

## **ВВЕДЕНИЕ**

Учебник методически построен таким образом, чтобы на первой стадии обучения курса инженерной геодезии студенты могли ознакомиться с общими сведениями об инженерно-геодезических изысканиях для строительства, на второй стадии — о методиках инженерно-геодезического обеспечения строительства зданий и сооружений и на третьей стадии — с конкретными способами решения прикладных задач, которые решает инженер-геодезист на строительной площадке практически ежедневно.

Впервые в практике издания учебников и учебных пособий в нашей стране данная книга содержит большое количество иллюстраций для наглядного понимания процесса строительства и образцов документации, которые обязан разрабатывать геодезист.

Учебник в соответствии с приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 674 от 07.06.2016 относится к дисциплинам государственного образовательного стандарта следующих направлений подготовки дипломированных специалистов:

05.00.00 — Науки о земле.

07.03.01 и 07.04.01 — Архитектура.

07.03.02 и 07.04.02 — Реконструкция и реставрация архитектурного наследия (об этом немного говорится в книге).

07.03.04 и 07.04.04 — Градостроительство.

08.03.01 и 08.04.01 — Строительство.

21.03.03 и 21.04.03 — Геодезия и дистанционное зондирование.

# **1. РЕШЕНИЕ ОСНОВНЫХ ЗАДАЧ ПРИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЯХ**

## **Введение**

Инженерно-геодезические работы являются чрезвычайно важной частью комплекса работ по изысканиям, проектированию, строительству и эксплуатации сооружений различного назначения. Эти работы во многом определяют как стоимость и качество строительства, так и условия последующей эксплуатации инженерных объектов.

С развитием научно-технического прогресса происходят фундаментальные изменения технологий и методов проектно-изыскательских работ и строительства инженерных объектов, что находит отражение в изменении состава и методов производства инженерно-геодезических работ, а также в качественном изменении парка используемого геодезического оборудования. В проектно-изыскательских и строительных процессах широко применяются системы автоматизированного проектирования (САПР), автоматизированные системы управления строительством (АСУС), геоинформационные системы (ГИС) и т. д.

Инженер-строитель должен работать как с традиционными видами инженерно-геодезической информации — топографическими картами и планами, так и с их электронными аналогами — электронными картами (ЭК), являющимися основой ГИС, цифровыми (ЦММ) и математическими (МММ) моделями местности, на базе которых осуществляется системное автоматизированное проектирование инженерных объектов на уровне САПР.

В связи с тем, что при проектировании на уровне САПР резко увеличивается необходимый объем геодезической информации, инженер-строитель на современном этапе развития научно-технического прогресса должен владеть не только традиционными методами геодезических работ, но и методами, построенными на последних достижениях науки и техники.

Для выполнения инженерно-геодезических работ в настоящее время нашли широкое применение электронные тахеометры, электронные цифровые нивелиры, лазерные сканирующие системы, приборы спутниковой навигации и др. [3, 4, 12, 23, 32].

Использование такого оборудования позволяет максимально сократить объемы и стоимость полевых работ за счет увеличения камеральных работ при широком применении средств автоматизации и вычислительной техники.

### **1.1. Инженерно-геодезические изыскания как часть общей задачи инженерных изысканий для строительства**

В нашей стране, как и во всем мире, инженерные изыскания выполняются задолго до начала строительства. Под изысканиями понимают комплекс экономических, геологических, гидрометеорологических, геодезических, экологических и других исследований и работ в районе намечаемого строительства с целью получения данных для принятия решений по общим и частным вопросам

проектирования, строительства и эксплуатации сооружений [28]. Для реализации масштабных проектов эти работы и исследования могут длиться не один год, так как всегда рассматриваются несколько вариантов местоположения объекта, и каждый вариант надо детально изучить и проанализировать, а затем выполнить дополнительные проработки выбранного варианта. В качестве примера по временным затратам можно сказать, что готовый к реализации нетиповой проект строительства средней по мощности трансформаторной подстанции на участке площадью 1 гектар ( $100 \times 100$  м) с проработкой всех подключений быстрее, чем за шесть месяцев, «не рождается». Проектирование на этапе разработки рабочей документации запрещается осуществлять по картографическим материалам (топографическим планам) старше трех лет. Это является особенно важным, и поэтому к инженерно-геодезическим изысканиям относятся с предельно возможной ответственностью. Если учесть масштабы Российской Федерации и масштабы строительства в ней, то можно представить, какой большой объем топографо-геодезических изысканий выполняют топографы, геодезисты и картографы нашей страны.

Инженерно-геодезические изыскания для строительства должны обеспечивать получение топографо-геодезических материалов и данных о ситуации и рельефе местности (в том числе дна водотоков, водоемов и акваторий), существующих зданиях и сооружениях ( наземных, подземных и надземных) и других элементах планировки (в цифровой, графической, фотографической и иных формах), необходимых для комплексной оценки природных и техногенных условий территории (акватории) строительства и обоснования проектирования, строительства, эксплуатации и ликвидации объектов, а также создания и ведения государственных кадастров, обеспечения управления территорией, проведения операций с недвижимостью.

В ходе выполнения инженерно-геодезических изысканий, включающих геодезические, топографические, аэрофотосъемочные, стереофотограмметрические, инженерно-гидрографические, трассировочные работы, геодезические стационарные наблюдения, кадастровые и другие специальные работы и исследования, а также геодезические работы в процессе строительства, эксплуатации и ликвидации предприятий, зданий и сооружений, осуществляются:

- развитие опорных геодезических сетей, включая геодезические сети специального назначения для строительства;
- обновление топографических и инженерно-топографических планов;
- создание инженерно-топографических планов (в графической, цифровой, фотографической и иных формах), профилей и других топографо-геодезических материалов и данных, предназначенных для обоснования проектной подготовки строительства (градостроительной документации, обоснований инвестиций в строительство, проектов и рабочей документации).

Инженерно-геодезические изыскания для строительства выполняются как самостоятельный вид инженерных изысканий либо в комплексе с другими видами инженерных изысканий (изыскательских работ и исследований), в том числе инженерно-геологическими, инженерно-гидрометеорологическими и ин-

женерно-экологическими изысканиями, а также изысканиями грунтовых строительных материалов и источников водоснабжения на базе подземных вод.

Рассмотрим несколько подробнее процесс инженерно-геодезических изысканий, при которых выполняются:

- сбор и обработка материалов инженерных изысканий прошлых лет, топографо-геодезических, картографических, аэрофотосъемочных и других материалов и данных;
- рекогносцировочное обследование территории (акватории) изысканий;
- создание (развитие) опорных геодезических сетей (плановых сетей 3-го и 4-го классов и сетей сгущения 1-го и 2-го разрядов, нивелирной сети II, III, IV классов), а также геодезических сетей специального назначения для строительства;
- создание планово-высотных съемочных геодезических сетей;
- топографическая (наземная, аэрофототопографическая, стереофотограмметрическая и др.) съемка в масштабах 1:10000–1:200, включая съемку подземных и надземных сооружений;
- перенесение проекта в натуру;
- обновление топографических (инженерно-топографических) планов в масштабах 1:10000–1:200 и кадастровых планов в графической, цифровой, фотографической и иных формах;
- инженерно-гидрографические работы;
- геодезические работы, связанные с переносом в натуру и привязкой горных выработок, геофизических и других точек инженерных изысканий;
- геодезические стационарные наблюдения за деформациями оснований зданий и сооружений, земной поверхности и толщи горных пород в районах развития опасных природных и техногенных процессов;
- инженерно-геодезическое обеспечение ГИС поселений и предприятий, государственных кадастров (градостроительного и др.);
- создание (составление) и издание (размножение) инженерно-топографических планов, кадастровых и тематических карт и планов, атласов специального назначения (в графической, цифровой и иных формах);
- камеральная обработка материалов;
- составление технического отчета (пояснительной записки).

Опорная геодезическая сеть должна проектироваться с учетом ее последующего использования при геодезическом обеспечении строительства и эксплуатации объекта.

Плотность пунктов опорной геодезической сети при производстве инженерно-геодезических изысканий следует устанавливать в программе изысканий из расчета:

- не менее четырех пунктов на 1 км<sup>2</sup> на застроенных территориях;
- один пункт на 1 км<sup>2</sup> на незастроенных территориях.

Предельная погрешность (предельная ошибка) взаимного планового положения смежных пунктов опорной геодезической сети после ее уравнивания не должна превышать 5 см.

Закрепление пунктов опорной геодезической сети на местности и их наружное оформление должны осуществляться в соответствии с требованиями нормативных документов Роскартографии [35] и с учетом требований производственно-отраслевых (ведомственных) нормативных документов по производству инженерно-геодезических изысканий для отдельных видов строительства (гидротехническое, энергетическое, транспортное, мелиоративное и др.).

Целесообразно совмещать центры плановой геодезической сети и реперы нивелирных линий.

Допускается по согласованию с органом, осуществляющим регистрацию (выдачу разрешений) производства инженерно-геодезических изысканий, использовать типы центров и реперов, конструкция которых отличается от установленных в нормативных документах Роскартографии, при условии обеспечения требований к их устойчивости, долговременной сохранности, внешнему оформлению и охране природной среды (сохранение ценных угодий, насаждений и др.). Охрана пунктов опорной геодезической сети должна выполняться в соответствии с [34].

Нивелирные знаки должны закладываться в стены капитальных зданий и сооружений, построенных не менее чем за два года до закладки знака.

Грунтовые реперы следует закладывать только в случае отсутствия капитальных зданий (сооружений) вблизи места расположения.

Производить нивелирование от стенных марок и реперов допускается не раньше, чем через трое суток после их закладки, а от фундаментальных и грунтовых реперов — не раньше чем через 10 дней после засыпки котлована.

В районах распространения многолетнемерзлых грунтов фундаментальные и грунтовые реперы нивелирования могут быть использованы при:

- котлованном способе закладки репера — в следующий после закладки полевой сезон;
- закладке репера бурением — не раньше чем через 10 дней после закладки;
- закладке репера бурением с протаиванием грунта — не раньше чем через два месяца после закладки.

Инженерно-геодезические изыскания в период строительства и эксплуатации предприятий, зданий и сооружений в соответствии с требованиями п. 5.4 СП 47.13330.2012 [39] включают:

- создание геодезической разбивочной сети (основы) для строительства;
- вынос в натуру основных или главных разбивочных осей зданий и сооружений;
- геодезические разбивочные работы в процессе строительства;
- геодезический контроль точности геометрических параметров зданий и сооружений в процессе строительства;
- исполнительные геодезические съемки планового и высотного положения элементов конструкций и частей зданий (сооружений) и инженерных коммуникаций;
- наблюдения за деформациями оснований зданий и сооружений, земной поверхности и толщи горных пород в районах развития опасных природных и

техногенных процессов, в том числе при выполнении локального мониторинга территории строительства;

– стереофотограмметрические съемки по определению геометрических размеров элементов зданий, сооружений, технологических установок, архитектурных и градостроительных форм;

– геодезические работы при монтаже оборудования, съемке и выверке подкрановых путей и проверке вертикальных колонн, сооружений и их элементов;

– геодезические работы по определению в натуре скрытых подземных сооружений при ремонтных работах и др.;

– составление исполнительной геодезической документации. Также следует руководствоваться сводом правил СП 317.1325800.2017. «Инженерно-геодезические изыскания для строительства».

Геодезическую разбивочную основу для строительства следует создавать в виде геодезических построений, пункты которых определяют на местности проектное положение зданий и сооружений и обеспечивают выполнение инженерно-геодезических изысканий в процессе строительства и эксплуатации зданий и сооружений (рис. 1.1, 1.2).



Рис. 1.1  
Пункт разбивочной сети, закрепленный на местности



Рис. 1.2

Внешний вид: *a* — пункта городской полигонометрии; *б* — репера, закладываемого в стену

Работы по построению геодезической разбивочной основы следует выполнять по проекту, составленному на основе генерального плана (разбивочный план по ГОСТ 21.508-93 [8]) и строительного генплана, с учетом обеспечения сохранности и устойчивости пунктов геодезической основы и их использования в процессе строительства и эксплуатации объекта, его расширения и реконструкции.

Плановую разбивочную основу надлежит создавать в виде:

- красных или других линий регулирования застройки, основных или главных осей, определяющих габариты зданий и сооружений;
- строительной сетки с размерами сторон от 50 до 200 м, основных или главных осей зданий и сооружений;
- сетей триангуляции и трилатерации, полигонометрических или теодолитных ходов, угловых и линейных засечек, как правило, для строительства гидротехнических и линейных сооружений.

Высотную геодезическую разбивочную основу следует создавать в виде нивелирных ходов и полигонов, опирающихся не менее чем на два репера государственной (опорной) геодезической или местной нивелирной сети.

Проект геодезической разбивочной основы должен содержать:

- геодезический разбивочный чертеж;
- каталоги координат и высотных отметок исходных пунктов;
- каталоги проектных координат и высотных отметок;
- чертежи геодезических знаков;
- пояснительную записку с обоснованием точности построения разбивочной основы.

Места заложения геодезических знаков должны указываться на строительном генплане проекта организации строительства и на рабочих чертежах генерального плана.

Геодезическую разбивочную основу следует создавать, как правило, в строительной системе координат и высот, с привязкой к местной системе координат, принятой для населенного пункта. Пункты геодезической основы должны вычисляться в двух системах координат — строительной сетки и местной. Инженерно-топографические планы составляются в местной системе координат с нанесением строительной сетки.

Точность построения разбивочной геодезической основы регламентируется требованиями СП 126.13330.2012 [18, 26, 37], а для специальных видов строительства (гидротехнического, энергетического, транспортного и др.) — требованиями соответствующих производственно-отраслевых (ведомственных) нормативных документов.

Геодезические разбивочные работы в процессе строительства должны обеспечивать вынос в натуру от пунктов геодезической разбивочной основы осей и отметок, определяющих в плане и по высоте проектное положение конструктивных элементов, частей зданий, сооружений и осей инженерных коммуникаций.

В обобщенном виде допустимые геометрические отклонения и средние квадратические погрешности разбивочных работ при возведении гражданских зданий и промышленных сооружений приведены в таблице 1.1.

Для выполнения детальной разбивки зданий и сооружений на исходном и монтажном горизонтах надлежит создавать внутреннюю разбивочную сеть.

Пункты внутренней разбивочной сети на исходном горизонте должны быть привязаны непосредственно к пунктам геодезической разбивочной основы, а пункты внутренней разбивочной сети на монтажном горизонте к пунктам внутренней сети на исходном горизонте.

Точность передачи координат пунктов разбивочной сети с исходного горизонта на монтажный следует контролировать путем сравнения расстояний и углов между соответствующими пунктами исходного и монтажного горизонтов.

Высотную разбивку положения конструктивных элементов зданий и сооружений следует выполнять от реперов геодезической разбивочной основы. Количество реперов, от которых передаются высотные отметки, должно быть не менее двух.

В процессе строительства следует проводить геодезический контроль геометрических параметров зданий и сооружений.

Геодезический контроль включает определение фактического положения в плане и по высоте элементов конструкций и частей зданий и сооружений в процессе их монтажа и временного закрепления.

Таблица 1.1

**Допустимые геометрические отклонения и средние квадратические погрешности разбивочных работ**

Конструктивный элемент, вид работ и контролируемый параметр	Допустимые отклонения, мм	Средние квадратические погрешности разбивки, мм
1. Горизонтальное смещение осей фундаментных блоков и стаканов относительно монтажных осей	13	3
2. Отклонения поверхности основания под фундаменты в котловане	-10	3
3. Отклонение отметок верхней опорной поверхности в гражданских зданиях	10	2
4. Отклонение поверхности ленточного фундамента от горизонтального положения на 10 м длины	10	2
5. Отклонение отметки dna стакана фундаментов в производственных зданиях	-20	4
6. Смещение опалубки в плане	15	3
7. Отклонение опалубки по вертикали на 1 м высоты	5	1
8. Отклонение отметки поверхности фундамента для опирания стальной колонны по высоте	5	1
9. Смещение опорных болтов в плане, расположенных внутри контура опоры	5	1
10. Отклонение отметки вертикального торца анкерного болта	20	4

Продолжение табл. 1.1

Конструктивный элемент, вид работ и контролируемый параметр	Допустимые отклонения, мм	Средние квадратические погрешности разбивки, мм
11. Отклонение оси колонны от разбивочной оси в нижнем сечении	5	1
12. Отклонение оси колонны от разбивочной оси в верхнем сечении при высоте колонны до 8 м	20	4
13. Боковое отклонение стенных панелей и блоков в нижнем и верхнем сечениях соответственно	8 и 18	2 и 3
14. Передача отметки на высоту монтажного горизонта до 15 м и до 60 м соответственно	—	3 и 4
15. Разность отметок поверхности перекрытия на контролируемый участок (на «захватку»)	20	4
16. Разность отметок поверхности перекрытия на комнату	10	2
17. Смещение продольной оси подкрановой балки от разбивочной оси	5	1
18. Отклонение по высоте консолей подкрановых балок на двух соседних колоннах вдоль ряда и в пролете	15	4
19. Отклонение рельса от прямой линии на участке длиной 40 м для мостового крана	15	4
20. Разность отметок рельса (по головке) на соседних опорах ряда и в пролете соответственно	15 и 20	4
21. Отклонение в расстоянии между рельсами в пролете	10	2

Перечень элементов конструкций и частей зданий и сооружений, подлежащих геодезическому контролю, методы и порядок проведения контроля следует устанавливать в проекте производства работ (ППР) или в проекте производства геодезических работ (ППГР). Проект производства геодезических работ в обязательном порядке создается для всех уникальных сооружений.

По окончании строительства или монтажа отдельных конструкций и частей зданий и сооружений выполняют их исполнительную съемку с целью подтверждения соответствия законченного строительства проекту. Исполнительную геодезическую съемку элементов конструкций и частей зданий и сооружений, подлежащих исполнительной съемке, устанавливает проектная организация.

Обязательной исполнительной съемке подлежат все надземные и подземные коммуникации.

Исполнительные съемки подземных коммуникаций надлежит выполнять в открытых траншеях и котлованах до их засыпки.

Плановое и высотное положение элементов конструкций и частей зданий и сооружений при геодезическом контроле и исполнительных съемках определяют от знаков внутренней разбивочной сети здания и сооружения или ориентиров, которые использовались при разбивочных работах, а инженерных коммуникаций — от знаков геодезической разбивочной основы или твердых точек капитальных зданий и сооружений.

Погрешность измерения при выполнении геодезического контроля и исполнительных съемок должна быть не более 0,2 величины отклонений, допус-

каемых проектом, строительными нормами и правилами, и государственными стандартами. Следовательно, средняя квадратическая погрешность разбивочных работ должна быть в пять раз меньше допустимого геометрического отклонения конструкции от проектного положения.

К особому виду геодезических работ относятся контрольно-исполнительные съемки подземных коммуникаций по окончании строительства. Этот вопрос заслуживает написания отдельной книги и в данном учебнике не рассматривается. Отметим, что при выполнении исполнительной съемки инженерных коммуникаций следует снимать:

- центры люков, колодцев и камер;
- коверы, аварийные выноски, запорную и контрольную арматуру, расположенную вне колодцев и камер;
- углы поворота прокладок, главные точки кривых (начало, середина и конец), точки изломов и изгибов, створные точки на прямых участках;
- точки пересечения оси основной прокладки с осями присоединения и отвода;
- оси пересекающих или идущих параллельно снимаемой прокладке существующих подземных коммуникаций, вскрытых при строительстве;
- сварныестыки стальных трубопроводов;
- центры муфт по кабельным прокладкам.

При съемке характерных точек подземных коммуникаций выполняют габаритные обмеры и контрольные измерения расстояний между снятыми точками.

По материалам исполнительной съемки составляют исполнительную геодезическую документацию, включающую:

- исполнительные схемы по элементам конструкций и частей зданий и сооружений;
- исполнительные чертежи по подземным коммуникациям;
- исполнительные чертежи по надземным коммуникациям;

Методы и требования к точности геодезических измерений при наблюдениях за деформациями оснований зданий и сооружений в процессе строительства и эксплуатации зданий и сооружений следует принимать в соответствии с требованиями ГОСТ 24846-81 [10]. При этом исполнительные чертежи подземных сооружений и коммуникаций выполняются в масштабе, в отличие от исполнительных схем строительных конструкций и частей наземных сооружений, которые оформляются не в масштабе.

Общие требования к оформлению исполнительной документации изложены в ГОСТ Р 51872-2002 [11] и СП 126.13330.2012 [37].

## 1.2. Топографические съемки

### 1.2.1. Общие сведения о топографических съемках

Топографической съемкой называется комплекс геодезических работ, выполняемых на местности для составления топографических карт и планов. В инженерной геодезии выполняют в основном съемки крупных масштабов, а именно 1:500, 1:1000, 1:2000 и 1:5000.

Съемке и отображению на топографических планах подлежат все объекты, имеющиеся на рассматриваемом участке, а также рельеф местности.

Точки, определяющие на плане контуры объектов, условно подразделяются на твердые и нетвердые. К твердым относятся четко выраженные контуры сооружений, построенных из прочных материалов (камень, кирпич, бетон), например фундаменты капитальных зданий. Контуры, не имеющие четких границ, например грунтовые дороги, луга, пашни, относятся к нетвердым.

При съемке местности различают три этапа работ: подготовительные, полевые и камеральные. В процессе подготовительных работ выбирают необходимый масштаб съемки, подбирают методы, оборудование и инструменты, определяют сроки и стоимость работ. В процессе полевых работ выполняют геодезические измерения на местности. При камеральных работах производят обработку полученной в поле информации и получают планы и карты.

Различают следующие виды топографической съемки: тахеометрический, нивелирование поверхности, фототопографический, мензульный, с помощью спутниковых приемников, а также воздушных и наземных лазерных сканеров.

Выбор метода съемки зависит от многих факторов: масштаба съемки, размера участка, особенностей местности (застроенная, незастроенная, залесенная, равнинная, холмистая), наличия оборудования и специалистов, сроков выполнения работ и др. Распространенный ранее метод мензульной (углоначертательной) съемки после появления электронных тахеометров практически не применяется.

В результате топографических съемок составляются топографические карты и планы, а также ЦММ. Материалы наземной и аэрокосмической съемок местности служат основой для создания земельного и городского кадастров, а также формирования геоинформационных систем [2, 5, 27].

## **1.2.2. Геодезическое обоснование топографических съемок**

Производству топографических съемок любого вида предшествует обязательная работа по созданию геодезического (планово-высотного) обоснования, качество которого определяет и точность получаемых топографических планов и ЦММ.

Геодезическое обоснование съемок представляет собой систему закрепленных на местности временных геодезических пунктов с известными плановыми координатами и отметками. В качестве планового обоснования съемок могут быть использованы государственные геодезические сети 1, 2, 3 и 4-го классов, а в качестве высотного — государственные нивелирные сети I, II, III и IV классов. Однако количества пунктов государственной геодезической сети и сетей сгущения, приходящегося на площадь снимаемого участка, оказывается недостаточно для производства топографических съемок. Поэтому осуществляется дальнейшее сгущение путем создания съемочного обоснования.

Съемочное обоснование развивается от пунктов плановых и высотных опорных сетей. На участках съемки площадью до 1 км<sup>2</sup> съемочное обоснование может быть создано в виде самостоятельной геодезической опорной сети.

При построении съемочного обоснования одновременно определяют положение точек в плане и по высоте. Плановое положение точек съемочного обоснования определяют проложением теодолитных и тахеометрических ходов, микротриангуляцией или различного рода засечками. Отметки точек съемочного обоснования обычно определяют геометрическим или тригонометрическим нивелированием. Например, путем проложения нивелирного хода по пунктам теодолитного хода.

Наиболее распространенным плановым съемочным обоснованием крупномасштабных съемок (1:500–1:5000) являются, как правило, теодолитные ходы, проложенные между пунктами государственной геодезической сети. Теодолитные ходы могут быть замкнутыми и разомкнутыми, опирающимися на две точки с известными координатами (рис. 1.3) [31]. При съемке небольших участков допускается прокладка теодолитных ходов без привязки их к пунктам государственной геодезической основы.

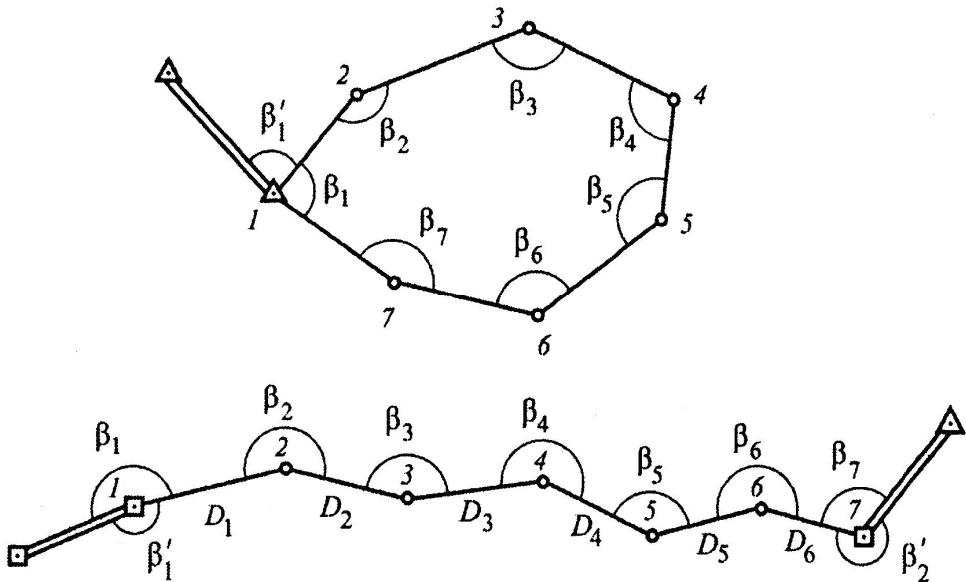


Рис. 1.3  
Замкнутый и разомкнутый теодолитные ходы

Точки (вершины) хода выбирают таким образом, чтобы с них было удобно выполнять детальную съемку местности. Между соседними точками хода должна быть взаимная видимость.

Длины сторон теодолитного хода измеряются лентами (рулетками) или дальномерами. Каждую сторону измеряют дважды: в прямом и обратном направлениях. Расхождение в измеренных значениях допускается в пределах 1:2000 от измеряемой длины линии. Стороны ходов должны быть примерно равными, минимальная длина стороны хода 40 м, максимальная — 350 м. При измерении сторон хода светодальномерами длина линии может быть увеличена до 500 м. Относительные линейные невязки в ходах не должны превышать 1:2000, а при неблагоприятных условиях (болото, заросли) — 1:1000.

Длины теодолитных ходов зависят от масштаба съемки. Например, при съемке в масштабе 1:500 длина хода не должна быть более 0,8 км на застроенной территории и 1,2 км на незастроенной. Углы поворота в вершинах ходов измеряют теодолитами технической точности полным приемом. Расхождение значений угла из полуприемов не должно быть более  $2t$ , где  $t$  — точность отсчетного устройства теодолита.

Точки съемочного обоснования (вершины хода), как правило, закрепляются на местности временными знаками: деревянными кольями, столбами, металлическими штырями, трубами, гвоздями, а также откраской на асфальте и бетоне.

## 1.3. Тахеометрическая съемка местности

### 1.3.1. Сущность тахеометрической съемки и ее назначение

Тахеометрическая съемка является основным видом съемки для создания планов небольших незастроенных или малозастроенных участков, а также узких полос местности вдоль линий будущих дорог, трубопроводов и других коммуникаций.

Ее результаты используются при ведении земельного и городского кадастра, для планировки населенных пунктов, проектирования отводов земель, мелиоративных мероприятий и т. п.

Основными масштабами для производства тахеометрических съемок являются: 1:500, 1:1000 и 1:2000. При этом масштаб съемки принимают в зависимости от ее назначения, стадии проектирования, ожидаемых размеров проектируемого объекта в плане, а также от рельефа и ситуационных особенностей местности.

Слово «тахеометрия» в переводе с греческого означает «быстрое измерение». Быстрота измерений при тахеометрической съемке достигается тем, что положение снимаемой точки местности в плане и по высоте определяется одним наведением трубы прибора — теодолита (тахеометра) на рейку или веху с отражателем, установленную в этой точке. При этом положение снимаемой точки местности на плане определяется с помощью полярных координат: изменяется горизонтальный угол между направлением на одну из соседних точек съемочного обоснования и снимаемую точку, а также расстояние до точки нитяным дальномером теодолита или светодальномером электронного тахеометра. Высотное положение снимаемой точки определяется методом тригонометрического нивелирования (рис. 1.4) [46]:

горизонтальная проекция расстояния

$$d = L \cos^2 v; \quad (1.1)$$

превышение

$$h = dtg v + i - l, \quad (1.2)$$

где  $L = Cn$  — наклонная дальность;  $C$  — коэффициент дальномера;  $n$  — разность отсчетов по дальномерным штрихам сетки нитей;  $v$  — угол наклона;  $i$  — высота инструмента над опорной точкой;  $l$  — высота наведения.

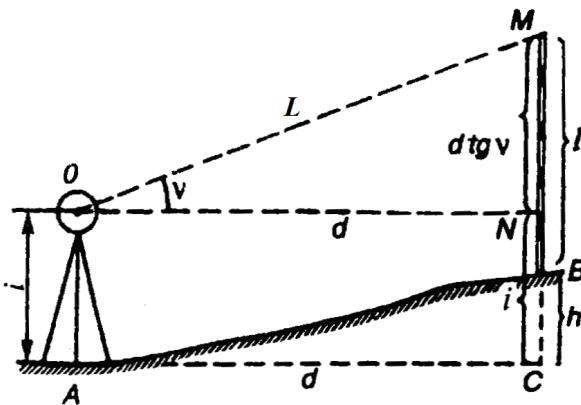


Рис. 1.4  
Схема тригонометрического нивелирования

В большинстве случаев для съемки прокладывают тахеометрические ходы, отличающиеся тем, что все элементы хода (углы, длины линий, превышения) определяют теодолитом или электронным тахеометром. При этом одновременно с прокладыванием тахеометрического хода производят съемку. В этом главное отличие тахеометрической съемки от других видов топографических съемок.

Полевым работам при проведении тахеометрической съемки должно предшествовать выполнение проекта, включающего выбор пунктов планово-высотного обоснования и способа создания съемочной сети в зависимости от объекта съемки, ее масштаба и имеющихся в наличии приборов. Полевые работы при тахеометрической съемке включают в себя рекогносцировку местности, создание сети съемочного обоснования и съемку ситуации и рельефа.

### 1.3.2. Приборы, используемые для тахеометрической съемки

При производстве тахеометрической съемки могут использоваться технические и электронные теодолиты, имеющие горизонтальный и вертикальный круги и нитяной дальномер. При работе с теодолитом требуется также шашечная нивелирная рейка (складная либо телескопическая) и рулетка.

В настоящее время при тахеометрической съемке широкое применение находят электронные тахеометры. Эти приборы, сочетающие в себе угломерное устройство (теодолит) со светодальномером. Непременным элементом электронных тахеометров является встроенная ЭВМ, позволяющая автоматизировать процесс измерений и вычислений по заложенным в ней программам. Предназначены эти приборы для измерения горизонтальных и вертикальных углов с ошибкой 1–5" и расстояний с погрешностью 1–10 мм. В комплект прибора входит отражатель, но многие тахеометры могут работать и в безотражательном режиме. Микропроцессоры и запоминающие устройства, которыми они обеспечены, позволяют решать ряд инженерных геодезических задач непосредственно в поле, автоматизировать запись результатов измерений и промежуточных данных. Наличие дисплея и клавиатуры дает возможность вести работу с прибором в диалоговом режиме.

Конец ознакомительного фрагмента.  
Приобрести книгу можно  
в интернет-магазине  
«Электронный универс»  
[e-Univers.ru](http://e-Univers.ru)