригодности к работе. При осмотре обращают внимание на плавность движения подъемных, зажимных и наводящих винтов. При нарушении плавности хода подвижных частей геодезических приборов и инструментов не следует прилагать

физических усилий, а выявив причину неисправности, устранить её под руководством преподавателя. Запрещается разбирать приборы и вращать юстировочные винты в отсутствие преподавателя. При обнаружении неисправностей бригадир ставит в известность преподавателя, и вместе с дефектной ведомостью инструмент передается в геокамеру для его замены или ремонта. При пользовании геодезическими приборами и инструментами необходимо строго соблюдать следующие правила:

1. Приборы и инструменты должны содержаться в чистоте, храниться в футляре и быть надежно закреплены упаковочной арматурой и крепежными винтами.

2. Геодезические приборы необходимо оберегать от механических ударов и сотрясений.

3. Вынимая прибор из футляра или укладывая его обратно, запрещается брать инструмент за зрительную трубу и касаться пальцами оптических деталей.

4. Установку на станции штатива следует производить при незакрепленных барашках, плавно вдавливая ножки штатива в грунт. После установки прибора на головке штатива следует немедленно закрепить становой винт.

5. Необходимо предохранять геодезические приборы от пыли, грязи и влаги. В дождливую погоду приборы защищают зонтом. При необходимости прибор следует просушить при комнатной температуре перед установкой его в футляр.

6. Переносят прибор со станции на станцию в вертикальном положении, на штативе со сложенными ножками. Труба при этом должна быть повернута объективом вниз, а все зажимные винты – закреплены.

7. Запрещается оставлять инструмент без присмотра, прислонять его к стенкам домов, заборам, стволам деревьев.

8. При работе с рулеткой необходимо следить за тем, чтобы она не скручивалась и не образовывала «петель». Нельзя рулетку волочить по земле,

оставлять на проезжей части дорог. После работы стальную рулетку протирают сухой тряпкой.

9. Необходимо оберегать рейки от сырости, ударов, стирания делений; пятки реек должны быть всегда чистыми.

10. К сдаче зачета бригада допускается только при наличии справки из геокамеры о сданных в исправности инструментах и приборах.

1.5. Ведение полевых документов

Результаты геодезических измерений и съемок оформляют в полевых журналах и абрисах чернилами черного цвета. Все записи и зарисовки в полевых документах должны быть четкими и аккуратными. Запрещается переписывать полевые журналы, подчищать или стирать резинкой записи, выполненные в поле. Ошибочные результаты аккуратно зачеркивают и сверху записывают новые данные. Все страницы полевого журнала должны быть пронумерованы с указанием в конце общего числа страниц за подписью бригадира. На обложке журнала указывают номер и состав бригады, тип и номер инструмента, даты начала и конца измерений. На страницах журнала должны быть указаны дата наблюдений, состояние погоды, фамилия исполнителя. Записи цифр в полевых журналах должны располагаться строго под цифрами соответствующих разделов (градусы и минуты). Результаты измерений, выполненные с одинаковой точностью, нужно записывать с тем же числом десятичных знаков. При ведении абриса и схем необходимо добиваться наибольшей полноты и выразительности.

1.6. Правила вычислительных работ

При обработке полевых материалов необходимо обеспечить соответствие точности полевых измерений и вычислений. Вычисления, выполненные с меньшей точностью, чем точность исходных данных, снижают точность полевых измерений, а сохранение лишних разрядов чисел усложняет вычисления. Например, при вычислении приращений координат и их поправок

в ведомости теодолитного хода сохраняют два знака после запятой, так как линейные измерения выполнены с ошибкой 0,01 м.

В случаях, когда отбрасываемая часть числа равна пяти, то по правилу К.Ф. Гаусса число округляют в сторону четной цифры. Например, 5.65 округляют до 5.6, а 5.75 – до 5.8. Все полевые вычисления проверяют «во вторую руку», о чем делается запись в полевых журналах. Вычисления в камеральных условиях ведут «в две руки», то есть независимо двумя исполнителями.

2. ПОВЕРКИ И ЮСТИРОВКИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ

2.1. Поверки и юстировки теодолита

Поверка цилиндрического уровня

Ось цилиндрического уровня при алидаде ГК должна быть перпендикулярна к оси вращения инструмента.

Программа практических действий:

- 1) ставят уровень параллельно направлению двух подъемных винтов, и их вращением в разные стороны выводят пузырек в нуль-пункт;
- 2) поворачивают алидаду на 180° ;
- 3) при отклонении пузырька от нуль-пункта исправительными винтами уровня перемещают пузырек на половину делений ($m/2$) к центру 0;
- 4) вторую половину отклонения пузырька устраняют подъемными винтами, по направлению которых уровень установлен.

Поверка сетки нитей

Одна из нитей сетки должна быть горизонтальна, другая вертикальна.

Наводят центр нитей сетки на какую-нибудь точку или отвес (рис. 1) и медленно поворачивают алидаду вертикального круга вокруг ее оси вращения, наблюдая за положением точки. Если при перемещении трубы изображение точки (отвеса) не будет сходиться с вертикальной нитью, то условие выполнено. В противном случае поворотом сетки нитей, при ее откреплении, производится исправление положения сетки.

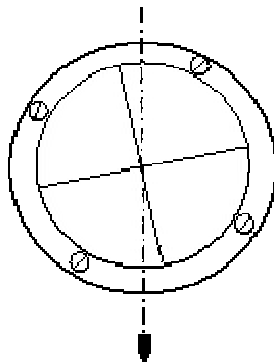


Рис. 1. Поверка сетки нитей

Поверка коллимационной поверки

Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна к горизонтальной оси ее вращения.

Отклонение оси $ГГ$ от перпендикуляра к оси $НН$ вызывает появление коллимационной погрешности $С$ (рис. 2). При визировании на удаленную точку $А$ берут отсчет по лимбу ГК при двух положениях ВК $a_{КП}$ и $a_{КЛ}$.

По формуле вычисляют значение коллимационной ошибки:

$$c = \frac{a_{КП} - a_{КЛ} \pm 180^\circ}{2}. \quad (1)$$

Если величина $c > 2t$, где t - точность отсчитывания по теодолиту, то влияние коллимационной погрешности устраняют следующим образом. На лимбе устанавливают средний отсчет:

$$a = \frac{a_{КП} + a_{КЛ} \pm 180^\circ}{2}.$$

Это вызовет смещение центра сетей нитей с точки $А$. Исправительными винтами сетки ее центр возвращают в первоначальное положение.

Поверку выполняют не менее двух раз и убеждаются, что $c \leq 2t$.

Поверка неравенства подставок.

Горизонтальная ось вращения трубы должна быть перпендикулярна к вертикальной оси вращения инструмента.

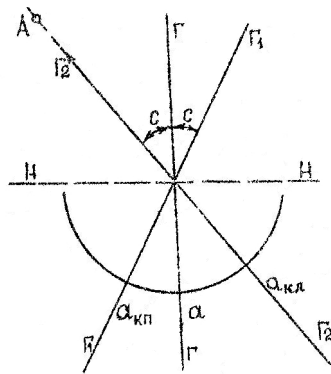


Рис. 2

В 10-30 метрах от стены здания (рис. 3) устанавливают теодолит и визируют на точку М. Опускают трубу в горизонтальное положение, и отмечают на стене здания проекции m_1 и m_2 при КП и КЛ. Допустимое расстояние между проекциями — величина биссектора. Юстировка выполняется в мастерской.

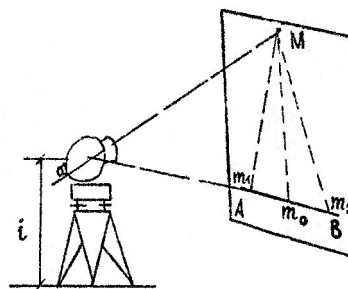


Рис. 3. Проверка неравенства подставок

2.2. Проверки и юстировки нивелира с компенсатором

Проверка круглого уровня. *Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения прибора.*

Подъемными винтами нивелира приводят пузырек круглого уровня в нуль-пункт. Поворачивают нивелир на 180° вокруг оси его вращения. Если после поворота пузырек остался в нуль-пункте, проверяемое условие выполнено.

Если пузырек вышел за пределы concentрической окружности, то исправительными винтами изменяют наклон уровня так, чтобы пузырек

сместился в сторону нуля-пункта на половину отклонения. На вторую половину подъемными винтами.

Проверка сетки нитей. *Горизонтальная нить сетки нитей должна быть перпендикулярна оси вращения нивелира.*

Наводят зрительную трубу на рейку, установленную вертикально в 20...30 м от нивелира так, чтобы изображение рейки оказалось у края поля зрения трубы. Берут отсчет по рейке по средней нити a . Наводящим винтом переводят изображение рейки в другой край поля зрения и берут отсчет b . Разность отсчетов не должна превышать 1 мм. Юстировка выполняется как в теодолите.

Главное условие нивелира. *Визирная ось зрительной трубы должна быть горизонтальна в пределах работы компенсатора.*

Проверка выполняется путем измерения одного и того же превышения дважды – из середины и с неравными расстояниями до реек.

На расстоянии 75 – 100 м друг от друга закрепляют две точки, на которые устанавливают рейки (рис.4). В середине, на равных расстояниях от реек устанавливают нивелир и берут отсчеты a и b по рейкам и вычисляют превышение $h = a - b$.

Если визирная ось трубы не горизонтальна и потому наклонена на угол i , то вместо верных отсчетов a и b будут прочтены отсчеты a_1 и b_1 . Вследствие равенства расстояний до реек ошибки в обоих отсчетах будут одинаковыми, $\Delta a = \Delta b$. Вычисленное при этом превышение будет равно

$$h = a_1 - b_1 = (a + \Delta a) - (b + \Delta b) = a - b. \quad (2)$$

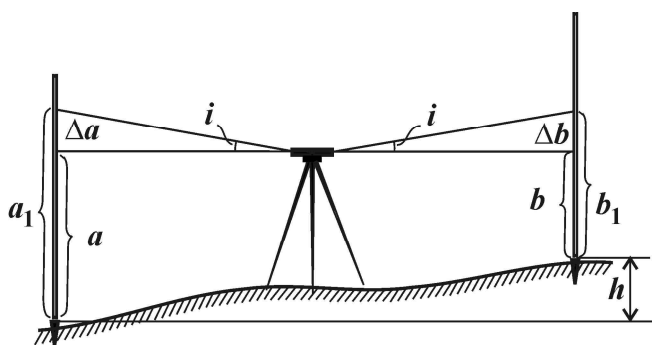


Рис. 4. Измерения из середины

Следовательно, несмотря на ошибки отсчетов, превышение, вычисленное по измерениям из середины – верное.

Нивелир переносят и устанавливают на расстоянии 3–5 м от одной из реек (рис. 5). Берут отсчет b_2 по ближней рейке. Ввиду малости расстояния до рейки погрешность в отсчете b_2 , вызванная наклоном луча визирования, мала. Поэтому отсчет b_2 считают безошибочным.

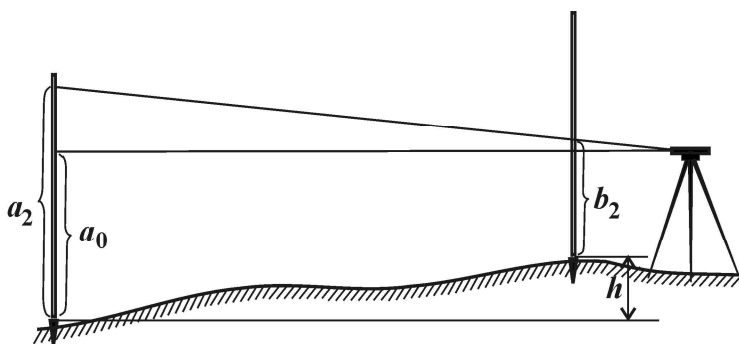


Рис. 5. Измерения с неравными расстояниями до реек

Вычисляют отсчет, который должен быть на дальней рейке, если луч визирования горизонтален: $a_0 = b_2 + h$.

Наводят нивелир на дальнюю рейку и берут фактический отсчет a_2 . Сравнивают вычисленный и фактический отсчеты.

Если вычисленный a_0 и фактический a_2 отсчеты различаются меньше, чем на 4 мм, то условие выполнено.

Различие вычисленного a_0 и фактического a_2 отсчетов указывает на негоризонтальность визирной оси трубы.

Для исправления снимают колпачок, закрывающий исправительные винты сетки нитей зрительной трубы, и с помощью вертикальных исправительных винтов, наводят среднюю нить сетки нитей на отсчет по дальней рейке, равный вычисленному отсчету a_0 .

Проверка компенсатора. Определение диапазона его действия

Диапазон действия компенсатора – это угол наклона вертикальной оси нивелира, в пределах которого нормально работает маятник компенсатора. Его определяют при помощи отсчетов по рейке (в 50 м от нивелира) как для продольных ($\pm a$), так и для боковых ($\pm b$) наклонов нивелира.

С помощью подъемных винтов выполняют продольный или боковой наклон нивелир в обе стороны от нуля пункта круглого уровня до момента зависания маятника компенсатора. Зависание фиксируют в момент резких изменений отсчетов по рейке (сетка нитей начинает перемещаться вместе с наклоном нивелира). Угол наклона при зависании определяют по смещению пузырька уровня или по цене 1 оборота подъемного винта в соответствии с показаниями отсчетов до наклона и после наклона в одну, а затем в другую стороны; например: до наклона $a = 1570$ мм, зависание началось при наклоне $\pm 20''$: $+a$: 1566 мм, $-a$: 1569 мм, $+b$: 1564 мм, $-b$: 1565 мм.

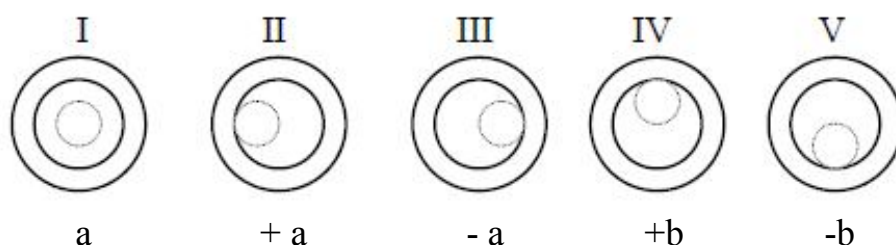


Рис. 6. Поверка компенсатора

3. ТОПОГРАФИЧЕСКАЯ СЪЕМКА

3.1. Создание плановой съемочной сети

Геодезическая сеть, используемая для обеспечения топографических съемок, называется съемочным обоснованием.

Пункты съемочной сети определяются проложением теодолитных ходов, прямыми, обратными и комбинированными засечками.

Теодолитные ходы прокладываются с предельными относительными погрешностями 1:3000, 1:2000, 1:1000 в соответствии с табл.1.

Длины сторон в теодолитных ходах не должны быть:

- на застроенных территориях более 350 м и менее 20 м;
- на незастроенных территориях более 350 м и менее 40 м.

Допускается проложение висячих теодолитных ходов, длины которых не должны превышать величин, указанных в Инструкции [4].

Таблица 1

Масштаб	$m_s = 0,2 \text{ мм}$			$m_s = 0,3 \text{ мм}$	
	$\frac{1}{N} = \frac{1}{3000}$	$\frac{1}{N} = \frac{1}{2000}$	$\frac{1}{N} = \frac{1}{1000}$	$\frac{1}{N} = \frac{1}{2000}$	$\frac{1}{N} = \frac{1}{1000}$
	Допустимые длины ходов между исходными пунктами, км				
1:5000	6,0	4,0	2,0	6,0	3,0
1:2000	3,0	2,0	1,0	3,6	1,5
1:1000	1,8	1,2	0,6	1,5	1,5
1:500	0,9	0,6	0,3	-	-

Число сторон в висячих теодолитных ходах на незастроенной территории должно быть не более трех, а на застроенной - не более четырех.

Стороны теодолитных ходов измеряются оптическими дальномерами, электронными тахеометрами в одном направлении или в прямом и обратном направлениях стальными рулетками и другими приборами, обеспечивающими требуемую точность измерений.

Относительная погрешность линии, измеренной в прямом и обратном направлениях, вычисляется по формуле:

$$\frac{1}{N} = \frac{S_{\text{пр}} - S_{\text{об}}}{S_{\text{ср}}}, \quad (3)$$

где S - измеренное расстояние.

Угловые невязки в теодолитных ходах не должны превышать

$$f = \pm 1' \sqrt{n}, \quad (4)$$

где n - число углов в ходе.

Углы измеряются теодолитами не менее 30–секундной точности одним полным приемом с перестановкой лимба между полуприемами на 90° .

При привязке теодолитных ходов к исходным пунктам измеряются два примычных угла.

Центрирование теодолитов производится с помощью оптического центрира или отвеса с точностью 3 мм.

Определение точек прямой засечкой производится не менее чем с трех пунктов опорной сети, при этом углы между направлениями при определяемой точке не должны быть менее 30° и более 150° .

Определение точек обратной засечкой производится не менее чем по четырем исходным пунктам при условии, что определяемая точка не находится около окружности, проходящей через любые три исходных пункта.

Комбинированная засечка точки производится сочетанием прямых и обратных засечек с участием не менее чем трех исходных пунктов.

Обработка результатов измерений включает следующие укрупненные процессы:

- полевые вычисления, включая контрольные;
- камеральную обработку и уравнительные вычисления.

Обработка разомкнутого теодолитного хода.

Исходными данными в разомкнутом ходе являются координаты начального и конечного пунктов и дирекционные углы начального и конечного направлений.

При обработке запись ведут в ведомости установленной формы (табл. 2). В графу 1 вписывают названия или номера точек. Вписывают исходные данные: в соответствующие строки графы 3 – начальный и конечный дирекционные углы, а в графы 9 и 10 – координаты начального и конечного пунктов (исходные данные в таблице выделяют красным цветом). Вписывают результаты измерений: измеренные углы – в графу 2, горизонтальные проложения сторон хода – в графу 4.

Уравнивание углов. Подсчитывают сумму измеренных углов $\sum \beta$. Теоретически эта сумма должна быть равна:

$$\text{для правых углов} - \sum \beta_{\text{теор}} = \alpha_{\text{нач}} - \alpha_{\text{кон}} + n \cdot 180^\circ; \quad (5)$$

$$\text{для левых углов} - \sum \beta_{\text{теор}} = \alpha_{\text{кон}} - \alpha_{\text{нач}} + n \cdot 180^\circ, \quad (6)$$

где n – число измеренных углов.

Отличие фактической суммы углов от теоретической представляет угловую невязку хода:

$$f_\beta = \sum \beta - \sum \beta_{\text{теор}}. \quad (7)$$

Таблица 2

Ведомость вычисления координат точек теодолитного хода

Названия точек	Измеренные углы	Дирекционные углы	Длины сторон, м	Приращения координат, м				Координаты, м	
				$\Delta x_{выч}$	$\Delta y_{выч}$	$\Delta x_{испр}$	$\Delta y_{испр}$	x	y
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\Sigma \beta =$		$P = \Sigma d =$		$\Sigma \Delta x =$	$\Sigma \Delta y =$	$\Sigma \Delta x =$	$\Sigma \Delta y =$		
$\sum \beta_{\text{теор}} = (\alpha_{\text{нач}} - \alpha_{\text{кон}} + n \cdot 180^\circ) =$ $f_\beta = \sum \beta - \sum \beta_{\text{теор}} =$ $f_{\beta_{\text{доп}}} = 1' \sqrt{n} =$				$x_{\text{кон}} - x_{\text{нач}} =$ $y_{\text{кон}} - y_{\text{нач}} =$ $f_x = \sum \Delta x - (x_{\text{кон}} - x_{\text{нач}}) =$ $f_y = \sum \Delta y - (y_{\text{кон}} - y_{\text{нач}}) =$ $f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} =$ $\frac{f}{P} \leq \frac{1}{2000}$					

Вычисленную по формуле (4) угловую невязку сравнивают с допустимой. Если угловая невязка меньше допустимой, что указывает на доброкачественность угловых измерений и правильность вычислений, то невязку f_β распределяют поровну во все измеренные углы со знаком, противоположным знаку невязки. Полученные при этом поправки:

$$\delta_\beta = -\frac{f_\beta}{n} \quad (8)$$

вписывают над измеренными углами в графу 2. Невязка редко делится на число углов без остатка. Поэтому поправки округляют, вводя большие в углы с более короткими сторонами. При этом сумма поправок должна равняться невязке с обратным знаком: $\Sigma \delta_\beta = -f_\beta$.

Дирекционные углы вычисляют, используя начальный дирекционный угол $\alpha_{нач}$ и измеренные углы β_i , исправленные поправками δ_β , по формулам:

$$\text{для правых углов} - \alpha_i = \alpha_{i-1} \pm 180^\circ - (\beta_i + \delta_\beta); \quad (9)$$

$$\text{для левых углов} - \alpha_i = \alpha_{i-1} \pm 180^\circ + (\beta_i + \delta_\beta). \quad (10)$$

Контролем правильности вычислений служит равенство вычисленного и заданного значений конечного дирекционного угла.

Вычисление приращений координат выполняют по дирекционным углам и длинам сторон хода (графы 5 и 6).

$$\Delta x_i = d_i \cos \alpha_i; \quad \Delta y_i = d_i \sin \alpha_i \quad (i = 1, 2, \dots, n-1).$$

Вычислив суммы приращения абсцисс $\sum \Delta x$ и ординат $\sum \Delta y$, находят координатные невязки

$$f_x = \sum \Delta x - (x_{\text{кон}} - x_{\text{нач}}), \quad f_y = \sum \Delta y - (y_{\text{кон}} - y_{\text{нач}}). \quad (11)$$

Вычисляют абсолютную невязку $f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}$ и относительную невязку хода f/P , где $P = \sum d$ – длина хода. Если относительная невязка не превосходит допустимой (обычно, 1/2000), то невязки f_x и f_y распределяют в виде поправок к приращениям координат, пропорциональных длинам сторон, и со знаками, противоположными знакам невязок:

$$\delta x_i = -\frac{f_x}{P} d_i; \quad \delta y_i = -\frac{f_y}{P} d_i. \quad (12)$$

Суммы поправок должны равняться невязкам с обратным знаком:

$$\sum \delta_x = -f_x; \quad \sum \delta_y = -f_y.$$

Вычисление координат точек теодолитного хода выполняют по формулам (графы 9 и 10)

$$x_{i+1} = x_i + \Delta x_i + \delta x_i; \quad y_{i+1} = y_i + \Delta y_i + \delta y_i \quad (i = 1, 2, \dots, n-1). \quad (13)$$

Контролем правильности вычислений служит совпадение вычисленных и заданных координат последней точки теодолитного хода.

Обработка замкнутого теодолитного хода.

Последовательность обработки замкнутого хода такая же как и разомкнутого. Но исходными в замкнутом теодолитном ходе служат

координаты одного из пунктов хода и дирекционный угол одной из сторон. Это накладывает на обработку замкнутого хода следующие особенности.

Угловая невязка вычисляется по формуле (7), в которой в отличие от разомкнутого хода

$$\sum \beta_{\text{теор}} = 180^\circ (n - 2), \quad (14)$$

где n – число углов в полигоне.

После распределения угловой невязки и вычисления дирекционных углов сторон хода контролируют правильность вычислений – в конце должно быть получено то же значение дирекционного угла, которое было исходным.

Невязки в координатах находят по формулам:

$$f_x = \sum \Delta x, \quad f_y = \sum \Delta y. \quad (15)$$

Распределив невязки f_x и f_y и вычислив координаты точек хода, контролируют правильность вычислений – вычисленные в конце координаты начальной точки хода должны равняться исходным.

3.2. Создание высотной съемочной сети

Нивелирные сети при крупномасштабных топографических съемках создаются в виде отдельных ходов, полигонов или самостоятельных сетей и, как правило, привязываются не менее чем к двум исходным нивелирным знакам (маркам, реперам) высшего класса.

Для определения высот пунктов съемочного обоснования, а также для определения высот пунктов геодезических сетей сгущения развивается сеть технического нивелирования.

Ходы технического нивелирования прокладываются между двумя исходными реперами в виде одиночных ходов или в виде системы ходов с одной или несколькими узловыми точками.

Длины ходов технического нивелирования определяются в зависимости от высоты сечения рельефа топографической съемки. Допустимые длины ходов приведены в табл. 3.

Таблица 3

Характеристика линий	Длины ходов в км при сечениях рельефа		
	0,25 м	0,5 м	1 м и более
Между двумя исходными пунктами	2,0	8	16
Между исходным пунктом и узловой точкой	1,5	6	12
Между двумя узловыми точками	1,0	4	8

Для производства технического нивелирования используются нивелиры с увеличением зрительной трубы не менее 20х и ценой деления уровня не более 45" на 2 мм, а также нивелиры с наклонным лучом.

Нивелирные рейки должны иметь шашечный рисунок с сантиметровыми или двухсантиметровыми делениями.

Нивелирование выполняется в одном направлении. Отсчеты по рейке, установленной на нивелирный башмак, костыль или вбитый в землю кол, производятся по средней нити.

При нивелировании соблюдается следующий порядок работы на станции:

- отсчеты по черной и красной сторонам задней рейки;
- отсчеты по черной и красной сторонам передней рейки.

Расхождения превышений на станции, определенных по черным и красным сторонам реек, не должны превышать 5 мм.

Расстояния от прибора до реек определяются по крайним дальномерным нитям трубы. Нормальная длина визирного луча 120 м. При хороших условиях видимости и спокойных изображениях длину луча можно увеличить до 200 м.

Невязки нивелирных ходов или замкнутых полигонов не должны превышать величин, вычисленных по формуле:

$$f = 50\sqrt{L}, \text{ мм} \quad (16)$$

где L - длина хода (полигона) в км.

На местности со значительными углами наклона, когда число станций на 1 км хода более 25, допустимая невязка подсчитывается по формуле

$$f = 10\sqrt{n}, \text{ мм} \quad (17)$$

где n – число штативов в ходе (полигоне).

Контролем точности измерений в ходе служит невязка f_h , которую вычисляют по формулам:

- в разомкнутом ходе

$$f_h = \sum h_{\text{ср}} - (H_{\text{кон}} - H_{\text{нач}}); \quad (18)$$

- в замкнутом ходе

$$f_h = \sum h_{\text{ср}}, \quad (19)$$

где $\sum h_{\text{ср}}$ – сумма средних превышений в ходе; $H_{\text{кон}}$ и $H_{\text{нач}}$ – высоты конечного и начального реперов.

Если выполняется равенство $f_h \leq f_{\text{доп}}$, то невязку равномерно распределяют в измеренные превышения. Поправку к превышению вычисляют по формуле

$$\delta_h = -f_h / n, \quad (20)$$

где n – число превышений в ходе. Поправками исправляют измеренные превышения: $h'_i = h_i + \delta_h$. Используя исправленные превышения, последовательно вычисляют отметки всех точек нивелирного хода.

$$H_{i+1} = H_i + h'_i \quad (i = 1, 2, \dots, n). \quad (21)$$

Нивелирование IV класса

Нивелирные ходы IV класса прокладываются в одном направлении. Длина линий не должна превышать 50 км.

Нивелирование выполняется нивелирами, имеющими увеличение трубы не менее 25х, цену деления уровня не более 25" на 2 мм, и нивелирами с самоустанавливающейся линией визирования и им равноточными.

Перед началом полевых работ должны выполняться полевые поверки и исследования нивелиров, а также компарирование реек.

Рейки для нивелирования IV класса применяются двусторонние шашечные, отсчеты по черным и красным сторонам реек производят по

средней нити. Для определения расстояний от нивелира до реек производятся отсчеты по дальномерным нитям по черным сторонам реек.

Порядок наблюдений на станции следующий:

- отсчет по черной стороне задней рейки;
- отсчет по черной стороне передней рейки;
- отсчет по красной стороне передней рейки;
- отсчет по красной стороне задней рейки.

Расхождение значений превышения на станции, определенного по черным и красным сторонам реек, допускается до 5 мм.

Неравенство расстояний от нивелира до реек на станции допускается до 5 м, а накопление их по секции - до 10 м.

Нормальная длина луча визирования 100 м. Если нивелирование выполняется нивелиром, у которого труба имеет увеличение не менее 30х, то при отсутствии колебаний изображений разрешается увеличивать длину луча визирования до 150 м.

Невязки в ходах между исходными пунктами и в полигонах должны быть не более $20\sqrt{L}$ (мм) при числе станций менее 15 на 1 км хода и $5\sqrt{n}$ (мм) при числе станций более 15 на 1 км хода, где L – длина хода (полигона) в км; n – число станций в ходе (полигоне).

По окончании нивелирования IV класса должны быть представлены:

- схема ходов нивелирования;
- журналы нивелирования;
- материалы исследований нивелиров и компарирования реек;
- ведомость превышений;
- материалы вычислений и оценки точности;
- абрисы нивелирных марок, ственных и грунтовых реперов;
- каталог высот марок и реперов;
- пояснительная записка.

3.3. Съёмка местности

Тахеометрическая съёмка производится электронными тахеометрами или теодолитами.

Для выполнения съёмки прибор устанавливают на точке съёмочной сети, центрируют и горизонтируют. Измеряют высоту прибора k над центром пункта.

Ориентируют горизонтальный круг, то есть устанавливают его в такое положение, чтобы при трубе, направленной по стороне хода AB , отсчет по горизонтальному кругу был равен $0^\circ 00'$.

Определяют место нуля M_0 вертикального круга.

Реечник устанавливает рейку на пикете I . Наблюдатель наводит трубу прибора на рейку, читает по рейке высоту точки наведения l и берет отсчеты: по нитяному дальномеру (расстояние s_1), по горизонтальному кругу (угол β_1), по вертикальному кругу (отсчет КЛ).

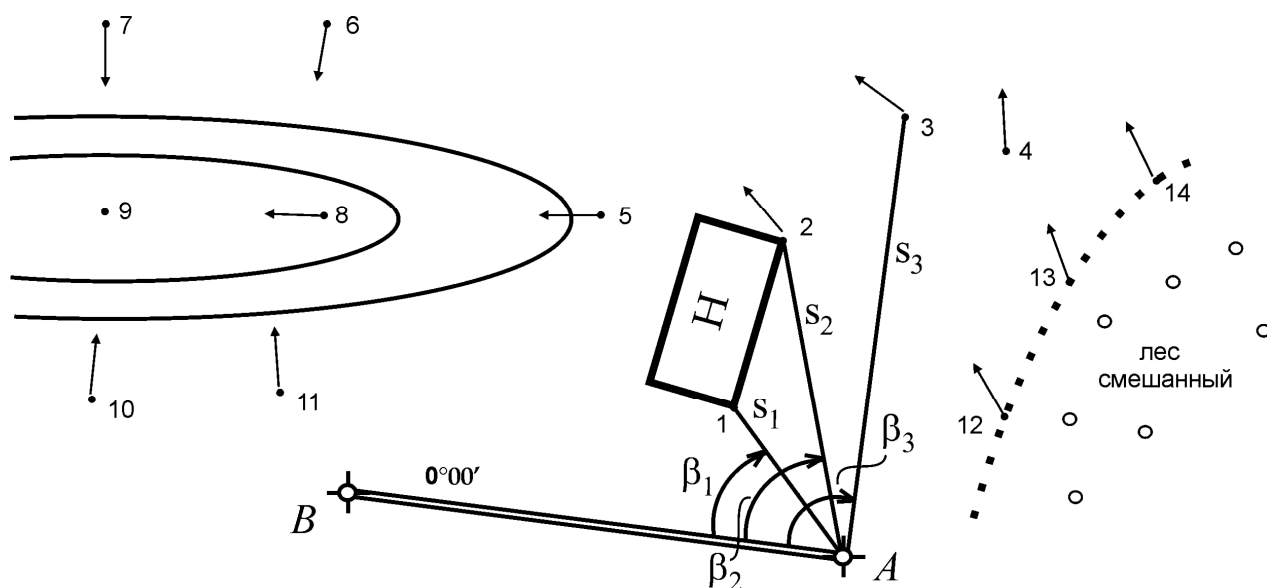


Рис. 7. Абрис тахеометрической съёмки

Расстояния от точек съёмочных станций до пикетов и расстояния между пикетами не должны превышать допусков, указанных в табл. 4.

При ведении тахеометрической съёмки должен осуществляться контроль за сохранением ориентирования лимба прибора. По окончании работ на точке ориентировка прибора должна быть промерена, результаты контроля записываются в журнале.

Изменение ориентирования за период съемки с данной точки допускается не более 1,5'.

В целях контроля и во избежание пропусков ("окон") при тахеометрической съемке следует определять с каждой станции несколько пикетов, определенных с соседних станций.

Таблица 4

Масштаб съемки	Сечение рельефа, м	Максимальное расстояние между пикетами, м	Максимальное расстояние от прибора до рейки при съемке рельефа, м	Максимальное расстояние от прибора до рейки при съемке контуров, м
1:5 000	0,5	60	250	150
	1,0	80	300	150
	2,0	100	350	150
	5,0	120	350	150
1:2 000	0,5	40	200	100
	1,0	40	250	100
	2,0	50	250	100
1:1000	0,5	20	150	80
	1,0	30	200	80
1:500	0,5	15	100	60
	1,0	15	150	60

Измеренные на станции расстояния до пикетных точек, горизонтальные и вертикальные углы записывают в полевой журнал.

Параллельно с полевым журналом на каждой станции ведется абрис. Абрисы оформляют условными знаками (с пояснительными подписями), примерно выдерживая масштаб съемки, на отдельных для каждой станции листах, ориентированных по ходу, на которых указывают направление ориентирования лимба. В абрисы зарисовывают все пикетные точки. При этом показывают структурные линии рельефа (тальвеги, водоразделы, перегибы скатов и др.) и схематично рельеф горизонталями.

Реечные точки должны без пропусков и равномерно покрывать территорию съемки. Для обеспечения этого требования производится

детальный осмотр местности, подлежащей съемке с данной станции, и сопоставляются данные осмотра с абрисами соседних станций.

Выполнение полевых работ при тахеометрической съемке необходимо сочетать с незамедлительной полной камеральной обработкой материалов съемки, при этом должно быть выполнено следующее:

- а) проверка полевых журналов и составление подробной схемы съемочного обоснования;
- б) вычисление координат и высот точек (до 0,01 м) теодолитных ходов;
- в) вычисление в полевых журналах высот всех пикетов на станции;
- г) накладка точек съемочного обоснования, теодолитных ходов, пикетных точек; проведение горизонталей и нанесение ситуации.

Каждый полученный в результате тахеометрической съемки планшет до его вычерчивания в туши тщательно корректируется и проверяется в поле путем сличения рельефа и ситуации, изображенных на планшете, с местностью. Точность съемки проверяется инструментально.

Обработка результатов измерений выполняется по формулам:

– вычисление углов наклона

$$v = L - M_0; \quad (22)$$

– вычисление горизонтальных расстояний

$$d = s \cdot \cos^2 v; \quad (23)$$

– вычисление превышений

$$h = \frac{1}{2} s \cdot \sin(2v) + k - l \quad \text{или} \quad h = d \cdot \operatorname{tg} v + k - l; \quad (24)$$

– вычисление высоты съемочных пикетов

$$H_{\text{п}} = H_{\text{ст}} + h, \quad (25)$$

где $H_{\text{ст}}$ – высота точки стояния прибора.

Особенности съемки застроенных территорий

При съемке застроенных территорий способами перпендикуляров и засечек расстояния между створными точками при измерении их стальной рулеткой или оптическими дальномерами не должно превышать значений, указанных в табл. 5.

Таблица 5

Масштаб съемки	Расстояния между створными точками, м	
	измеренные рулеткой	измеренные оптическим дальномером
1:2000	80	120
1:1000	60	80
1:500	40	50

При съемке способом перпендикуляров (рис.8, а) длины перпендикуляров не должны быть больше приведенных в табл. 6.

Длина перпендикуляров измеряется один раз с точностью до 1 см.

Таблица 6

Масштаб съемки	Длина перпендикуляра, м	
	глазомерная установка	установка эккером
1:2000	8	60
1:1000	6	40
1:500	4	20

Перпендикуляры более указанных значений подкрепляются линейными засечками, длина которых не должна превышать длины мерного прибора.

Способ прямых угловых засечек (рис.8,б) применяется там, где невозможно производить непосредственное измерение расстояний.

Для определения положения снимаемой точки измеряются два угла, примыкающих к базису. Базисом может быть сторона или часть теодолитного хода или любые два пункта планового обоснования, между которыми существует видимость.

Примычные углы измеряются одним полуприемом с точностью 1'.

Угол при определяемой точке должен быть в пределах 30° – 150°.

Значения допустимых расстояний до определяемой точки при способе угловых засечек приведены в табл. 7.

Таблица 7

Масштаб съемки	Расстояния до контуров, м	
	четких	нечетких
1:2000	400	1200
1:1000	200	600
1:500	100	300

При съемке методом линейных засечек (рис.8, в) рулетка укладывается в створе съёмочной линии и на ней выбирают точки основания засечек с таким расчетом, чтобы они вместе с определяемой точкой составляли равносторонний треугольник.

Точки основания засечек должны отмечаться на делениях ленты, соответствующих целым метрам. Длина стороны засечки измеряется стальной рулеткой и не должна превышать длины рулетки.

Углы кварталов, опорных зданий и других важных контуров определяются тремя засечками.

При выполнении горизонтальной съемки все данные промеров наносятся на абрис, который ведется на плотной бумаге в карандаше в соответствующих условных знаках. Перерисовка абриса запрещается.

Содержание топографических планов

В соответствии с п. п. 2.4 и 2.5 Инструкции [4] на топографических планах масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500 достоверно и с необходимой степенью точности и подробности в зависимости от масштаба плана изображаются:

- пункты триангуляции, полигонометрии, трилатерации, грунтовые реперы и пункты съёмочного обоснования, закрепленные на местности (наносятся по координатам). На планах масштаба 1:5000 могут не показываться пункты геодезических сетей сгущения в стенах зданий, а также стенные реперы и марки;

- здания и постройки жилые и нежилые с указанием их назначения, материала (для огнестойких) и этажности. Постройки, выражающиеся в масштабе плана, изображают по контурам и габаритам их цоколей. Архитектурные выступы и уступы зданий и сооружений отображаются, если величина их на плане 0,5 мм и более;

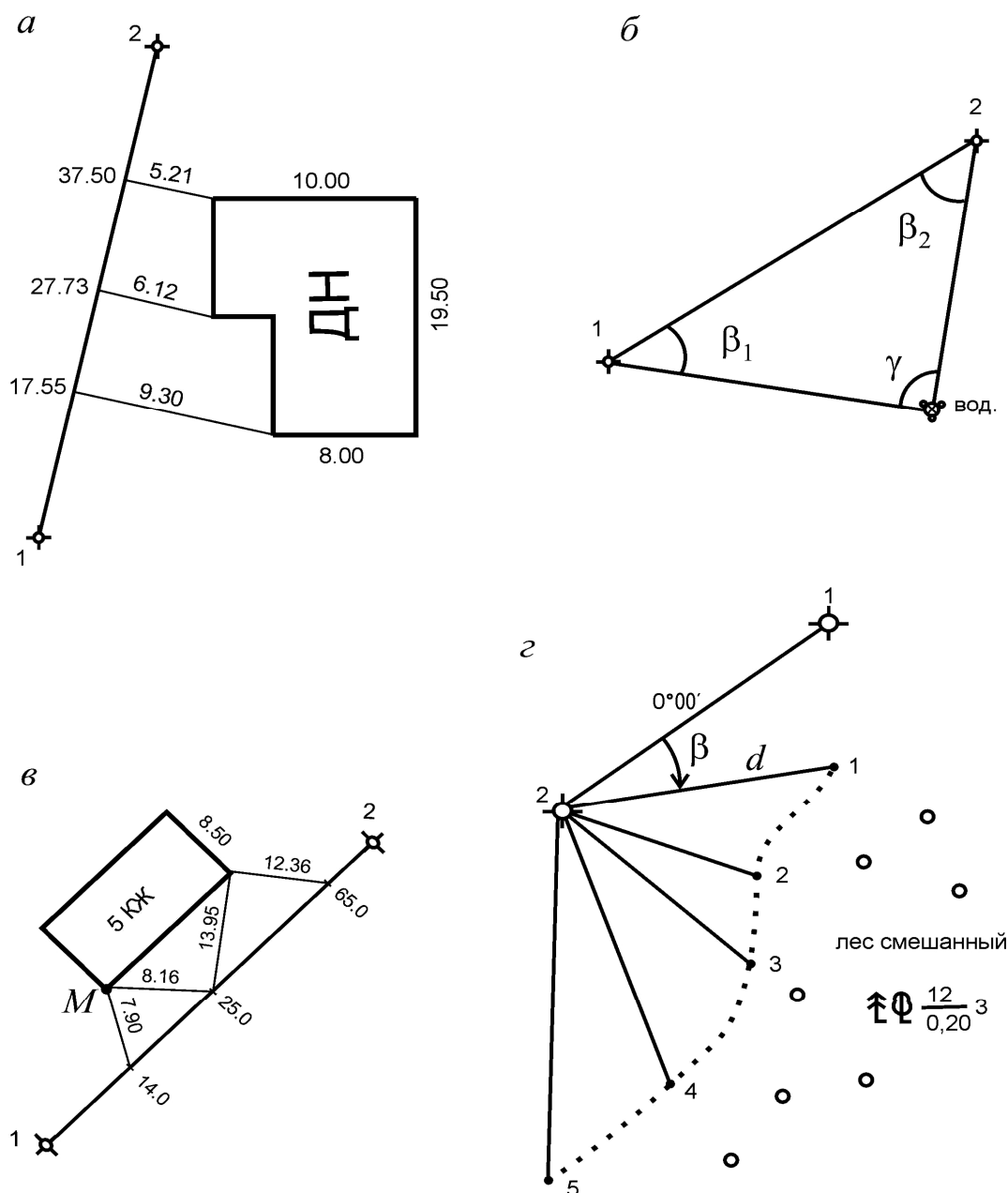


Рис. 8. Способы съемки ситуации:
а – прямоугольных координат; *б* – угловой засечки;
в – линейной засечки; *г* – полярных координат

– промышленные объекты – комплексы строений и сооружений заводов, фабрик, электростанций, шахт, карьеров, торфоразработок и т.д.; буровые и эксплуатационные скважины, нефтяные и газовые вышки, цистерны, наземные трубопроводы, линии электропередачи высокого и низкого напряжения, колодцы и сети подземных коммуникаций; объекты коммунального хозяйства. Из подземных трубопроводов обязательному изображению на планах масштаба 1:5000 (кроме застроенной территории) подлежат только нефте-, газо- и водопроводы, положение которых на плане наносится по координатам

прокладок, по показаниям приборов поиска подземных коммуникаций или непосредственным изображением, когда их местоположение хорошо читается на местности; на планах масштабов 1:2000 - 1:500 подземные трубопроводы и прокладки показываются в том случае, если имеется исполнительная съемка соответствующего масштаба или специальное задание на съемку подземных коммуникаций;

- железные, шоссейные и грунтовые дороги всех видов и сооружения при них - мосты, туннели, переезды, переправы, путепроводы, виадуки и т.п.;

- гидрография – реки, озера, водохранилища, площади разливов, приливно-отливные полосы и т.д. Береговые линии наносятся по фактическому состоянию на момент съемки или на межень;

- объекты гидротехнические и водного транспорта - каналы, канавы, водоводы и водораспределительные устройства, плотины, пристани, причалы, молы, шлюзы, маяки, навигационные знаки и др.;

- объекты водоснабжения - колодцы, колонки, резервуары, отстойники, естественные источники и др.;

- рельеф местности с применением горизонталей, отметок высот и условных знаков обрывов, скал, воронок, осыпей, оврагов, оползней, ледников и др. Формы микрорельефа изображаются полугоризонталями или вспомогательными горизонталями с отметками высот местности;

- растительность древесная, кустарниковая, травяная, культурная растительность (леса, сады, плантации, луга и др.), отдельно стоящие деревья и кусты. При создании планов масштабов 1:1000 и 1:500 по дополнительным требованиям каждое дерево может быть снято инструментально с показом его породы знаком и надписью (подеревная съемка);

- грунты и микроформы земной поверхности: пески, галечники, такыры, глинистые, щебеночные, монолитные, полигональные и другие поверхности, болота и солончаки;

- границы – политико-административные, землепользований и заповедников, различные ограждения. Границы районов и городских земель

наносятся по координатам имеющихся поворотных пунктов границ или по имеющимся ведомственным картографическим материалам.

На топографических планах помещаются собственные названия населенных пунктов, улиц, железнодорожных станций, пристаней, лесов, песков, солончаков, вершин, перевалов, долин, балок, оврагов и других географических объектов.

Литература

1. Геодезия. Поклад Г.Г., Гриднев. – СПб. М.: Академический проект, 2007.
2. Инженерная геодезия. Федотов Г.А. – 5-е изд. – М.: Высшая школа, 2009.
3. Инструкция по нивелированию I, II, III, IV класса. – М.: ЦНИИГАиК, 2004.
4. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. – М.: Недра, 1985.
5. Инженерная геодезия: учебник для студ. высш. учеб. заведений /Е.Б.Клюшин, М.И.Киселев, Д.Ш.Михелев, В.Д. Фельдман/; под ред. Д.Ш.Михелева. – 8-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2008г.