

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ СТРОИТЕЛЬСТВА И ПРИРОДООБУСТРОЙСТВА

Е.Р. Горр

ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ПРАКТИКА

Учебное пособие

Рекомендовано

*Дальневосточным региональным учебно-методическим центром
(ДВ ОУМЦ) в качестве учебного пособия
для студентов направлений подготовки бакалавров
08.03.01 «Строительство», 21.03.02 «Землеустройство и кадастры»,
20.03.02 «Природообустройство и водопользование»,
20.03.01 «Техносферная безопасность», 35.03.02 «Садоводство»,
35.03.01 «Лесное дело», 35.03.02 «Технология лесозаготовительных
и деревоперерабатывающих производств» вузов региона
(Протокол №10 от 15.09.2014 г.)*

Благовещенск
Издательство ДальГАУ
2014

УДК 528 (072)

Горр, Е.Р. Геодезическая практика: учебное пособие / сост.: Е.Р.Горр – Благовещенск: ДальГАУ, 2014 – 153 с.

Учебное пособие разработано в соответствии с программой образовательного стандарта по направлению подготовки: 08.03.01 «Строительство», 21.03.02 «Землеустройство и кадастры», 20.03.02 «Природообустройство и водопользование»; 20.03.01 «Техносферная безопасность», 35.03.05 «Садоводство», 35.03.01 «Лесное дело», 35.03.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств» - для студентов всех форм обучения.

Предназначено для проведения занятий со студентами во время летней геодезической практики. Излагается методика создания планового и высотного съемочного обоснования, способы съемки ситуации и рельефа, конкретные задачи и примеры решения инженерно-геодезических задач.

Рецензенты: *А.А.Яременко*, канд.с.-х.наук, директор ФГБУ «Управления мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения по Амурской области»;

Т.В. Кезина, д-р геол.-минерал.наук, профессор, завкафедрой геологии, Амурский государственный университет;

Е.Ф.Забелина, канд.геогр.наук, доцент, Заслуженный работник высшей школы РФ, ФГБОУ ВПО «Дальневосточный государственный аграрный университет»

Редактор А.И. Казимова

ВВЕДЕНИЕ

После изучения студентами теоретических положений инженерной геодезии и выполнения лабораторно-практических заданий в течение одного или двух семестров первого курса и сдачи экзамена, завершающим этапом является полевая учебная практика.

Целью учебной практики является закрепление и углубление теоретических знаний, приобретение практических навыков и компетенций, для проведения геодезических работ при топографической съемке местности, выполнения полного комплекса работ при топографических геодезических изысканиях и решения инженерных задач геодезическими методами.

Студенты должны владеть методами проведения топографогеодезических изысканий с использованием современных приборов, оборудования и технологий, методикой оформления планов, карт, с использованием современных компьютерных технологий, а также владеть опытом чтения и составления необходимых планов и карт различного масштаба; построения профилей местности; привязки объектов и точек к Государственной геодезической сети; топографо-геодезических изысканий с использованием спутниковых технологий и приборов GPS; выполнения разбивочных работ; математической обработки результатов геодезических измерений; использования современных электронных геодезических приборов; ответственного отношения к порученным заданиям и выполнения своих профессиональных обязанностей, в том числе в соблюдении техники безопасности и охраны труда, особенно в период полевых топогеодезических работ.

В результате прохождения учебной практики по геодезии, обучающийся должен приобрести следующие компетенции:

- **по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство»:** - способен выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат, знание современных технологий топографо-геодезических работ (ПК-2); владеет методами

проведения инженерных изысканий, технологией проектирования деталей и конструкций в соответствии с техническим заданием с использованием стандартных прикладных расчетных и графических программных пакетов (ПК-10).

- по направлению подготовки **21.03.02 «Землеустройство и кадастры»**: способен использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования (ОК-10); способен использовать знание современных технологий топографо-геодезических работ при проведении инвентаризации и межевания, землеустроительных и кадастровых работ, методов обработки результатов геодезических измерений, перенесения проектов землеустройства в натуру и определения площадей земельных участков (ПК-13); способен участвовать в разработке новых методик проектирования, технологий выполнения топографо-геодезических работ при землеустройстве и кадастре, ведения кадастра, оценки земель и недвижимости (ПК-18).

- по направлению подготовки **20.03.02 «Природообустройство и водопользование»**: способностью проводить изыскания по оценке состояния природных и природно-техногенных объектов для обоснования принимаемых решений при проектировании объектов природообустройства и водопользования (ПК-5); готовностью участвовать в решении отдельных задач при исследованиях воздействия процессов строительства и эксплуатации объектов природообустройства и водопользования на компоненты природной среды (ПК-17).

- по направлению подготовки **20.03.01 «Техносферная безопасность»**: способен организовать свою работу ради достижения поставленных целей; готов к использованию инновационных идей (ОК-6); способен работать самостоятельно (ОК-8); способен использовать основные программные средства умеет пользоваться глобальными информационными ресурсами, владеет современными средствами телекоммуникаций, способен использовать навыки работы с информацией из различных источни-

ков для решения профессиональных и социальных задач (ОК-13); способен принимать участие в инженерных разработках среднего уровня сложности в составе коллектива (ПК-3).

- по направлению подготовки 35.03.05 «Садоводство»: владением культурой мышления, способностью к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения (ОК-1); умение использовать нормативные правовые документы в своей деятельности (ОК-5); способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования (ПК-1); способностью пользоваться чертежами и художественными инструментами и материалами; к построению, оформлению и чтению чертежей, к конструктивному рисованию природных форм и элементов ландшафта, составлению ландшафтных композиций (ПК-3).

- по направлению подготовки 35.03.01 «Лесное дело»: владеть культурой мышления, способностью к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору пути ее достижения (ОК-1); готовность к кооперации с коллегами, работа в коллективе (ОК-3); уметь в полевых условиях выполнять с использованием геодезических приборов измерения, описание границ и привязку на местности объектов лесного и лесопаркового хозяйства (ПК-11).

- по направлению подготовки 35.03.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств»: владеть культурой мышления, способностью к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору пути ее достижения (ОК-1); использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности (ОК-10); способен использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса (ПК-1).

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРАКТИКЕ

1.1 Организация учебной практики

Распределение времени по видам работ:

- по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство»

(табл.1.1):

Таблица 1.1

Вид работ	Единица измерения	Объем	Трудоемкость (в часах)	Формы текущего контроля
1. Изучение техники безопасности и правил поведения на практике, проверка знаний студентами правил техники безопасности	-	-	3	Собеседование
2. Получение приборов, выполнение поверок и упражнений по измерению углов, расстояний и превышений	-	-	3	Собеседование
3. Решение типовых инженерно- геодезических задач	число задач	4	12	Контрольные наблюдения
4.Топографическая съемка в том числе: а) создание планового обоснования (теодолитный ход) б) создание высотного обоснования в) горизонтальная и тахеометрическая съемка масштаба 1: 500	точка точка га	15 15 2,5	36	Контрольные наблюдения
5. Вычерчивание плана	-	-	6	Проверка качества
6. Нивелирование поверхности по квадратам со сторонами 10 × 10 м	число квадратов	45	12	Инструментальный контроль
7. Геодезические работы при изыскании трассы автодороги	км, угол поворота	1,6 4	24	Контрольные наблюдения
8. Составление отчета по практике	-	-	6	Проверка качества
9. Приемка работ, защита отсчета	-	-	6	Защита отсчета
Итого:			108	

- по направлению подготовки 21.03.02 «Землеустройство и кадастры» (табл.1.2):

Таблица 1.2

Вид работ	Единица измерения	Объем	Трудоемкость (в часах)	Формы текущего контроля
1	2	3	4	5
1. Изучение техники безопасности и правил поведения на практике, проверка знаний студентами правил техники безопасности	-	-	1	Собеседование
2. Получение приборов, выполнение поверок и упражнений по измерению углов, расстояний и превышений	-	-	3	Собеседование
3. Решение типовых инженерно- геодезических задач	число задач	4	12	Контрольные наблюдения
4.Топографическая съемка в том числе: а) создание планового обоснования (теодолитный ход) б) создание высотного обоснования в) горизонтальная и тахеометрическая съемка масштаба 1: 500	точка точка га	15 15 2,5	36	Контрольные наблюдения
5. Вычерчивание плана	-	-	6	Проверка качества
6. Нивелирование поверхности по квадратам со сторонами 10 × 10 м	число квадратов	45	12	Инструментальный контроль
7. Геодезические работы при изыскании трассы автодороги	км, угол поворота	1,6 4	24	Контрольные наблюдения
8. Геодезические разбивочные работы	углы домов, длины изгородей	5	6	Проверка качества
9. Сдача приборов, оформление работ, зачет по практике	-	-	6	Защита отчета
Итого:			180	

- по направлению подготовки 20.03.02 «Природообустройство и водопользование» (табл. 1.3):

Таблица 1.3

Вид работ	Единица измерения	Объем	Трудоемкость (в часах)	Формы текущего контроля
1	2	3	4	5
1. Изучение техники безопасности и правил поведения на практике, проверка знаний студентами правил техники безопасности	-	-	3	Формы текущего контроля
2. Получение приборов, выполнение проверок и упражнений по измерению углов, расстояний и превышений	-	-	3	Собеседование
3. Решение типовых инженерно- геодезических задач, число задач	число задач	4	12	Собеседование
4.Топографическая съемка в том числе: а) создание планового обоснования (теодолитный ход) б) создание высотного обоснования в) горизонтальная и тахеометрическая съемка масштаба 1: 500	точка точка га	15 15 2,5	36	Контрольные наблюдения
5. Вычерчивание плана	-	-	6	Контрольные наблюдения
6. Нивелирование поверхности по квадратам со сторонами 10 × 10 м	число квадратов	45	12	Проверка качества
7. Геодезические работы при изыскании трассы автодороги	км, угол поворота	1,6 4	24	Инструментальный контроль
8. Геодезические разбивочные работы	линейные сооружения	-	6	Контрольные наблюдения
9. Сдача приборов, оформление работ, зачет по практике	-	-	6	Проверка качества
Итого:			108	Защита отчета

- по направлению подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность» (табл. 1.4):

Таблица 1.4

Вид работ	Единица измерения	Объем	Трудоемкость (в часах)	Формы текущего контроля
1. Изучение техники безопасности и правил поведения на практике, проверка знаний студентами правил техники безопасности	-	-	3	Собеседование
2. Получение приборов, выполнение проверок и упражнений по измерению углов, расстояний и превышений	-	-	3	Собеседование
3. Решение типовых инженерно - геодезических задач	число задач	2	6	Инструментальный контроль
4.Топографическая съемка в том числе: а) создание планового обоснования (теодолитный ход) б) создание высотного обоснования в) горизонтальная и тахеометрическая съемка масштаба 1: 500	точка точка га	15 15 1,0	18	Инструментальный контроль Контрольные наблюдения
5. Вычерчивание плана	-	-	3	Проверка качества
6. Сдача приборов, оформление работ, зачет по практике	-	-	3	Защита отчета
Итого:			36	

- по направлению подготовки 35.03.05 «Садоводство»

(табл. 1.5):

Таблица 1.5

Вид работ	Единица измерения	Объем	Трудоемкость (в часах)	Формы текущего контроля
1. Изучение техники безопасности и правил поведения на практике, проверка знаний студентами правил техники безопасности	-	-	3	Собеседование
2. Получение приборов, выполнение проверок и упражнений по измерению углов, расстояний и превышений	-	-	3	Собеседование
3. Решение типовых инженерно-геодезических задач	число задач	2	6	Инструментальный контроль
4. Топографическая съемка в том числе: а) создание планового обоснования (теодолитный ход) б) создание высотного обоснования в) горизонтальная и тахеометрическая съемка масштаба 1: 500	точка точка га	15 15 1,0	18	Инструментальный контроль Контрольные наблюдения
5. Вычерчивание плана	-	-	3	Проверка качества
6. Сдача приборов, оформление работ, зачет по практике	-	-	3	Защита отчета
Итого:			36	

- по направлению подготовки **35.03.01 «Лесное дело»** (табл. 1.6):

Таблица 1.6

Вид работ	Единица измерения	Объем	Трудоемкость (в часах)	Формы текущего контроля
1	2	3	4	5
1. Изучение техники безопасности и правил поведения на практике, проверка знаний студентами правил техники безопасности	-	-	3	Собеседование
2. Получение приборов, выполнение проверок и упражнений по измерению углов, расстояний и превышений	-	-	3	Собеседование
3. Решение типовых инженерно-геодезических задач	число задач	2	6	Инструментальный контроль
4. Топографическая съемка в том числе: а) создание планового обоснования (теодолитный ход) б) создание высотного обоснования в) горизонтальная и тахеометрическая съемка масштаба 1: 500	точка точка га	15 15	18	Инструментальный контроль Контрольные наблюдения
5. Вычерчивание плана			3	Проверка качества
6. Сдача приборов, оформление работ, зачет по практике	-	-	3	Защита отчета
Итого:			36	

- по направлению подготовки 35.03.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств» (табл. 1.7):

Таблица 1.7

Вид работ	Единица измерения	Объем	Трудоемкость (в часах)	Формы текущего контроля
1. Изучение техники безопасности и правил поведения на практике, проверка знаний студентами правил техники безопасности	-	-	3	Собеседование
2. Получение приборов, выполнение поверок и упражнений по измерению углов, расстояний и превышений	-	-	3	Собеседование
3. Решение типовых инженерно- геодезических задач	число задач	2	6	Инструментальный контроль
4. Топографическая съемка в том числе: а) создание планового обоснования (теодолитный ход) б) создание высотного обоснования в) горизонтальная и тахеометрическая съемка масштаба 1: 500	точка точка га	15 15	18	Инструментальный контроль Контрольные наблюдения
5. Вычерчивание плана			3	Проверка качества
6. Сдача приборов, оформление работ, зачет по практике	-	-	3	Защита отчета
Итого:			36	

Все виды съемок, предусмотренные программой учебной геодезической практики, выполняются на общем плановом и высотном обосновании, которое создается путем прокладки теодолитно-высотного или теодолитно-нивелирного хода, опирающегося на исходные геодезические пункты.

Все работы по программе учебной практики выполняются бригадами студентов в составе 4 - 6 человек в каждой; бригады формируются заранее с таким расчетом, чтобы в них были и юноши, и девушки. Состав бригады не меняется в течение всего периода практики. Обязательным условием является выполнение каждым студентом всех видов работ. Работу в бригаде организует бригадир. Учебно-методическое руководство бригадой осуществляет преподаватель – руководитель учебной практики.

Виды, объем и продолжительность работ на практике осуществляются в соответствии с учебной программой по специальности. До получения приборов студенты под руководством преподавателя изучают технику безопасности и правила поведения на практике. При получении приборов следует тщательно проверить комплектность и целостность приборов и принадлежностей, оптику теодолита и нивелира, затянуть все неплотно завёрнутые болты на штативах и рейках. Кроме того, в бригаде нужно иметь: тетради для черновых записей, ручки гелиевые или шариковые, карандаши простые.

Отчетными документами учебной практики являются: полевые журналы измерений, ведомости вычислений координат и отметок пунктов съемочного обоснования, отчет о практике, абрисы тахеометрической съемки, журнал съемки, топографический план участка местности.

Задание на учебную практику по геодезии, в котором указывается состав бригады, задачи и продолжительность практики, обеспеченность участка работ топографо-геодезическими материалами, виды и объёмы работ, приборы и оборудование, необходимые для выполнения работ, последовательность выполнения работ, перечень представляемых к отчёту материалов, формы контроля работы выдаёт руководитель практики.

Отчёт об учебной практике по геодезии входит в перечень обязательных документов, предъявляемых бригадой студентов при сдаче зачёта. Обязательные разделы отчёта:

- **введение.** Приводятся сведения о сроках и месте проведения практики, о составе бригады и распределении обязанностей, о целях и задачах практики. Прилагается табель посещаемости, Если бригаде было выдано задание, оно помещается во введение.

- **административно-территориальное положение участка съёмки**; географическая характеристика района работ: климат, гидрография, растительность, почвы и грунты, населённые пункты, дорожная сеть и т.д.;

- **топографо - геодезическая изученность района работ**;

- **съёмочное обоснование**: выбор метода создания съёмочного обоснования, выбор измерительных приборов, поверки и исследования приборов и оборудования, методики измерений, контроля и допуска при измерениях, оценка качества выполненных измерений. Этот раздел является основным техническим разделом отчёта. Результаты измерений приводятся по фактическим материалам создания съёмочного обоснования.

Дополнительно рекомендуемый раздел: научно - исследовательская работа. В период учебной практики наиболее успевающие студенты выполняют дополнительно учебно-исследовательские работы, как правило, связанные с проведением экспериментов в полевых условиях. По результатам исследований в конце практики проводится студенческая научно-техническая конференция, которая способствует повышению знаний студентов по инженерной геодезии.

При написании отчёта следует пользоваться учебной, нормативной и справочной литературой.

При составлении отчета о прохождении практики студенты могут пользоваться современными компьютерными технологиями (Microsoft Office, AutoCAD, Corel Draw и др.), Internet-ресурсы. Возможно использование информационных баз, методических разработок, специальной учебной и научной литературы и руководящих документов Федеральной службы геодезии и картографии, Госгортехнадзора, Госстроя России и отраслевых документов в виде различных инструкций, программ, правил и рекомендаций, а также правил по технике безопасности при выполнении геодезических работ.

- **Заключение.** Дается оценка работе каждого члена бригады (в пятибалльной системе), указываются замечания и предложения об организации практики.

1.2 Общие положения

Задание на учебную практику по геодезии выдаёт руководитель практики. В этом задании указывается состав бригады, задачи и продолжительность практики, обеспеченность участка работ топографо-геодезическими материалами, виды и объёмы работ, приборы и оборудование, необходимые для выполнения работ, последовательность выполнения работ, перечень представляемых к отчёту материалов, формы контроля работы.

Съёмочное обоснование создаётся в виде теодолитного хода, по пунктам которого прокладывается ход технического нивелирования. Расстояние между пунктами теодолитного хода выбирается согласно инструкции – от 40 м до 350 м (оптимально – 80 м). Общее число пунктов должно быть больше числа студентов в бригаде. Форма хода – замкнутый полигон с возможным проложением диагонального хода (рис.1.1). В процессе рекогносцировки нужно наметить местоположение пунктов и убедиться во взаимной видимости между соседними пунктами. Для этого нужно двум студентам стать на два соседних пункта и обоим присесть на корточки; если они в таком положении видят друг друга, пункты можно закреплять. Место закладки пункта должно быть удобным для установки штатива теодолита и обеспечивать хороший обзор для съёмки.

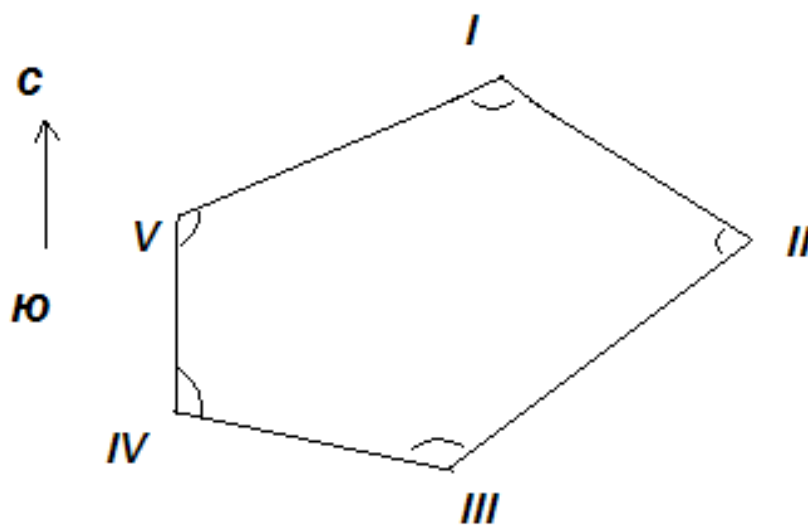


Рис. 1.1. Схема теодолитного хода

1.3 Правила обращения с геодезическими приборами в процессе полевых измерений

ТЕОДОЛИТ 2Т30 П (рис.1.2)

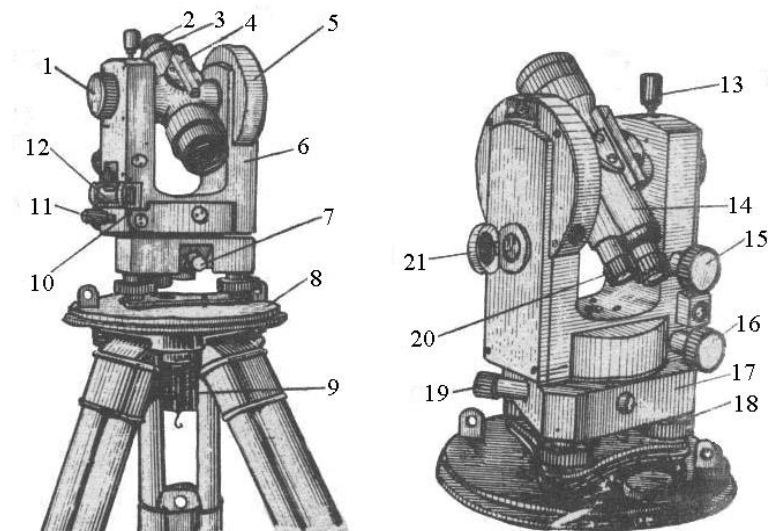


Рис. 1.2. Общий вид теодолита 2Т30:

1- кремальера; 2 - диоптрийное кольцо; 3 - колпачок, под которым расположены исправительные винты сетки нитей; 4 - оптический визир; 5 - вертикальный круг; 6 - подставка зрительной трубы; 7 - закрепительный винт лимба; 8 - основание футляра; 9 - становой винт; 10 - исправительный винт уровня; 11 - закрепительный винт алидады; 12 - цилиндрический уровень; 13 - закрепительный винт зрительной трубы; 14 - зрительная труба; 15 - наводящий винт зрительной трубы; 16 - наводящий винт алидады; 17 - подставка; 18 - подъемный винт; 19 - наводящий винт лимба; 20 - окуляр шкалового микроскопа; 21 - зеркало

1. Переноска теодолита от места хранения до участка работы должна производиться только в футляре.

2. Перед установкой теодолита необходимо выдвинуть ножки штатива, закрепить их винтами и поставить штатив над точкой так, чтобы

плоскость его головки располагалась горизонтально, а высота соответствовала росту наблюдателя. Для устойчивости прибора ножки штатива не должны располагаться близко друг от друга, а наконечники штатива слегка утоплены в землю с помощью упоров, имеющих в нижней части штатива.

3. При установке теодолита на штатив необходимо, не снимая футляра, закрепить его станovým винтом. После снятия футляра следует проверить, чтобы все наводящие винты находились в среднем положении, при работе с этими винтами нельзя применять усилий.

4. Если подъемные винты вращаются с трудом, слегка ослабить становой винт. После окончания работы с подъемными винтами становой винт снова закрепить, однако не затягивая его слишком туго.

5. При переходе на короткие расстояния (с точки на точку) теодолит разрешается переносить закрепленным на штативе. При этом трубу теодолита поворачивают объективом вниз, все закрепительные винты закрепляются, ножки штатива сдвигаются вместе и держатся в вертикальном или слегка наклонном положении. Переносить штатив с теодолитом в горизонтальном положении не допускается.

6. При перерыве в работе нельзя оставлять теодолит без присмотра. В случае кратковременного дождя необходимо на теодолит одеть футляр или прикрыть его зонтом. В случае продолжительного дождя работа прекращается. Если на теодолит попала влага, при возвращении на базу его необходимо протереть сухой мягкой тряпкой и дать просохнуть, после чего убрать в футляр.

7. После окончания полевых измерений теодолит укладывается в футляр. Переносить теодолит на склад и хранить его там без футляра не допускается.

НИВЕЛИР НЗ

1. Все перечисленные правила обращения с теодолитом 2ТЗ0 в процессе полевых измерений в основном относятся и к нивелиру (рис. 1.3).

2. Перед совмещением концов пузырька цилиндрического уровня видимых в поле зрения окуляра предварительно, наблюдая в осветительное окно, необходимо элевационным винтом привести пузырек цилиндрического уровня примерно на середину трубки уровня. Окончательное приведение пузырька уровня на середину производится смещением концов пузырька уровня элевационным винтом при рассматривании их в окуляр.

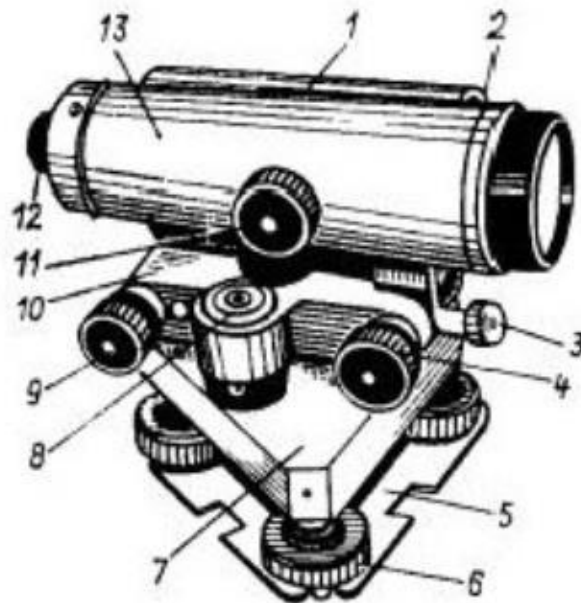


Рис.1.3. Нивелир НЗ

1 – корпус; 2 – мушка; 3, 8 – уровни; 4 – наводящий винт;
 5 – пружинящая пластинка с втулкой; 6 – подъемные винты;
 7 – подставка; 9 – элевационный винт; 10 – опорная площадка;
 11 – винт кремальеры; 12 – окуляр; 13 – зрительная труба

1.4 Поверки и исследования геодезических приборов

Во время предварительных занятий студенты должны выполнить проверки и юстировку теодолита, научиться измерять горизонтальные углы и углы наклона, измерять длины линий мерной лентой и нитяным дальномером, определять превышения методом тригонометрического нивелирования.

Поверки теодолита 2Т30 П

Поверки выполняют для того, чтобы убедиться в выполнении условий взаимного расположения геометрических осей теодолита и в случае нарушения этих условий исправить положение той или иной оси. Перед выполнением проверок нужно изучить расположение зажимных и наводящих винтов и научиться пользоваться ими по назначению. Прежде всего нужно установить теодолит на штативе в защищённом от прямых солнечных лучей месте и выполнить горизонтирование теодолита, то есть, привести ось вращения алидады в вертикальное положение.

Для этого нужно выполнить следующие операции:

1) вращая алидаду, установить уровень при алидаде горизонтального круга параллельно линии, соединяющей два подъёмных винта, и, вращая эти два винта в противоположные стороны, привести пузырёк уровня в нульпункт;

2) повернуть алидаду на 90° , то есть, установить уровень по направлению третьего подъёмного винта; вращая этот винт, привести пузырёк уровня в нульпункт.

При наведении зрительной трубы на визирную цель (например, на вешку) следует, вращая алидаду и трубу, навести на вешку зрительной трубы белый крест в окуляре визира и, придерживая одной рукой алидаду, осторожно завернуть её зажимной винт. Затем, придерживая одной рукой зрительную трубу, другой рукой завернуть зажимной винт трубы. После этого, глядя в окуляр трубы, нужно отфокусировать изображение вешки и, вращая наводящие винты алидады и трубы, установить изображение вешки в центре сетки нитей. Для ослабления ошибки из-за наклона вешки крест сетки нитей нужно наводить на самую нижнюю видимую часть вешки (рис. 1.4).

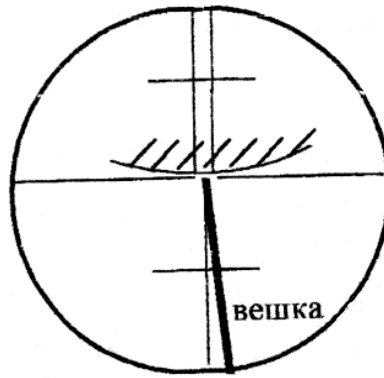


Рис.1.4. Правильное наведение

Большое значение при измерении углов имеет умение правильно отсчитывать по лимбам теодолитов с помощью шкаловых (2Т30, Т15 и Т5) микроскопов число градусов и минут. Такое умение основывается на знании устройства отсчётных приспособлений теодолитов и внимательном и аккуратном отношении к процессу отсчитывания (рис. 1.5).

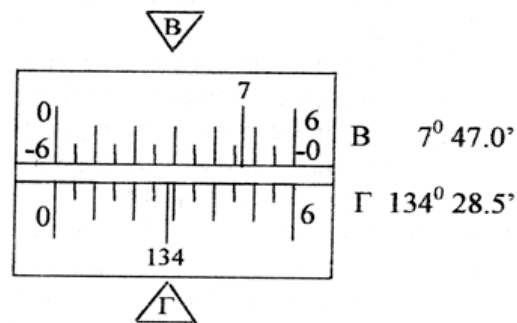


Рис.1.5. Шкала микроскопа

Отсчитывание по лимбу с помощью шкалового микроскопа теодолита 2Т30:

1. Зафиксировать штрих градусного деления лимба внутри шкалы микроскопа (между цифрами 0 и 6) - это будут градусы отсчёта.

2. По положению этого штриха взять отсчёт по шкале микроскопа с точностью до полминуты. Отсчёт по горизонтальному кругу - $134^{\circ}28,5'$; по вертикальному кругу - $7^{\circ}47,0'$. Следует помнить, что шкала микроскопа вертикального круга имеет двойную оцифровку. Если у градусного деления вертикального лимба нет знака, для отсчёта по шкале микроскопа используется положительная оцифровка; если у градусного деления есть

знак "минус", то для отсчёта по шкале используется отрицательная оцифровка.

Теодолит 2Т30 П имеет следующие основные оси и плоскости (рис. 1.6):

- Основная ось (ось вращения) теодолита ZZ_1 – линия, перпендикулярная к горизонтальному кругу и проходящая через его центр.
- Визирная ось – воображаемая прямая, соединяющая пересечение нитей сетки и оптический центр объектива.
- Ось цилиндрического уровня UU_1 – касательная к внутренней поверхности ампулы уровня в нульпункте (нульпункт уровня – наивысшая точка ампулы, середина делений на ампуле).
- Ось вращения трубы NN_1 – линия, вокруг которой вращается зрительная труба в вертикальной плоскости.
- Плоскость лимба – плоскость, проходящая через внутренние концы делений лимба.

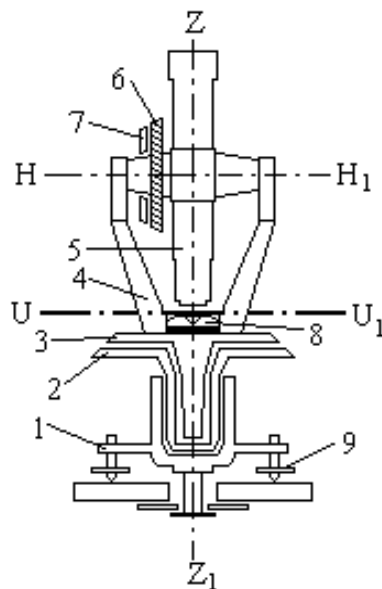


Рис. 1.6. Принципиальная схема теодолита

- Коллимационная (визирная) плоскость – плоскость, образованная визирной осью при вращении зрительной трубы вокруг ее оси NN_1 .

Поверка уровня

Ось уровня при алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна оси вращения алидады. Эта поверка включает следующие операции:

1) вращая алидаду, установить уровень параллельно линии, соединяющей два подъёмных винта; вращая эти винты в противоположные стороны, привести пузырёк в нуль - пункт; повернуть алидаду точно на 180° ; сосчитать количество делений n , на которые пузырёк уровня отклонился от нуль - пункта; вращая эти же два подъёмных винта, сместить пузырёк уровня в сторону нульпункта на $\frac{n}{2}$ делений;

2) вращая исправительные винты уровня, привести пузырёк в нуль - пункт. Если после поворота алидады на 180° пузырёк уровня уходит за пределы шкалы, то отклонение пузырька следует измерять в оборотах подъёмных винтов и исправлять уровень методом последовательных приближений; кроме того, в этом случае можно применить способ Г. Ф. Лысова. Порядок поверки уровня по способу Г.Ф. Лысова:

а) вращая один (любой) подъёмный винт, наклонить теодолит на 1° - 2° (около двух полных оборотов винта);

б) осторожно вращая алидаду, найти такое её положение, когда пузырёк уровня будет точно в нуль - пункте (пользоваться наводящим винтом алидады!), взять отсчёт N_1 по горизонтальному кругу;

в) осторожно вращая алидаду, найти второе её положение, когда пузырёк уровня будет точно в нуль - пункте (пользоваться наводящим винтом алидады); взять отсчёт N_2 по горизонтальному кругу;

г) вычислить установочный отсчёт $N = \frac{1}{2} \times (N_1 + N_2) + 90^\circ$ и установить его на горизонтальном круге;

д) исправительными винтами уровня привести пузырёк уровня в

нульпункт. После исправления уровня нужно заново привести ось вращения алидады в вертикальное положение (выполнить горизонтирование теодолита).

Проверка коллимационной ошибки

Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна к оси вращения трубы. Угол C отклонения визирной оси от перпендикуляра к оси вращения трубы (рис.1.7) называется коллимационной ошибкой. Для выявления коллимационной ошибки выбирают удаленную, хорошо видимую точку, расположенную так, чтобы линия визирования была примерно горизонтальна. Наводят пересечение нитей сетки на эту точку и производят отсчет по горизонтальному кругу. Например, при круге лево отсчет равен $18^{\circ}30'$ ($КЛ = 18^{\circ}30'$).

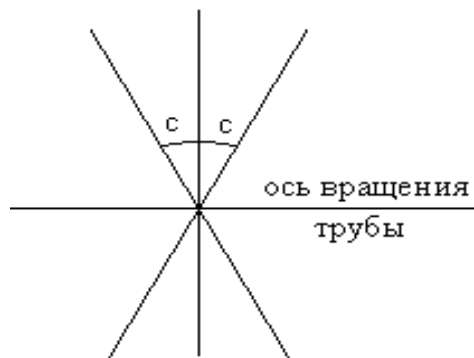


Рис.1.7. Коллимационная ошибка

Если C превышает двойную точность отсчета по шкале прибора, то нужно исправить положение визирной оси. Для этого вычисляют исправленный отсчет по горизонтальному кругу, в котором число градусов берется из последнего отсчета, а количество минут вычисляется как среднее арифметическое из числа минут обоих отсчетов. В приведенном примере исправленный отсчет будет равен

$$198^{\circ} + \frac{30' + 36'}{2} = 198^{\circ}33'. \quad (1.1)$$

Этот отсчет наводящим винтом алидады устанавливают по горизон-

тальному кругу. Пересечение нитей сетки сойдет с точки. Следует переместить сетку нитей так, чтобы перекрестие нитей вновь установилось на точке. Для этого используют четыре исправительных винта сетки нитей с отверстиями для шпильки, расположенные под колпачком. Шпилькой ослабляют вертикальные винты и боковыми винтами перемещают сетку нитей до тех пор, пока перекрестие не будет на точке. Вертикальные винты вновь затягивают и поверку повторяют.

Поверка сетки нитей

Вертикальная нить сетки нитей должна быть параллельна оси вращения алидады. Для выполнения поверки нужно выполнить следующие операции:

- 1) вращая алидаду, навести зрительную трубу на хорошо видимую точку;
- 2) наводящим винтом трубы плавно смещать трубу по высоте сначала вниз, потом вверх; если изображение точки не отклоняется от вертикальной нити, условие выполнено;
- 3) если изображение точки отклоняется от вертикальной нити, то при измерении углов следует всегда наводить трубу на визирную цель так, чтобы цель была в центре поля зрения трубы.

Поверка места нуля

Вычисление места нуля для теодолита Т30 выполняется по формуле 1.2

$$MO = 0,5 (Л + П). \quad (1.2)$$

Место нуля вертикального круга можно не исправлять, но нужно регулярно его определять и следить за тем, чтобы в течение дня значение места нуля было примерно постоянным.

Поверки нивелира НЗ (рис. 1.8)

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

Подъёмными винтами приводят пузырёк круглого уровня в центр кружка на ампуле уровня и поворачивают верхнюю часть прибора на 180° . При отклонении пузырька от центра ампулы перемещают его к центру на половину отклонения с помощью исправительных винтов круглого уровня. Окончательно приводят пузырек уровня на середину подъёмными винтами. Если уровень исправился, то поверку необходимо повторить.

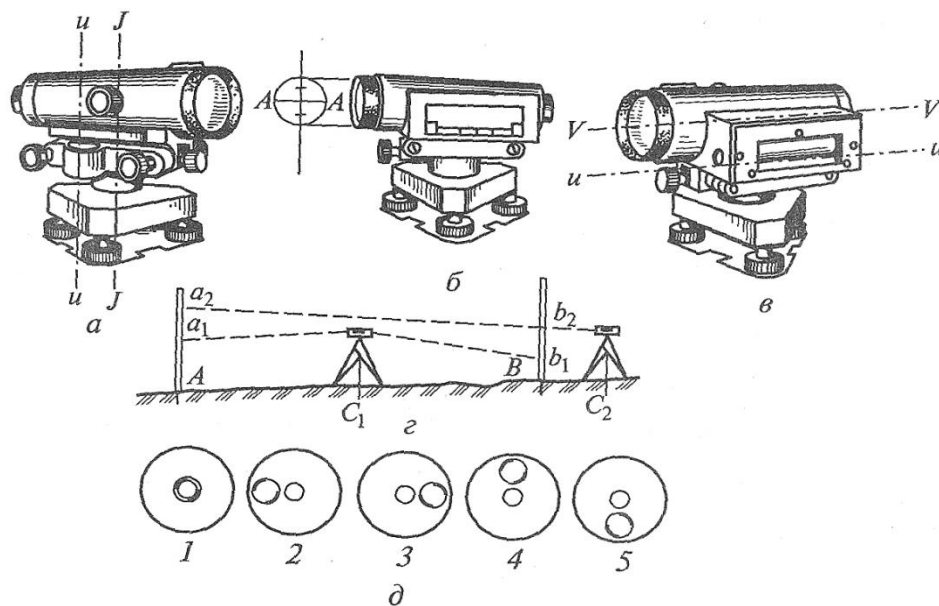


Рис.1.8. Поверки нивелира: а, б, в - схема расположения осей; г- положение нивелира при проверке главного условия; д- положения пузырька круглого уровня

2. Горизонтальная нить сетки должна быть перпендикулярна оси вращения нивелира. С помощью круглого уровня приводят ось вращения нивелира в отвесное положение. Среднюю нить наводят на ясно видимую точку и наводящим винтом плавно вращают трубу в горизонтальном направлении. Нить сетки не должна сходить с выбранной точки. Эту же поверку можно делать, наводя вертикальную нить сетки на нить отвеса. При несоблюдении условия необходимо снять защитный колпачок и развернуть сетку нитей, предварительно ослабив четыре винта в торце окулярной части трубы отверткой.

3. Ось цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной оси трубы ("главное условие нивелира"). При горизонтальном положении оси уровня одна нить сетки должна быть вертикальной, а другая горизонтальная.

Нивелирные рейки, вешки

При техническом нивелировании применяют двухсторонние рейки РН-3 (рис.1.7), длиной 3 000 мм, толщиной 2-3 см, шириной 8 – 10 см.

На одной стороне рейки нанесены черной краской (черная сторона) шашечные деления, которые чередуются с белыми. Шашечные рейки изготавливаются из высушенной первосортной ели. Перед покраской рейку пропитывают водоотталкивающим составом и грунтуют; деления в виде шашечек наносят черной краской на одну сторону рейки и красной краской на другую. Дециметровые деления подписывают.



Рис.1.9. Двухсторонняя рейка РН-3

На нижнюю часть рейки крепится металлическая пластина, называемая пяткой рейки. На черной стороне пятки соответствует нулевое деление рейки; на красной - отсчет, больший 4000 мм; поэтому отсчеты по красной и черной сторонам рейки не могут быть одинаковыми. Разность пяток

для данной рейки является постоянной величиной, что позволяет контролировать правильность отсчетов. В литературе разность пятков называют также разностью нулей рейки.

Для определения пригодности нивелирных реек к работе выполняют их исследования.

Поверхность рейки должна быть плоской. Уклонение от плоскости по ГОСТ допускается 3 мм для РН-05, 6 мм для РН-3 и 10 мм для РН-10. Вдоль рейки натягивают нитку и просвет между ниткой и рейкой измеряют в самом широком месте.

Случайная ошибка в положении дециметровых и метровых делений не должна превышать 0,15 мм для штриховых инварных реек и 0,5 мм для деревянных шашечных реек. Это исследование выполняют с помощью контрольной линейки.

Определение разности пятков или разности нулей рейки. Это исследование выполняют путем взятия отсчетов по черной и красной сторонам рейки, стоящей на одной и той же точке.

Поверка круглого уровня рейки выполняется либо по отвесу, либо по вертикальной нити сетки нитей нивелира. Отвес укрепляют прямо на рейку и устанавливают ее отвесно, при этом пузырек уровня должен находиться в нуль-пункте. В противном случае исправительными винтами уровня пузырек приводят в нуль - пункт.

Источники ошибок при геометрическом нивелировании

Ошибка установки визирной линии трубы в горизонтальное положение по уровню; при $t = 25''$ она достигает $3'' - 4''$. Для расстояния 100 м это приводит к ошибке отсчета по рейке 2 мм. Ошибка отсчета из-за ограниченной разрешающей способности трубы нивелира; при увеличении $V = 25\times$ эта ошибка достигает 1,2 мм на 100 м расстояния. Нарушение главного условия нивелира; при нивелировании строго из середины эта ошибка исключается.

Наклон рейки. Для уменьшения влияния наклона рейки ее рекомендуется слегка покачивать вперед-назад около вертикального положения; при отсчетах меньше 1000 мм рейку качать нельзя. При покачивании рейки отсчеты по ней изменяются; наименьший отсчет является правильным.

Ошибка нанесения делений на рейке. Общая ошибка отсчета по шашечной рейке нивелиром Н-3 оценивается в 4 мм на 100 м расстояния.

Правила работы с нивелирными рейками:

- 1) необходимо предохранять деления шкалы рейки от стирания о грунт;
- 2) при работе со складными рейками в начале работы следует проверить надежность крепления реек фиксаторами;
- 3) не разрешается сидеть на нивелирных рейках. Нельзя кидать вешки, так как при ударе о грунт вешки легко переламываются.

1.5 Теодолит VEGA ТЕО – 20В

Электронный теодолит ТЕО 20В (рис.1.10) предназначен для измерения вертикальных и горизонтальных углов с точностью 20", используется при выполнении топографических съемок, в строительстве, в землеустройстве. При использовании электронных теодолитов исключаются ошибки снятия отсчета - значения углов выводятся автоматически на двухсторонний дисплей.



Рис. 1.10. Теодолит VEGA TEO-20B

Надежный электронный компенсатор вертикального круга компенсирует отклонение вертикальной оси теодолита, а при недопустимых отклонениях отключает значение отсчета вертикального круга на дисплее. Такая система позволяет не отвлекаться на постоянный контроль положения цилиндрического уровня и его ручную подстройку при проведении работ.

Предусмотрена установка нулевого значения на исходное направление и фиксирование отсчета по горизонтальному кругу. Значение вертикального угла может отображаться в градусах или как уклон в процентах.

Электронные теодолиты Vega имеют защиту от внешних неблагоприятных факторов. Они имеют прочный водо- и пыленепроницаемый корпус, стойкий к ударам и падениям, благодаря чему прибор способен работать при любых погодных и климатических условиях в широком температурном диапазоне. Продолжительность работы от аккумулятора 80 часов (табл.1.8; 1.9).

1. Общий вид теодолита VEGA TEO-20B и функции клавиш [17]

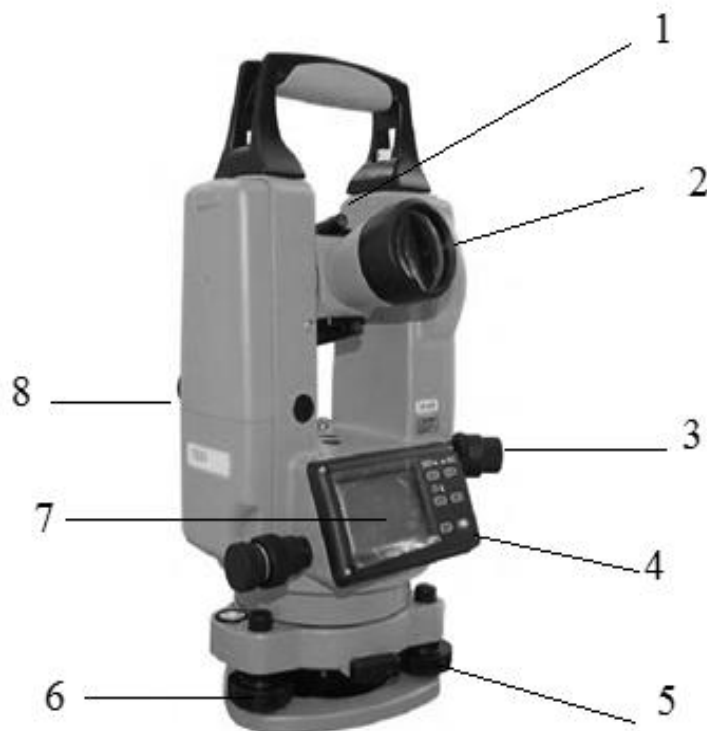


Рис. 1.11. Вид теодолита VEGA TEO-20B

1 – визир; 2 – объектив; 3 – оптический центрир; 4 – функциональные клавиши; 5 – подъемные винты; 6 – основание; 7 – дисплей; 8 – закрепительный винт горизонтального круга

Таблица 1.8

Технические характеристики теодолита VEGA TEO20

Параметр	Значение
Точность измерения углов, "	20
Увеличение зрительной трубы, крат	30
Минимальное расстояние фокусирования, м	1,3
Клавиатура	6 кнопок
Дисплей	двухсторонний
Рабочая температура, 0°С	от минус 20°С до +50°С
Время работы от штатной батареи, часов	батарейки – 6 ч, аккумулятор -15ч
Вес, кг	4,4 (6,8 с футляром)



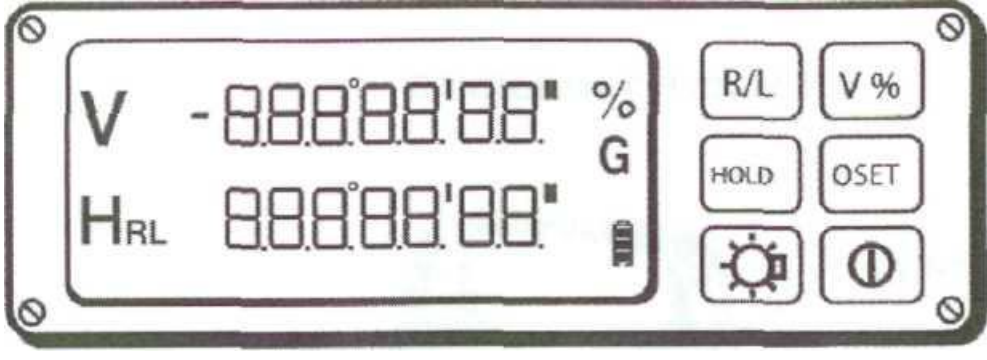
Рис. 1.12 Вид теодолита VEGA TEO-20B

1 – ручка теодолита; 2 – винт ручки теодолита; 3 – фокусирующее кольцо; 4 – окуляр; 5 – цилиндрический уровень; 6 – закрепительный винт; 7 – отделение для батарей; 8 – закрепительный винт вертикального круга; 9 – наводящий винт вертикального круга; 10 – наводящий круг горизонтального круга; 11 – круглый уровень

Таблица 1.9

Дисплей теодолита VEGA TEO20

Обозначение на дисплее	Функция
V	Символ вертикального угла SEF указывается на месте вертикального отсчета, пока зрительная труба не пройдет через место нуля горизонтальной оси. Эта процедура устанавливает место нуля.

	
H _R	Символ горизонтального угла, измеренного по часовой стрелке
H _L	Символ горизонтального угла, измеренного против часовой стрелки
I	Символ, указывающий уровень заряда батареи
G	Угловые измерения в гонах
%	Уклон

2. Настройки измерений

А) Включить теодолит;

Б) Нажать клавишу R/L и V% одновременно, услышите звуковой сигнал, дисплей будет выглядеть так (рис. 1.13):

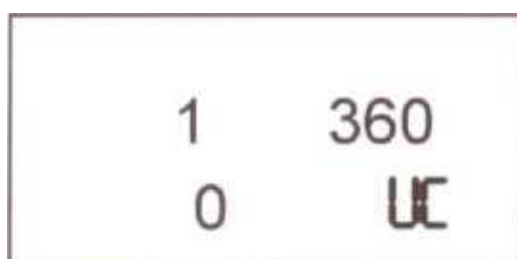
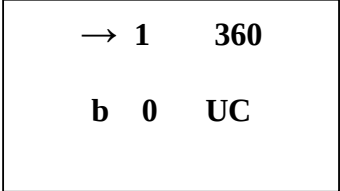
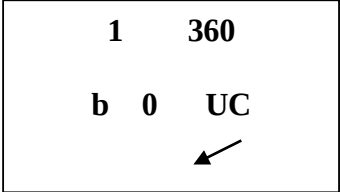
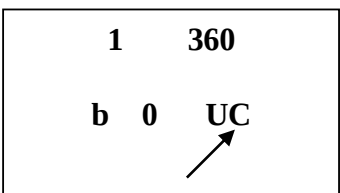
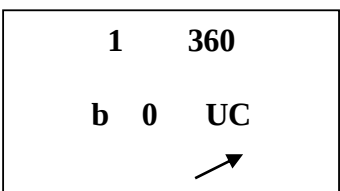
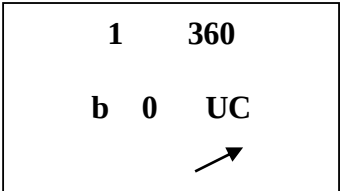


Рис. 1.13. Вид дисплея

С) Настройки измерений (табл. 1.10, 1.11):

Таблица 1.10

Настройки измерений

Кла- виша	Операция	Дисплей
R/L	Измените отсчет горизонтального и вертикального углов, чтобы на дисплее было 1 или 5". (Изменение отсчета не повышает точность измерения)	
V%	Изменение единиц измерения горизонтальных и вертикальных углов между 360 градусами или 400 гонами	
HOLD	Изменение времени автоматического отключения теодолита. Три режима: "0" - теодолит не отключается; "10" - отключение через 10 минут; "30" - отключение через 30 минут	
OSET	Изменение нулевых точек и систем отсчета вертикального круга. Три системы: Ua, Ub, Uc.	
	Наличие или отсутствие звукового сигнала при отсчетах 0°, 90°, 180° и 270°	

Функциональные клавиши теодолита VEGA ТЕО-20

Таблица 1.11

Кла-	Функция	Операция
R/L	Установка направления отсчета горизонтального угла	Изменение направления измерения горизонтального угла по часовой стрелке на направление измерения против часовой стрелки. Направление меняется при каждом нажатии клавиши
HOLD	Удержание отсчета горизонтального угла	Удержание текущего значения горизонтального угла на дисплее. Когда нажата эта клавиша, отсчет горизонтального угла мигает. Теодолит можно повернуть без изменения отсчета горизонтального угла. Повторное нажатие клавиши разблокирует отсчет горизонтального угла
	Подсветка дисплея и сетки нитей	Для включения подсветки дисплея и сетки нитей нажмите эту клавишу. Повторное нажатие данной клавиши отключает подсветку
V%	Уклон.	Переход от градусов/гонов к уклону в% для вертикального угла. Символ "%" появляется на дисплее, когда активизирован режим уклона.
OSET	Обнуление отсчета горизонтального круга	Обнуление отсчета горизонтального круга на дисплее. Нажатие этой клавиши устанавливает отсчет 0°00'00" на любое направление
Ф	Включение/выключение	Включает/выключает теодолит

Когда все настройки сделаны, нажать "R/L" и "V%" одновременно.
Прозвучит звуковой сигнал, и дисплей вернется к обычному виду.

Выполните следующие действия:

1. Установите штатив над точкой и закрепите ножки.
2. Установите теодолит на штатив и закрутите становой винт.
3. Приблизительно приведите инструмент к горизонту по круг-

лому

уровню (рис.1.14):

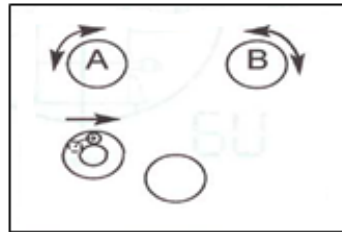


Рис. 1.14. Горизонтирование прибора

а) используя подъемные винты А и В переместите пузырек круглого уровня, чтобы он оказался посередине от левого и правого края;

б) используя подъемный винт С, переместите пузырек в центр круглого уровня.

4. Для точного горизонтирования инструмента используйте цилиндрический уровень (рис. 1.15):

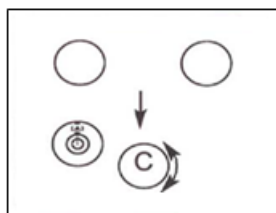


Рис. 1.15. Точное горизонтирование прибора

а) поверните инструмент таким образом, чтобы пузырек цилиндрического уровня оказался в одном из следующих положений (рис. 1,15). Затем используя подъемные винты А и В, переместите пузырек в центр уровня. Поверните инструмент на 90° и переместите пузырек в центр уровня с помощью винта С (рис. 1.16);

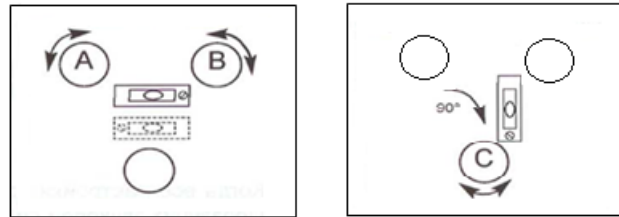


Рис. 1.16. Горизонтирование прибора

б) повторите пункты А и В, пока пузырек не будет в центре цилиндрического уровня при повороте инструмента.

5. Выполните центрирование инструмента с помощью оптического центрира:

а) поворачивая кольцо окуляра оптического центрира, добейтесь четкого изображения сетки нитей;

б) поворачивая фокусирующее кольцо оптического центрира, добейтесь четкого изображения точки, по которой выполняют центрирование (рис.1.17);

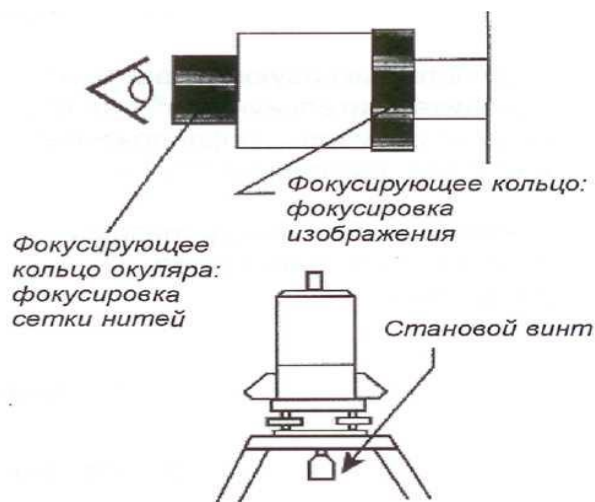


Рис. 1.17. Наведение на точку измерений

с) закрепите становой винт и проверьте (пункты 3 и 4), чтобы пузырьки круглого и цилиндрического уровня оставались в середине этих уровней (рис.1.18).

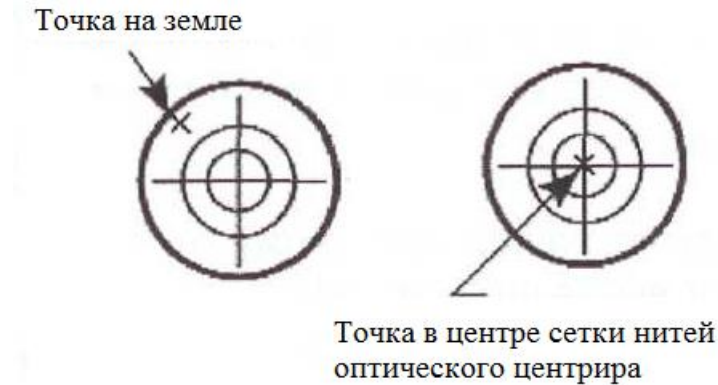


Рис. 1.18. Проверка уровня

Фокусирование зрительной трубы

Наведите зрительную трубу на яркую поверхность и поверните окуляр зрительной трубы до тех пор, пока сетка нитей не станет четкой. Следите, чтобы не было параллакса, видимого смещения между точкой визирования и сеткой нитей при перемещении глаза. Параллакс снижает точность измерений.

Чтобы установить наличие параллакса, выполните следующие действия:

1. Наведите зрительную трубу на точку визирования и приведите ее в фокус.
2. Перемещайте глаз вверх и вниз или вправо и влево и следите за смещением точки визирования относительно перекрестия сетки нитей.
3. Если параллакс есть, подрегулируйте окуляр. Всегда устраняйте параллакс перед началом работы, чтобы гарантировать точность измерений. Ослабьте фиксирующие винты и наведите зрительную трубу на цель пользуясь визиры, расположенные над и под зрительной трубой. Следите, чтобы между глазом и визиром было небольшое расстояние.

Визирование

Ослабьте фиксирующие винты и наведите зрительную трубу на цель используя визиры, расположенные над и под зрительной трубой (рис. 1.19). Следите, чтобы между глазом и визиром было небольшое расстояние.

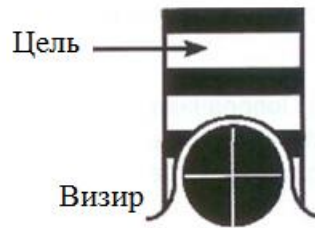


Рис. 1.19. Визирование

Измерение. Источник питания

1. Включите теодолит. Все символы дисплея будут гореть в течение двух секунд.

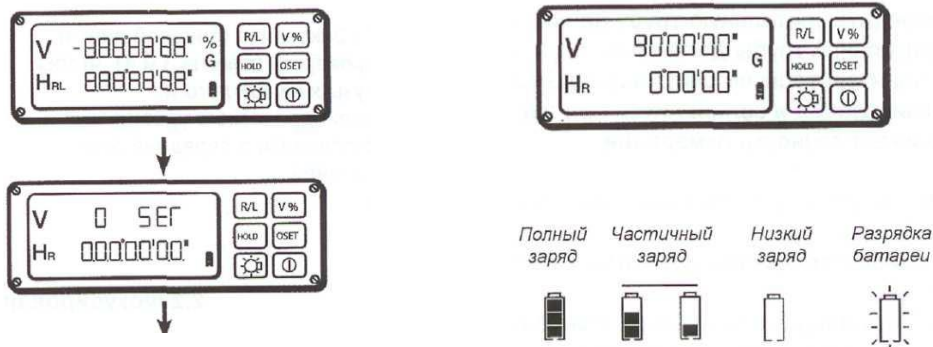


Рис. 1.20. Источник питания

2. Отсчет по вертикальному кругу будет выглядеть как "O SET", являющийся стандартом.
3. Поверните зрительную трубу для индексации вертикального круга.
4. Проверьте заряд батареи: при полном, частичном и низком заряде батареи, измерение возможно.

Примечание: время работы батареи зависит от типа и марки батареи и температуры окружающей среды. Убедитесь, что у Вас есть запасные батареи типа AA в переносном ящике.

3. Измерение горизонтальных углов

1. Наведите зрительную трубу на точку А.
2. Нажмите «OSET», чтобы обнулить отсчет горизонтального круга.

3. Наведите зрительную трубу на вторую точку В. На экране появится значение угла между точками А и В. Символ "HR" на дисплее означает, что измерение угла выполнено по часовой стрелке. Символ "HL" на дисплее означает, что измерение угла выполнено против часовой стрелки (рис. 1.21).

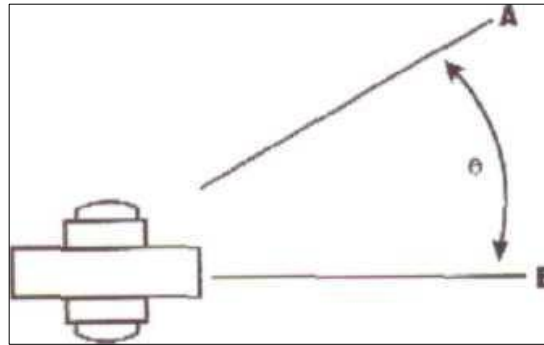


Рис. 1.21. Наведение зрительной трубы на точку

Установка горизонтальных углов

1. Поворачивайте теодолит до тех пор, пока на дисплее не появится необходимый отсчет.
2. Нажмите клавишу "HOLD". Выбранный отсчет будет мигать некоторое время.
3. Наведите зрительную трубу на точку и нажмите кнопку "HOLD". Горизонтальный угол будет отсчитываться от установленного значения.

4. Измерение вертикальных углов

Для измерения вертикальных углов в теодолите реализованы три системы отсчета. Выберите и установите необходимую Вам систему отсчета.

Поверки и юстировки

Поверки и юстировки теодолита необходимо проводить в определенном порядке:

1. Поверка и юстировка цилиндрического уровня:

а) расположите теодолит так, чтобы цилиндрический уровень был параллелен линии, соединяющей два подъемных винта А и В. Приведите пузырек в середину уровня этими винтами (рис. 1.22).

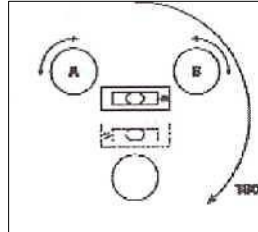


Рис. 1.22. Расположение цилиндрического уровня

б) поверните теодолит на 90° и приведите пузырек в середину уровня подъемным винтом С (рис. 1.23).

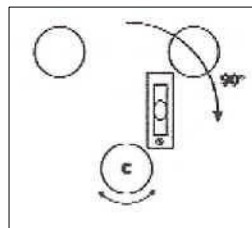


Рис. 1.23. Приведение пузырька уровня в середину уровня

с) вернитесь в первоначальное положение (пункт а). Проверьте еще раз пузырек и, если необходимо, повторите операцию. Поверните теодолит на 180° . Пузырек не должен смещаться из центра уровня. Если он смещается, перейдите к пункту д.

Чтобы переместить пузырек, поверните этот винт.

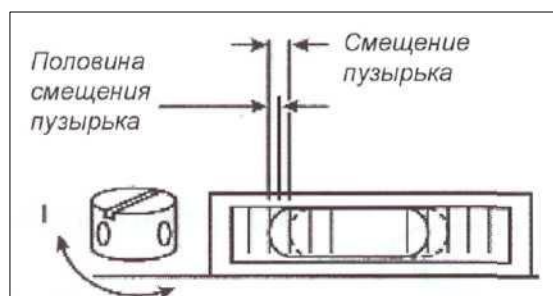


Рис. 1.24. Проверка положения пузырька уровня

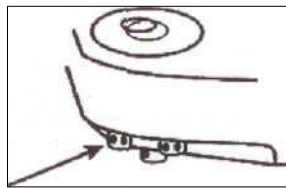
д) с помощью юстировочной шпильки поверните винт, пока пузырек не сместится на половину расстояния до срединного положения

пузырька.

е) вернитесь в первоначальное положение (пункт А) и повторите пункты А - С до тех пор, пока пузырек не будет находиться в центре уровня.

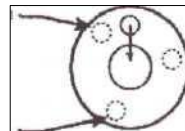
2. Поверка и юстировка круглого уровня:

Если пузырек круглого уровня находится в центре после приведения в центр пузырька цилиндрического уровня, то дальнейшая юстировка не нужна. В противном случае необходимо сделать следующее: используя юстировочную шпильку, поверните юстировочные винты, пока пузырек круглого уровня не переместится в центр (рис. 1. 25). Не перетягивайте юстировочные винты. Ослабьте один винт на 1/4 оборота винта, затем затяните другой винт также на 1/4 оборота. Используйте эти юстировочные винты для приведения пузырька круглого уровня в центр.



*Половина смещения
Переместите перекрестие с помощью
этих юстировочных винтов*

*Чтобы пузырек сместился в указанных
направлениях: Затяните этот винт*



Ослабьте этот винт

Рис. 1.25. Юстировка круглого уровня

3. Поверка и юстировка оптического центрира

Данная юстировка необходима, чтобы линия визирования оптического центрира совпадала с вертикальной осью (табл. 2.3):

а) наведите оптический центрир на точку с помощью подъемных винтов или, ослабив становой винт и передвинув инструмент к точке (рис. 1.26);

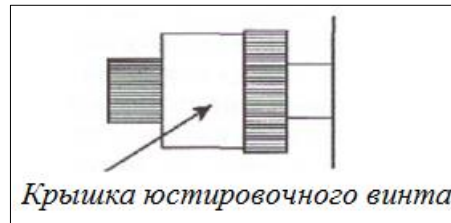


Рис. 1.26. Наведение оптического центрира на точку

б) поверните теодолит на 180° и повторите визирование через оптический центрир. Если точка находится в центре круга поля зрения оптического центрира, юстировка не нужна. Если же нет, то необходимо перейти к пункту С;

с) снимите крышку юстировочных винтов оптического центрира. Поверните ее против часовой стрелки. Вы увидите четыре юстировочных винта (рис. 1.27).

*Половина смещения
Переместите перекрестие с помощью
этих юстировочных винтов*

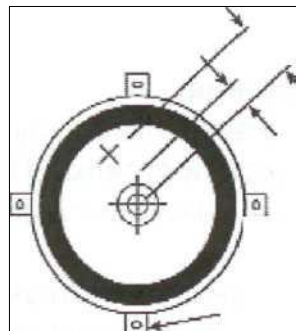


Рис. 1.27. Крышка юстировочных винтов оптического центрира

д) используя юстировочную шпильку, поверните юстировочные винты наполовину смещения перекрестия сетки нитей центрира от точки. Ослабьте один винт на $1/4$ оборота, затем затяните противоположный винт на $1/4$ оборота;

е) повторяйте пункты А - D, пока при повороте вокруг вертикальной оси инструмента смещение не пропадет (табл. 1.12).

Таблица 1.12

Установка места нуля вертикального круга

Операция	Клавиша	Дисплей
Точное горизонтирование теодолита	нет	
Нажмите клавишу V% и удерживайте ее пока нажимаете клавишу питания. На дисплее теодолита появится режим установки места нуля вертикального круга	V% Ф	V 0 STEP I
Поверните зрительную трубу, чтобы установить место нуля. На дисплее появится "STEP-1"		V 95°10'20" H _R STEP---1 I
Наведите зрительную трубу на цель, расположенную близко к горизонту на расстоянии примерно 100 м. Нажмите "V%". Данные для первой точки будут сохранены. На дисплее появится "STEP-2"	V%	V 95°10'20" H _R STEP---2 I
Переверните зрительную трубу и снова визируйте ее на начальную точку. Нажмите "V%". Данные для второй точки будут сохранены, и место нуля вертикального круга будет установлено. После нажатия клавиши инструмент подаст звуковой сигнал и вернется в режим обычных измерений	V%	V 261°12'43" H _R 180° 00' 00" I

5. Правила обращения с геодезическим прибором

«Теодолит VEGA TEO-20B»

- Не допускайте ударов инструмента.
- Проверяйте индикатор заряда батареи.
- Переноска инструмента. Всегда снимайте теодолит со штатива при переходе на следующую точку. Если теодолит необходимо переносить на штативе, держите инструмент впереди себя и как можно вертикальней. Не переносите инструмент на плече. При переносе на длинные расстояния инструмент необходимо положить в футляр.
- Не оставляйте инструмент под прямыми солнечными лучами.
- Теодолит хранят при низкой влажности и температуре окружающего

воздуха не выше 45°C. Всегда вынимайте батарейки из инструмента перед хранением. Пыль с объектива снимают с помощью небольшой кисточки, затем используют ткань для протирки объектива (не нажимайте сильно на объектив, чтобы его не поцарапать).

- Высушите инструмент после дождя. Не используйте химические вещества для очистки инструмента и футляра. Очищайте инструмент с помощью влажной ткани, смоченной в чистой воде.

1.6 Правила внутреннего распорядка, обязанности бригадира и членов бригады

Приборы, принадлежности и учебная литература выдаются бригадиру под расписку. Материальную ответственность за утерю или поломку геодезических приборов и оборудования несет бригада в целом. Все студенты обязаны быть на месте работы в назначенное время. В дождливую погоду студенты занимаются камеральными работами. Из числа студентов в каждой бригаде назначается бригадир.

Бригадир обязан:

- получать необходимые для работы геодезические инструменты и материалы;
- следить за правильной организацией работы в бригаде в соответствии с программой практики (каждый член бригады в равной мере должен участвовать во всех видах полевых и камеральных работ);
- вести учет выхода на работу членов бригады.

Бригадир ежедневно отмечает в дневнике отсутствующих, опоздавших и ушедших с работы ранее установленного срока с указанием причин, а также записывает вопросы, возникающие в процессе работы. Преподаватель ежедневно просматривает дневник, проверяет записи бригадира, дает необходимые разъяснения и указания, подписывает дневник.

Перед измерением углов и расстояний бригадиром под руководством преподавателя проводится тренировочное занятие с таким расчетом,

чтобы каждый из членов бригады измерял не менее двух горизонтальных и вертикальных углов и линий.

1.7 Общие правила техники безопасности

К геодезическим работам допускаются лица, прошедшие инструктаж и проверку знаний по технике безопасности. Не допускаются к полевым работам лица, страдающие эпилепсией, головокружениями, болезнями сердца. Все студенты должны знать правила оказания первой помощи.

При работе вдоль дорог категорически запрещается размещать инструменты и работающих на проезжей части дороги. Нельзя проводить геодезические работы в опасных зонах: вблизи работающих экскаваторов, подъемных кранов, в местах, где проходят электролинии.

Если требуется пересечь автодорогу с интенсивным движением теодолитным или нивелирным ходом, необходимо специально выделить одного студента для наблюдения за транспортными средствами, освободив его от других обязанностей. Он должен находиться не далее 5 м от прибора в таком месте, которое позволит ему обнаружить приближающийся транспорт на расстоянии 0,5 км. Предупреждение о приближении транспорта подается заранее установленным сигналом. Реечнику запрещается стоять спиной к приближающемуся транспорту.

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

Во время перерывов в работе запрещается оставлять приборы и другие инструменты без присмотра. Переносить инструменты можно только в вертикальном положении со сложенными ножками штатива при закрепленных зажимных винтах.

Студентам запрещается открывать люки колодцев и других подземных коммуникаций. Запрещается работать на крутых склонах.

В жаркую солнечную погоду необходимо работать с покрытой головой, запрещается работать и передвигаться босиком, сидеть и лежать на сырой земле.

По окончании полевых работ перед сдачей инструментов необходимо:

- тщательно очистить инструменты от грязи и ржавчины;
- проверить комплектность инструментов. Обнаруженные дефекты указать в записке, которую вложить в колпак прибора.

Без изучения правил техники безопасности студенты к прохождению практики не допускаются.

1.8 Прием зачета по практике

Прием работ и зачет по практике проводится преподавателем, руководителем практики в присутствии всей бригады. Студенты, не сдавшие работы, к зачету по практике не допускаются.

Зачет по практике руководитель принимает после полного завершения бригадой всех видов работ. На зачете каждый член бригады должен показать знание методов выполнения и организации работ, входящих в программу практики, проявить навыки в обращении с геодезическими приборами.

При определении общей оценки каждому студенту руководитель учитывает следующие показатели:

- качество выполненных работ;
- качество и полноту устных ответов на вопросы по каждому виду работ;
- качество оформления материалов;
- инициативу, проявленную при выполнении работ;
- производственную дисциплину.

Материалы по всем видам работ и производственный дневник бригада сдает руководителю практики.

2 СОЗДАНИЕ СЪЕМОЧНОГО (ПЛАНОВОГО) ОБОСНОВАНИЯ ДЛЯ ТАХЕОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

2.1 Проектирование, рекогносцировка закладка пунктов съемочного обоснования

Съемочное обоснование, как правило, создается в виде теодолитного хода с последующим проложением по пунктам хода технического нивелирования. Расстояние между пунктами теодолитного хода выбираются согласно Инструкции – от 40 м до 350 м (оптимально – 80м). Общее число пунктов должно быть больше числа студентов в бригаде.

Форма хода – замкнутый полигон с возможным проложением диагонального хода (рис.2.1).

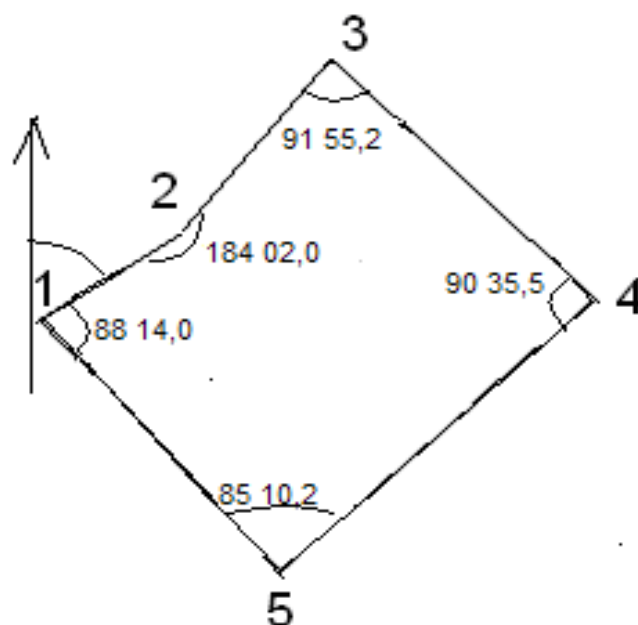


Рис. 2.1. Схема хода

2.2 Полевые измерения

В процессе рекогносцировки необходимо наметить местоположение пунктов теодолитного хода и убедиться во взаимной видимости

между соседними пунктами, только после этого пункт можно закреплять (на асфальтированной поверхности масляной краской в виде перекрестия длиной не более 10 см). Место закладки пункта должно быть удобным для установки штатива теодолита и обеспечивать хороший обзор для съёмки. Не закреплять точки теодолитного хода на проезжей части, на внутриквартальных проездах, на автостоянках, в местах массового движения пешеходов.

Точку поворота хода намечают так, чтобы над ней можно было установить теодолит для измерения угла: с нее хорошо бы просматривалась и была доступна для съёмки окружающая местность: были видны знаки, установленные на предыдущей и последующей точках хода: чтобы от нее удобно было измерять длины линии до следующих точек хода: чтобы длины сторон не превышали 300 – 500 м и не были короче 50 м, а в среднем равнялись 250 м: при съёмке контуров методом перпендикуляров стороны хода располагались от снимаемых границ не далее 50–70 м.

На каждой точке хода одновременно с определением реечных точек и съёмки местности составляется абрис (рис. 2.2). На нем показывают положение станции хода, направление на предыдущую и последующую точки, расположение всех съёмочных пикетов, рельеф и ситуацию местности. Съёмочные пикеты отмечают теми же номерами 1 - 10, что и в полевом журнале, ситуация местности изображается условными знаками, рельеф — горизонталями. Между точками на абрисе проводят стрелки, указывающие направление понижения местности.

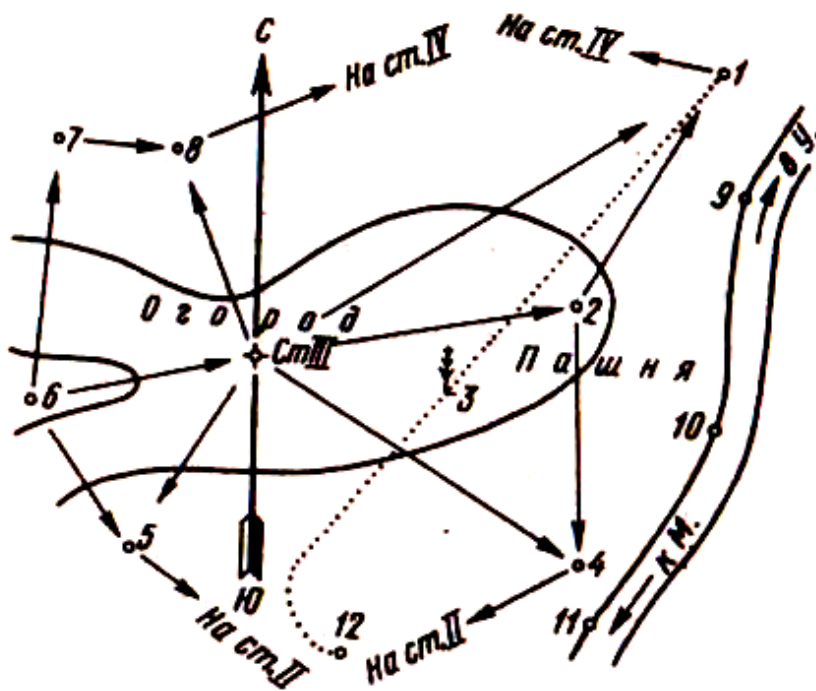


Рис. 2.2. Абрис теодолитного хода

После вычисления координат и высот точек хода приступают к съемке ситуации и рельефа местности на реечных точках, по которым составляют впоследствии топографический план. Съемка производится обычно при КЛ (круге лево). Все результаты измерений фиксируются в журнале.

При тахеометрической съемке ситуацию и рельеф снимают одновременно, а план составляют в камеральных условиях по результатам полевых измерений.

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

пикетные точки циркулем-измерителем, масштабной линейкой и транспортиром. Данные для нанесения берут из журнала тахеометрической съемки.

При горизонтальной съемке положение отдельных точек определяют относительно пунктов съемочного обоснования и линий, соединяющих их, применяя:

- способ перпендикуляров;
- полярный способ;
- способ засечек (угловых, линейных, комбинированных);
- способ створных засечек.

Способ перпендикуляров является реализацией обычной прямоугольной системы координат. Применяется в основном при съемке вытянутых контуров, расположенных вблизи сторон теодолитного хода. Пусть линия АВ - одна из сторон теодолитного хода (рис. 2.3). Примем ее за ось l , начало координат совместим с пунктом А; ось d расположим перпендикулярно линии АВ. Положение точки 1 определяется двумя перпендикулярами l_1 и d_1 , длины которых измеряют мерной лентой или рулеткой.

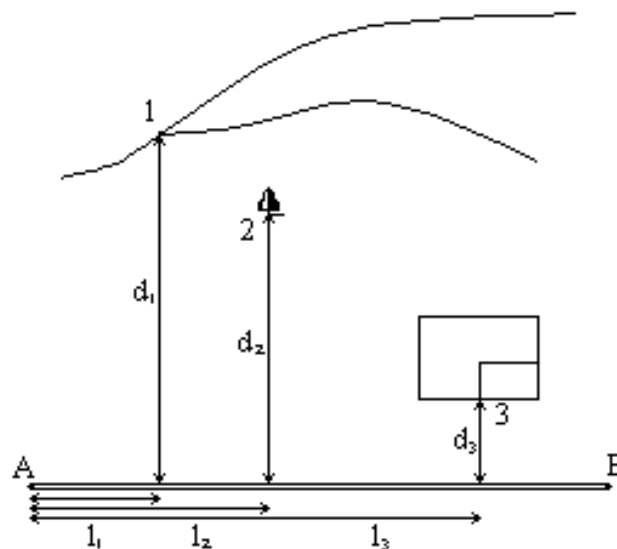


Рис. 2.3. Съемка ситуации способом перпендикуляров

Полярный способ съемки - это реализация полярной системы координат. Теодолит устанавливают на пункте съемочного обоснования А, принимая его за начало (полюс) местной полярной системы координат. Полярная ось совмещается с направлением на другой пункт съемочного обоснования В. Затем измеряют горизонтальный угол β_1 , образованный направлением АВ и направлением на снимаемую точку 1, и расстояние S_1 от точки А до точки 1 (рис. 2.4). При построении плана положение точки 1 получают, откладывая на стороне угла β_1 , построенного транспортиром, расстояние S_1 в масштабе плана.

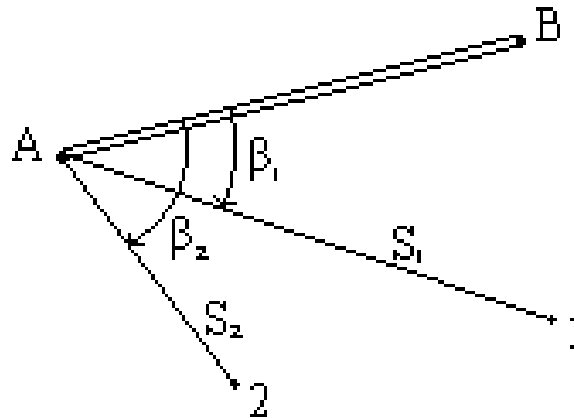


Рис. 2.4. Съемка ситуации полярным способом

Способ засечек применяется на открытых участках, где невозможно производить измерение расстояний. Положение контурной точки определяется горизонтальными углами β_1 , β_2 между стороной хода и направлениями на определяемую точку.

При угловой засечке положение точки 1 определяют относительно двух пунктов съемочного обоснования А и В с помощью двух измеренных горизонтальных углов α_1 и β_1 . Положение другой точки - точки 2 определяют, измеряя два других угла α_2 и β_2 (рис.2.5). Результаты измерений записывают в журнал. Углы измеряются теодолитом одним полу-приемом. Угол засечки должен быть не менее 30° и не более 150° .

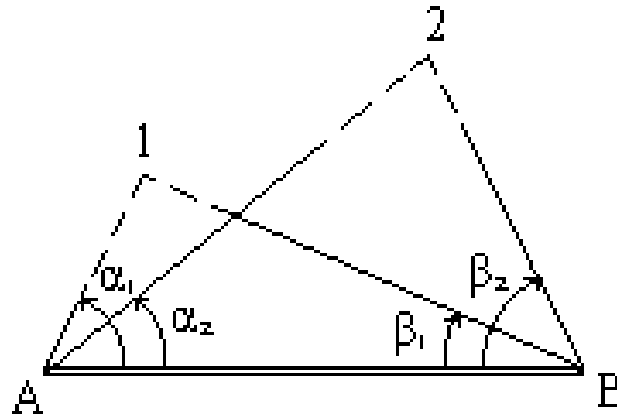


Рис. 2.5. Съемка ситуации способом угловых засечек

При построении плана при точках А и В с помощью транспортира строят углы α_1 и β_1 и в пересечении линий получают изображение точки 1 на плане. Аналогично находят на плане положение точки 2. Если расстояние до точки 1 не превышает длины рулетки, положение точки 1 определяют линейной засечкой, при которой измеряют расстояния А - 1 и В - 1 ; при построении плана из точки А проводят дугу радиусом, равным расстоянию А - 1 в масштабе плана, а из точки В - радиусом, равным расстоянию В - 1 в масштабе плана. Точка пересечения этих дуг является изображением точки 1 на плане. Точность измерения горизонтальных углов при угловой засечке определяется точностью их построения на плане транспортиром, то есть порядка 10' - 15'. Допустимую ошибку измерения расстояний при линейной засечке рассчитывают по формуле 2.1

$$m_s = 0,3 \text{ мм} \cdot M \quad (2.1)$$

где М - знаменатель масштаба съемки.

Способ линейных засечек применяется в условиях местности, удобной для линейных измерений. Положение точки контура в этом случае определяется как вершина треугольника, в котором известны длины сторон (рис.2.6). Эти стороны измеряются лентой или рулеткой и записываются в абрис. Форма треугольника должна быть по возможности близка к равносторонней.

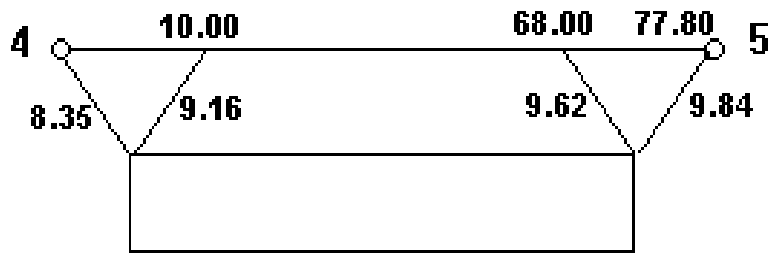


Рис. 2.6. Съёмка ситуации способом линейных засечек

Способ створных засечек целесообразно применять при наличии вдоль линии между опорными пунктами большого числа точек с известными координатами. При этом способе точку, лежащую в створе, закрепленном двумя исходными пунктами, получают отложением расстояния от одного из пунктов до выносимой точки (рис. 2.7).

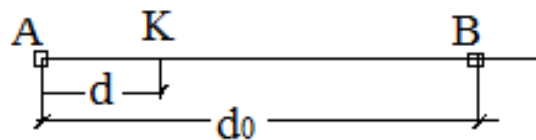


Рис. 2.7. Способ створных засечек

Результаты теодолитной съемки отражают в абрисе, соблюдая следующие правила: для удобства записей измерений размеры объектов, выражающиеся в масштабе плана, на абрисе могут быть не пропорциональны друг другу, однако общее очертание объектов по возможности должно отражать подобие их взаимного положения и формы; архитектурные выступы следует зарисовывать, если их размер на плане будет более 0,5 мм; объекты, не выражающиеся в масштабе плана (столбы и опоры воздушных линий электропередач и связи, выходы подземных сооружений), зарисовывают соответствующими условными знаками; прямыми линиями можно отображать только те контуры, для которых действительное отклонение от прямолинейных в отдельных точках не превышает 0,5 мм на плане;

- на застроенных территориях необходимо зарисовывать границы

отдельных усадеб и контуры других объектов, расположенных внутри приусадебного участка (залежи, пруды, газоны и тому подобное);

-на участке съемки с массивом растительности следует выделять и показывать на абрисе контуры молодой поросли, редколесья, вырубок, кустарников и другое; отображению в абрисе подлежат также просеки, лесные дороги, тропинки, отдельно стоящие деревья.

Все зарисовки в абрисах необходимо вести четко и аккуратно, располагая объекты с таким расчетом, чтобы оставалось свободное место для записей результатов измерений. В связи с этим в одном листе не следует размещать более 2 - 3 исходных линий, на основе которых планируется проводить съемку местности.

Измерение горизонтальных углов в теодолитном ходе

Перед измерением горизонтального угла на каждой точке теодолитного хода необходимо выполнить следующие операции:

- установить теодолит на штативе на пункте, являющимся вершиной угла;
- выполнить центрирование теодолита;
- привести теодолит в рабочее положение, то есть установить пузырек цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга в «нуль-пункт с помощью подъемных винтов;
- установить вешки или рейки вертикально на пункты, фиксирующие первую и вторую стороны угла.

Центрирование теодолита выполнить с помощью нитяного отвеса. Для этого поставить штатив с отвесом над центром пункта так, чтобы верхняя площадка головки штатива была горизонтальной, а отвес в спокойном состоянии отклонялся от центра пункта не более 5мм. Затем установить на штатив теодолит и закрепить становой винт. Следует учесть, что теодолит на площадке можно передвигать, предварительно ослабив становой винт.

Определение дирекционного угла первой линии теодолитного хода

На первой точке (станции) теодолитного хода следует определить значение магнитного азимута линии 1-2 теодолитного хода (рис.2.1) в точке 1.

Для этого, на установленный на первой станции теодолит при левом круге закрепляют буссоль, открепляют у теодолита закрепительный винт алидады и совмещают нуль лимба с нулем алидады. Вращают теодолит вокруг его вертикальной оси и, наблюдая в окуляр микроскопа, фиксируют отсчет $0^{\circ} 00'$. Закрепляют алидаду. Открепив закрепительный винт лимба, вращением теодолита добиваются установки магнитной стрелки буссоли по магнитному меридиану. После этого лимб закрепляют. Открепив алидаду, наводят зрительную трубу теодолита на рейку, установленную на точке 2 теодолитного хода. Снимают отсчет по горизонтальному кругу, который и будет являться значением магнитного азимута. Приблизительно принять значение магнитного азимута равным значению дирекционного угла линии 1-2 теодолитного хода ($A_m \approx \alpha_{1-2}$).

Дирекционный угол первой линии теодолитного хода записывают на предварительно составленной схеме хода.

Измерение горизонтального угла способом полного приема

Для измерения горизонтального угла необходимо

- при КЛ (круге лево) навести трубу на рейку, установленную на заднюю точку 5 теодолитного хода (рис. 2.8), взять отсчет по горизонтальному кругу L_1 . Наведение на рейку следует выполнить согласно рисунку 2.8;
- вращая алидаду, навести трубу на рейку, установленную на переднюю точку 2, взять отсчет по горизонтальному кругу L_2 ;
- вычислить значение правого по ходу угла при КЛ по формуле 2.2

$$\beta = L_1 - L_2 [+360] . \quad (2.2)$$

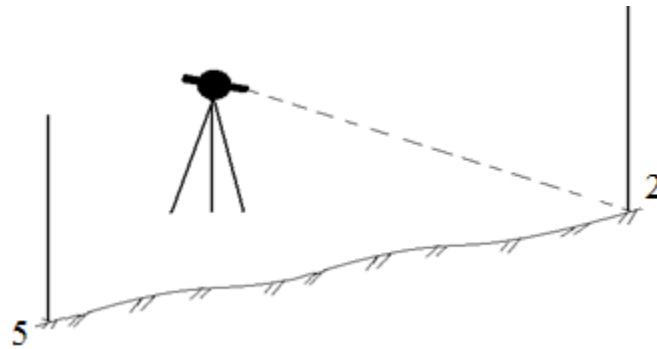


Рис. 2.8. Наведение на рейку при измерении горизонтального угла

Если отсчет L_1 окажется меньше L_2 , перед вычислением угла β необходимо сначала к отсчету L_1 прибавить 360° , а только потом отнять отсчет L_2 ;

- перевести трубу через зенит в положение КП (круг право);
- вращая алидаду, навести на заднюю точку 5, взять отсчет по горизонтальному кругу Π_1 ;
- вращая алидаду, навести на переднюю точку 2, взять отсчет Π_2 ;
- вычислить значение правого по ходу угла при КП по формуле 2.3

$$\beta' = \Pi_1 - \Pi_2 \left[+360^\circ \right]. \quad (2.3)$$

Если отсчет Π_1 окажется меньше Π_2 , перед вычислением угла β' необходимо сначала к отсчету Π_1 прибавить 360° , а только потом отнять отсчет Π_2 ;

- если выполняется условие $|\beta_1 - \beta'| \leq \Delta \beta_{\text{дон}}$, вычисляется среднее значение угла

$$\beta = \frac{\beta + \beta'}{2}. \quad (2.4)$$

Для теодолитов 2Т 30П принять $\Delta \beta_{\text{дон}} \pm 1'$.

Измерение расстояний нитяным дальномером

Одновременно с измерением горизонтальных углов измеряют длины сторон теодолитного хода в прямом и обратном направлениях.

Для измерения длины линии навести трубу на рейку, установленную на другом конце линии так, чтобы верхняя дальномерная нить была совмещена с любым круглым отсчетом N_1 (например, $N_1=1000$), взять отсчет N_2 по нижней дальномерной нити (например $N_2=1115$).

Длина линии вычисляется по формуле 2.5

$$D = KN + C, \quad (2.5)$$

где K - коэффициент дальномера, равный 100,

C - постоянная дальномера,

N - разность отсчетов $N_1 - N_2$.

Величиной C для съемки масштаба 1:1000 можно пренебречь из-за ее малости. В нашем примере $D = 100 \times 115 = 11\,500 \text{ мм} = 11,5 \text{ м}$.

Вычисление горизонтальных проложений d от станций до речных точек производят по значениям расстояний D , полученных по нитяному дальномеру

$$d = D \cdot \cos^2 v, \quad (2.6)$$

где D – длина наклонной линии АВ,

v – угол наклона линии,

d – ее проложение (горизонтальная проекция).

Превышения h точек относительно станции вычисляют по формуле

$$h = h' + i - v, \quad (2.7)$$

где i - высота инструмента на данной станции; v - высота визирования.

При вычислении превышений по сторонам теодолитно-нивелирного хода, длины которых измерены стальной землемерной лентой

$$h' = d \times \operatorname{tg} v.$$

(2.8)

Записи отсчетов и вычисление углов и длин линий производится в журнале установленного образца (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Измерение углов и длин линий

Номер станции	Номер точки визирования	Отсчеты по ГК		Отсчеты по дальному меру		Расстояние Д, м
		КП	КЛ	Верхняя нить	Нижняя нить	
1	2	278°41,0′	98°40,0′	7100	6520	58,00
	5	195°35,0′	15° 33,0′	7600	6965	63,50
		83° 06,0′	83° 07,0′			
		83° 06,0′				

Измерение превышений в ходе технического нивелирования

Превышения между станциями теодолитного хода измеряют методом геометрического нивелирования с помощью нивелира и двух реек.

Отметки станции теодолитного хода вычисляют по формуле 2.9

$$H_{cm2} = H_{cm1} + h_1, \quad (2.9)$$

где H_{cm1} - отметка первой станции теодолитного хода (задается руководителем практики);

H_{cm2} - отметка второй точки теодолитного хода;

h_1 - измеренное превышение между первой и второй точками теодолитного хода.

Порядок измерения превышения на станции:

а) установить нивелир посередине между первой и второй точками теодолитного хода, привести нивелир в рабочее положение. Расстояние от нивелира до реек, установленных на станциях теодолитного хода, между которыми определяют превышение, должно быть не более 100 метров и

не менее 5 метров. В случае, если это расстояние окажется меньше 5 метров, возможна установка нивелира в стороне от створа линии, соединяющей две точки теодолитного хода (рис.2.9);

б) установить вертикально рейки на станцию 1 («задняя рейка») и станцию 2 («передняя рейка»). Рейка устанавливается «пяткой» на землю на центр пункта;

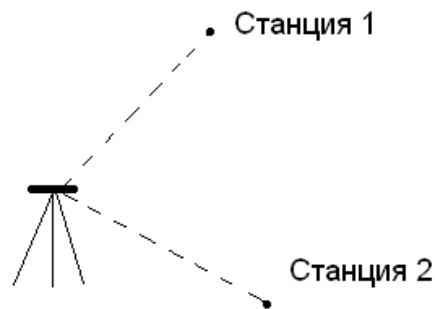


Рис. 2.9. Установка нивелира не в створе

в) навести зрительную трубу на заднюю рейку, отфокусировать изображение рейки и установить его в центр поля зрения зрительной трубы, элевационным винтом привести пузырек уровня точно в «нуль-пункт» и взять отсчет по черной стороне рейки по центральной горизонтальной нити **ЗЧ**, записать отсчет в журнал (рис.2.10);

г) дать команду реечнику развернуть рейку красной стороной, проверить положение пузырька точно в нуль-пункте и взять отсчет по красной стороне рейки по центральной горизонтальной нити **ЗК**, записать отсчет в журнал;

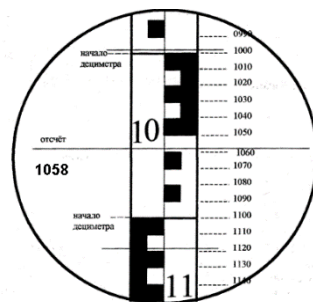


Рис. 2.10. Поле зрения зрительной трубы нивелира

д) повернуть нивелир на переднюю рейку и повторить действия, описанные в пункте (в) и в пункте (г) для передней рейки, то есть снять и записать в журнал два отсчета: **ПЧ** и **ПК**;

е) выполнить обработку измерений на станции

- вычислить разности нулей для задней **РОЗ** и передней **РОП** реек:

$РОЗ = ЗК - ЗЧ$, $РОП = ПК - ПЧ$, записать их в журнал;

- вычислить превышения по черным $h_ч$ и красным $h_к$ сторонам реек

$h_ч = ЗЧ - ПЧ$, $h_к = ЗК - ПК$, записать их в журнал;

- вычислить среднее значение превышения на станции:

$$h_{cp} = \frac{h_ч + h_к}{2}, \quad (2.10)$$

округлить его до целого количества миллиметров и записать в журнал.

Расхождение между «черным» и «красным» превышениями допускается не более ± 5 мм.

Образец журнала технического нивелирования приведен в таблице 2.2.

Таблица 2.2

Журнал технического нивелирования

Номер стан- ции	Номер точки	Отсчеты по рейке			Превышения				Горизонт инстру- мента ГИ, м	Отметка Н, м
		задние	перед- ние	про- межу- точные	средние вычисления					
					+	-	+	-		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	2	7620(2) 2834(1) 4786(5)							286,715	283,881
	ВУ 1			1819	2017(8) 2019(7)		2018(9)			284,896
	3		5603(4) 0815(3) 4788(6)							285,898

Примечание: числа в скобках указывают номер операции

На станции заполняются графы 1-9 журнала нивелирования (табл. 2.2).

Если хотя бы один допуск будет нарушен, нужно аккуратно зачеркнуть записи станции и повторить на ней все измерения.

Ход технического нивелирования выполняется по пунктам теодолитного хода в одном направлении.

По мере заполнения полевого журнала производят постраничный контроль. Контролем этих вычислений служат: для разомкнутого хода – отметка второго репера должна равняться отметке репера, от которого начинался ход, и плюс сумма всех исправленных превышений данного хода; для замкнутого хода – сумма всех исправленных превышений должна равняться нулю.

2.3 Вычисление координат и отметок пунктов съёмочного обоснования

Определение координат пунктов

Вычисление координат вершин теодолитного хода производят в специальной ведомости (табл. 2.3) в следующем порядке:

а) вычисляют сумму измеренных углов $\Sigma \beta_{изм}$;

б) определяют теоретическую сумму (правых по ходу) углов

$$\Sigma \beta_{теор} = 180^\circ (n - 2), \quad (2.11)$$

где n - число вершин хода;

в) вычисляют угловую невязку хода в минутах

$$f_\beta = \Sigma \beta_{изм} - \Sigma \beta_{теор}. \quad (2.12)$$

Если невязка f_β не превышает допустимой величины

$$f_{\beta_{дон}} = 1' \sqrt{n}, \quad (2.13)$$

то ее распределяют с обратным знаком поровну на все углы хода, то есть вводят поправки V_β . Контроль

$$\Sigma V_\beta = -f_\beta; \quad (2.14)$$

г) вычисляют исправленные значения углов

$$\beta_{испр} = \beta_{изм} + V_{\beta_i}, \quad (2.15)$$

$$\Sigma \beta_{исп} = \Sigma \beta_{теор}. \quad (2.16)$$

Таблица 2.4

Ведомость вычисления координат вершин теодолитного хода

$$\Sigma\beta_{\text{пр}} = 539^{\circ}57,9'$$

$$P=322,54 \quad -0,11 \quad +0,04$$

Номер вершины	Углы, β		Дирекционный угол, α	Длина линии	Приращение координат				Координаты	
	измеренные	исправлен- ные			вычисленные		исправленные			
					ΔX	ΔY	ΔX	ΔY	X	Y
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	+4									
1	88°14,0′	88°14,4′			+1				<u>0,00</u>	<u>0,00</u>
	+5		<u>43°10,0′</u>	26,76	+19,52	+18,31	+19,53	+18,31		
2	184°02,0′	184°02,5′			+2	-1			19,53	18,31
	+4		39°07,5′	58,35	+45,26	+36,83	+45,28	+36,82		
3	91°55,2′	91°55,6′			+2	-1			64,81	55,13
	+4		127°11,9′	70,50	-42,62	+56,16	-42,60	+56,15		
4	90°36,5′	90°36,9′			+3	-1			22,21	111,28
	+4		216°35,0′	90,60	-72,75	-54,00	-72,72	-54,01		
5	85°10,2′	85°10,6′			+3	-1			-50,51	57,27
			311°24,4′	76,33	+50,48	-57,26	+50,51	-57,27		
1									0,00	0,00

$$\Sigma\beta_{\text{теор}} = 540^{\circ}00,0'$$

$$f_{\beta_{\text{доп}}} = \pm 1' \sqrt{n}$$

$$f_p = \sqrt{f_x} + f_y = 0,12$$

$$f_{\beta} = -0^{\circ}02,1'$$

$$f_{\beta_{\text{доп}}} = \pm 02,2'$$

$$\frac{f_p}{p} = \frac{0,12}{322,54} = \frac{1}{2690} \leq \frac{1}{2000}$$

д) по исходному дирекционному углу первой стороны теодолитного хода α_{1-2} и исправленным значениям углов $\beta_{исп}$ хода вычисляют дирекционные углы всех остальных сторон по формуле для правых углов

$$\alpha_{i+1} = \alpha_i + 180^\circ - \beta_{iспр} . \quad (2.17)$$

Дирекционный угол последующей стороны равен дирекционному углу предыдущей стороны плюс 180° и минус правый (исправленный) угол хода, образованный этими сторонами.

Если дирекционный угол получается отрицательным, его нужно увеличить на 360° , если дирекционный угол получается больше 360° , то его нужно уменьшить на 360° .

Контроль: дирекционный угол α_{1-2} , вычисленный по формуле должен полностью совпадать со значением α_{1-2} , полученным с помощью буссоли;

е) вычисляют приращения координат по каждой стороне хода по формуле 2.18

$$\Delta X = d \cos \alpha, \quad \Delta Y = d \sin \alpha \quad (2.18)$$

Значения приращений вычисляют в метрах с округлением до второго знака после десятичной запятой.

Перед вычислением функции $\cos \alpha$ или $\sin \alpha$ на калькуляторе необходимо перевести значение дирекционного угла в десятичную форму (градусы и десятые доли градуса);

ж) вычисляют практические суммы приращений координат

$$\Sigma \Delta X_{np}, \quad \Sigma \Delta Y_{np}; \quad (2.19)$$

з) для замкнутого теодолитного хода принимают теоретические суммы приращений равными нулю:

$$\Sigma \Delta x_{теор} = 0, \quad \Sigma \Delta y_{теор} = 0; \quad (2.20)$$

и) вычисляют невязки f_x и f_y в приращениях координат по осям X и Y

$$f_x = \Sigma \Delta X_{np} - \Sigma \Delta X_{теор}, \quad (2.21)$$

$$f_y = \Sigma \Delta Y_{np} - \Sigma \Delta Y_{теор}, \quad (2.22)$$

к) находят абсолютную и относительную линейные невязки хода.

Абсолютную невязку хода ΔP вычисляют по формуле

$$\Delta P = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}, \quad (2.23)$$

и записывают ее с точностью до сотых долей метра.

Относительная линейная невязка $\frac{\Delta P}{P}$, (P - сумма горизонтальных проложений сторон хода) выражается простой дробью с единицей в числителе, которую сравнивают с допустимой $\frac{1}{2000}$;

л) в случае, если относительная невязка окажется меньше $\frac{1}{2000}$, вычисляют поправки в приращения координат (в метрах с округлением до второго знака после запятой)

$$V_{x_i} = -\frac{f_x}{P} d_i, \quad V_{y_i} = -\frac{f_y}{P} d_i, \quad (2.24)$$

где d_i - длина стороны, к приращениям которой вычисляют поправки.

Контроль: сумма поправок по ΔX и ΔY должна быть равна невязке соответственно f_x и f_y с противоположным знаком.

Если контроль не выполняется, нужно изменить на 0,01м одну или несколько поправок (отдельно для V_x и V_y), начиная с самой длинной стороны;

м) вычисляют исправленные приращения координат по формулам

$$\Delta X_{испр} = \Delta X_i + V_{x_i}, \quad \Delta Y_{испр} = \Delta Y_i + V_{y_i}; \quad (2.25)$$

н) вычисляют координаты вершин хода по формулам

$$X_{i+1} = X_i + \Delta X_{испр}, \quad (2.26)$$

$$Y_{i+1} = Y_i + \Delta Y_{испр}. \quad (2.27)$$

Контроль: вычисленные по формулам координаты первой вершины теодолитного хода в конце вычислений должны быть равны значениям, заданным руководителем практики.

Пример вычисления координат пунктов замкнутого теодолитного хода приведен в таблице 2.3.

Определение отметок вершин теодолитно - нивелирного хода

Ход технического нивелирования прокладывают по пунктам теодолитного хода. Записи ведут в журнале нивелирования (табл.2.4). Перед вычислением отметок хода необходимо выполнить обработку журнала нивелирования (графы 1-9), то есть выполнить постраничный контроль.

Вычисление отметок пунктов хода производят в следующем порядке:

а) вычисляют высотную невязку хода

$$f_h = \sum h_i - \sum h_{теор} . \quad (2.28)$$

где $\sum h_i$ - сумма всех измеренных превышений,

$\sum h_{теор}$ - теоретическая сумма превышений.

Для замкнутого хода $\sum h_{теор} = 0$;

б) вычисляют допустимую величину невязки

$$f_{h_{дон}} = 50 \text{ мм} \sqrt{L} , \quad (2.29)$$

где L - длина хода в км;

в) при выполнении условия $f_h \leq f_{h_{дон}}$, вычисляют поправки V_{h_i} в измеренные превышения и вводят их поровну (с округлением до целых миллиметров) во все превышения со знаком, обратным знаку невязки. Контроль: сумма всех поправок должна быть равна невязке с обратным знаком. Поправки записывают в журнале нивелирования над средними значениями превышений;

г) вычисляют исправленные превышения по формуле 2.30

$$f_{h_{испр}} = h_i + V_{h_i} . \quad (2.30)$$

д) вычисляют последовательно отметки всех связующих точек хода

$$H_i = H_{i-1} + h_{i_{испр}} . \quad (2.31)$$

Контроль: получение в конце хода известной отметки точки 1 (отметка задается руководителем практики);

е) на станциях с промежуточными точками вычисляют значение горизонта инструмента (ГИ).

Горизонтом инструмента (ГИ) называют высоту визирного луча над уровнем поверхностью. ГИ равен отметке задней (или передней) точки плюс отсчет по черной стороне рейки, стоявшей на этой точке.

Таблица 2.4

Журнал технического нивелирования

Номер станции	Номер нивелируемой точки	Отсчеты по рейке			Превышения				Горизонт инструмента (ГИ)	Отметка Н, м
		задняя	передняя	промежуточная	вычисленные		средние			
					+	-	+	-		
I	Rp 19	7221 2435	5677 0890 4787		1544 1545		+6 1544		281,32 282,87	
	4786									
II	1	6902 2116	5884 1096 4788		1018 1020		+6 1019		282,87 283,90	
	4786									
	2									
III	2	7620 2834	5603 0815 4788	1819	2017 2019		+7 2018	286,73	283,90 284,92 285,92	
	4786									
	+45 Rp 20									

29128 19965 9163

4581

$$\text{Контроль: } \frac{29128 - 19965}{2} = 9163, \frac{9163}{2} = 4582,$$

$$\Sigma h_{\text{теор}} = 285,92 - 281,32 = + 4,600,$$

$$\Sigma h_{\text{пр}} = + 4,581, f_h = - 19 \text{ мм.}$$

Через горизонт инструмента вычисляют отметки промежуточных точек: отметка промежуточной точки равна ГИ на данной станции минус отсчет по рейке, стоявшей на этой промежуточной точке. Пример обработки хода технического нивелирования приведен в таблице 2.4.

Наиболее распространены три типа задач, решаемых нивелированием. Первая задача – определение высот точек местности, случайным образом расположенных. Эта задача решается проложением нивелирных ходов.

Вторая задача – нивелирование поверхности (или площади): определение высот точек внутри заданного участка. Эта задача решается путем определения высот конечного числа точек, распределенных по участку в виде регулярной сетки (нивелирование по квадратам) или в виде нерегулярной сетки пикетов, набираемых для последующего интерполирования горизонталей. При наличии нивелира с горизонтальным лимбом (например, НЗЛ) возможно нивелирование поверхности без предварительного пикетажа участка. При работе с таким нивелиром плановое положение любой нивелируемой точки может быть определено двумя отсчетами – по горизонтальному кругу и по дальномерным нитям.

Третья задача нивелирования – определение высот точек вдоль заданной линии – получение разреза или профиля. Для решения этой задачи перед началом собственно нивелирования подготавливают заданную линию к измерениям – предварительная разметка или пикетаж местности (через каждые 100 м в точках изгибов земной поверхности, или «плюсовых точках» забиваются колышки – пикеты; измеряют углы поворота в точках излома заданной линии и т.д.). Обычно для построения профилей применяют так называемое «техническое нивелирование» – геометрическое нивелирование относительно невысокой точки (средняя

квадратическая погрешность измерения превышений 25 мм на км хода). Если превышение между соседними точками профиля больше 3 м и его нельзя измерить с одной нивелирной станции (из-за недостаточной высоты рейки), то забивают одну или несколько «иксовых точек», которые могут быть и вне створа профиля). Для получения более подробных данных (для строительства инженерных сооружений линейного типа) часто выполняется еще и нивелирование по поперечным профилям (25-30 м перпендикулярно к основной линии по обе стороны от нее через 300-500 м). При строительстве изломы линии заменяются вставками дуг окружностей заданного радиуса. Исходя из величин радиуса и угла поворота, из таблиц можно выбрать величины отрезков «тангенса», «биссектрисы».

Если объект строительства занимает узкую длинную полосу, нивелирную трассу – ось предполагаемого будущего сооружения – такое нивелирование называется продольным. В том случае, когда строительные работы разворачиваются на обширных площадях, нивелируют поверхность. Линии и сети инженерно-технического нивелирования привязывают к пунктам государственной нивелирной сети требуемого класса.

Нивелирные реперы обычно подразделяют на три типа – грунтовые, скальные и стенные. Конструктивно они почти не отличаются от центров плановой сети. В залесенных районах над репером сооружается бревенчатый сруб. Стенные реперы бывают аналогичные стенным центрам плановых пунктов (нивелирные стенные марки) и в виде чугунной отливки с выступом-полочкой, на который устанавливается рейка для передачи и хранения высоты.

В процессе технического нивелирования попутно нивелируются отдельные характерные точки местности, устойчивые по высоте объекты: крышки колодцев, головки рельсов на переездах, пикетажные столбы вдоль дорог, крупные валуны. Высоты указанных точек определяются как промежуточные и включены в ход. На каждую промежуточную точку должен быть составлен абрис с промерами до ближайших ориентиров. Особое внимание должно быть уделено определению урезов воды.

3 ТАХЕОМЕТРИЧЕСКАЯ СЪЕМКА

3.1 Полевые работы

Геодезической основой для выполнения тахеометрической съемки служат пункты теодолитно-нивелирного хода (съемочного обоснования).

Съемка заключается в выборе на местности характерных точек и определении их координат. Съемку ситуации и рельефа ведут одновременно. Съемка ситуации заключается в выборе объектов, которые нужно изобразить на плане и в выборе на границах объекта характерных точек (пикетов), выполнении необходимых измерений. Для съемки рельефа выбирают характерные точки рельефа. Для каждого пикета измеряют полярный угол и полярное расстояние. Съемку выполняют теодолитом.

Конечным результатом тахеометрической съемки является план участка местности, который вычерчивают на ватмане в условных знаках в масштабе, заданном руководителем практики.

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 топографической съемки.

Порядок работы на станции

- установить теодолит на штативе, выполнить центрирование, привести теодолит в рабочее положение;

- при КЛ глядя в микроскоп, установить отсчет по горизонтальному кругу $0^{\circ}00'$. Закрепить алидаду. Открепив лимб, навести зрительную трубу на рейку, установленную на последующей точке теодолитного хода. Лимб закрепить и до

конца измерений на данной станции закрепительный винт лимба не трогать;

- выполнить определение МО вертикального круга;

- измерить высоту инструмента i , - расстояние от центра пункта до оси вращения трубы;

- выполнить рисовку абриса. На абрисе схематично указать положение пункта стояния теодолита (станция), зарисовать объекты местности, подлежащие съемке, указать расположение всех намеченных пикетов с обязательным указанием номера пикета (номера пикетов можно проставлять в процессе съемки), указать направление на север.

Для съемки одного пикета выполнить следующие действия:

- установить рейку вертикально на пикет;

- навести зрительную трубу на ось рейки. Рекомендуется наводить зрительную трубу на рейку так, чтобы центральная горизонтальная нить сетки нитей расположилась на отсчете по рейке, равном высоте инструмента (т.е. выполнить условие: высота визирования V равна высоте инструмента i). Для точного наведения центральной горизонтальной нити на отсчет по рейке, равный высоте инструмента, воспользоваться микрометрическим винтом зрительной трубы. В случае, если невозможно навести трубу на отсчет по рейке, равный высоте инструмента (из-за препятствий между теодолитом и рейкой), навести трубу на любой другой отсчет по рейке, записав высоту визирования в журнал тахеометрической съемки;

- взять отсчет по горизонтальному кругу и записать его в журнал;

- взять отсчет по вертикальному кругу теодолита и записать его в журнал;

- измерить расстояние с помощью нитяного дальномера, учитывая, что одно деление рейки равно одному сантиметру, а одному сантиметру рейки соответствует один метр на местности;

- указать на абрисе местоположение пикета и его порядковый номер.

Пример журнала тахеометрической съемки приведен в таблице 2.5.

Таблица 2.5

Журнал тахеометрической съемки

Но- мер пике- та	Расстоя- ние по дально- меру D, м	Отсчеты		Угол наклона ν	Горизон- тальное проложе- ние D, м	Превышения		Высота визиро- вания V , м	Отметка H, м	Приме- чание
		горизон- тальный круг	верти- кальный круг			h'	h			
Станция I Лимб ориентирован по стороне 1 - 2										
						МО=0°00' $i=1,56$ H=281,32 м				
1	125	337°00'	6°07,0'	6°06,0'	123,59	13,21	11,77	3,0	293,09	
2	26	35°00'	-12°11,0	-12°12'	24,84	-5,37	-5,81	2,0	275,51	
3	44	87°00'	-4°05,0'	-4°06,0'	43,78	-3,14	-3,14	1,56	278,18	Опора

3.2 Построение плана тахеометрической съемки

Перед построением плана выполняют обработку журнала тахеометрической съемки в следующем порядке:

-вычисляют углы наклона для каждого пикета как разность между отсчетом по вертикальному кругу (КЛ) и местом нуля (МО)

$$\nu = \text{КЛ} - \text{МО}, \quad (3.1)$$

- вычисляют горизонтальные проложения d от станции до реечных точек по формуле

$$d = D \cos^2 \nu, \quad (3.2)$$

- вычисляют с точностью до 0,01 м превышения h' по формуле

$$h' = \frac{D}{2} \sin 2\nu, \quad (3.3)$$

- вычисляют превышения h пикетов относительно станции

$$h = h' + i - V, \quad (3.4)$$

где i - высота инструмента на данной станции, V - высота визирования;

- вычисляют с точностью до 0,01 м отметки пикетов

$$H_i = H_{cm} + h_i. \quad (3.5)$$

План характеризуется точностью, детальностью и полнотой. Деталь-

ность плана - это степень подобия изображенных на плане контуров и объектов местности. На плане допускается спрямление контуров с ошибкой 0,5 мм в масштабе плана. Полнота плана определяется конкретными условиями участка местности и его назначением.

При съемке населенных пунктов на планах должны быть показаны все одиночные постройки, составляющие кварталы и различные обособленные группы (массивы), с четким выделением проездов (улиц, переулков, площадей и др.). Изображение построек на планах производится с учетом их огнестойкости (материала постройки), этажности и назначения.

В населенных пунктах не следует показывать переносные и временные сооружения (ларьки, палатки, киоски, некапитальные изгороди и другое). Кроме того, в масштабе 1 : 5 000 разрешается не снимать мелкие нежилые строения индивидуального пользования и выходы колодцев подземных сооружений.

Пути сообщения, проходящие вдоль берега, и подъездные пути к сооружениям на берегу наносятся на планы с учетом их классификации по назначению, степени технического совершенства и использования в течение года. При этом выделяются: железные дороги нормальной колеи и узкоколейные, автомобильные дороги с прочным покрытием и без него, выючные и пешеходные тропы на труднопроходимых участках берега.

Съемка дорог выполняется с точным выделением всех характерных для них деталей. В процессе съемки измеряется ширина дороги, а также относительные высоты насыпей и глубины выемок. Для шоссе дополнительно устанавливаются ширина и материал прочного покрытия. Высотные отметки дорог определяются, как правило, на перекрестках, в местах пересечения с ручьями и реками и на участках с крутым подъемом (спуском).

Линии связи и электропередач снимаются в масштабе 1:2000 и крупнее с точным нанесением на план всех видов опор. В масштабе 1 : 5000 точному

изображению подлежат только опорные знаки металлической и железобетонной конструкции; обычные опорные столбы наносятся только в поворотных точках. При съемке населенных пунктов в масштабе 1 :5000 линии связи и электропередач низкого напряжения разрешается не показывать.

При съемке элементов ситуации береговой полосы необходимо определять и четко разграничивать участки с различными видами растительного покрова и слагающего берег грунта. Указанные участки, в том числе сельскохозяйственные угодья, рекомендуется наносить на план как отдельные контуры, допуская сочетание в одном контуре нескольких видов растительного покрова и грунтов. В общем случае на плане должны быть показаны контуры участков площадью 25 мм² и более. Для хозяйственно ценных участков в отдельных случаях предельная площадь может быть уменьшена до 10 мм².

Деревья и кустарники, расположенные на берегу в одиночку и небольшими группами, наносятся на план без оконтуривания в соответствии с их положением на местности. Узкие полосы древесной и кустарниковой растительности, в том числе аллеи и полезащитные полосы, изображаются на плане также без оконтуривания с расстановкой условных знаков по оси полосы; при этом размещение знаков должно давать представление о непрерывности и извилистости узкого контура, а положение крайних знаков соответствовать началу и концу полосы на местности.

При съемке лесных массивов необходимо определять: породу деревьев, среднюю для данного массива высоту и толщину (на уровне груди) деревьев и среднее расстояние между деревьями. Внутри лесных массивов следует показывать просеки, большие поляны, участки вырубок, гари и бурелома.

Съемка болот производится с обязательным измерением их глубины и определением степени проходимости. Глубина болот измеряется от твердого грунта. Проходимость болот устанавливается путем опроса местных жителей и непосредственным ее определением на местности (с соблюдением необходимых мер предосторожности).

План строится в два этапа соответственно двум этапам выполнения съемки:

Наносится геодезическая основа, то есть пункты государственной геодезической сети, пункты сетей сгущения и пункты съемочного обоснования по их известным прямоугольным координатам.

Наносится ситуация, то есть наносятся пикеты относительно пунктов съемочного обоснования в местных полярных системах координат, и рисуются контуры и рельеф.

Составление плана по результатам тахеометрической съемки начинают с построения координатной сетки и нанесения по координатам точек теодолитного хода. Правильность нанесения точек контролируют по длинам его сторон: измеряют расстояния между вершинами – выраженные в масштабе, они должны быть равны расстояниям между соответствующими точками на плане или отличаться не более чем на 0,2 мм. Вслед за этим наносят на план пикетные точки циркулем-измерителем, масштабной линейкой и транспортиром. Данные для нанесения берут из журнала тахеометрической съемки. Координатную сетку строят с помощью линейки Дробышева с размером квадратов 10 см × 10 см. Необходимое количество квадратов рассчитывают, исходя из полученных значений координат вершин теодолитного хода плюс по одному квадрату по оси X и по оси Y для нанесения ситуации. Для контроля правильности построения координатной сетки циркулем-измерителем сравнивают между собой диагонали квадратов. Координатную сетку оцифровывают. Ошибка положения вершин квадратов координатной сетки должна быть порядка графической точности – 0,1 мм. При размерах сетки 50×50 см величина 0,1 мм соответствует углу 0,7'. Ни один транспортир не обеспечит такой точности построения углов, поэтому применяют косвенный способ построения прямого угла. По линейке Дробышева с точностью 0,1 мм откладывают катеты длиной 50,00 см и гипотенузу длиной 70,71 см; построенный таким образом прямой угол в треугольнике будет иметь требуемую точность. Все пункты съемочного

обоснования, с которых выполнялась съемка, и пункты опорных сетей, попадающие на данный лист плана, наносят на планы по их координатам.

Нанесение точек съемочного обоснования (вершин теодолитного хода) выполняют с помощью циркуля-измерителя и масштабной линейки по их координатам.

Нанесение на план пикетов по их полярным координатам (горизонтальному углу и горизонтальному проложению) выполняют с помощью тахеографа и масштабной линейки. Пикеты наносят в местных полярных системах координат при помощи транспортира и поперечного масштаба или с помощью тахеографа (кругового транспортира с линейкой на прозрачной основе).

Центр тахеографа совмещают с изображением первой станции теодолитного хода на плане, а нулевой отсчет тахеографа совмещают с «нулевым направлением», которое было выбрано на данной станции. При съемке на всех станциях лимб был ориентирован по направлению на последующую станцию. С помощью тахеографа вправо (по ходу часовой стрелки) от «нулевого направления» (для первой станции «нулевое направление» 1 - 2) откладывают горизонтальные углы (отсчеты по горизонтальному кругу), измеренные при визировании на реечные точки. На полученных направлениях от станции откладывают значения соответствующих горизонтальных проложений в масштабе 1:1 000. Пикеты обозначают точкой, обводят окружностью диаметром 1,0 мм, рядом подписывают в виде дроби номер пикета и его отметку с точностью до 0,1м.

Рисовку ситуации выполняют по данным абрисов, на которых должны быть указаны все пикеты, а их номера в точности должны совпадать с номерами в журнале тахеометрической съемки. Практически рисовка ситуации заключается в объединении отдельных пикетов, нанесенных на план, в один условный знак согласно данным абрисов. Рисовку ситуации выполняют согласно «Условным знакам для топографических планов масштабов 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000 и 1:500».

Контуры, снятые по способу обхода (проложением теодолитного хода), наносят на план по координатам или по румбам.

Если съемку ситуации проводили по способу прямоугольных координат (способу перпендикуляров), то для нанесения ее на план пользуются линейкой, треугольником, измерителем и масштабной линейкой. Треугольник используют для построения перпендикуляров, расстояния до оснований которых, как и их длины, разрешается откладывать при помощи линейного масштаба.

Точки контуров ситуации, снятых полярным способом, наносят на план при помощи транспортира и измерителя. Для нанесения точек при помощи транспортира совмещают его центр с точкой А (рис.3.1), устанавливают нулевой диаметр по начальному направлению, начальное направление имеет линия АВ) и от него по дуге транспортира отмечают значения углов.

Затем полюс (центр транспортира) соединяют с отмеченными точками и откладывают расстояния от полюсов до снятых точек в соответствии с абрисом.



Рис. 3.1. Абрис тахеометрической съемки

Точки, снятые по способу угловых засечек, наносят на план также при помощи транспортира, строя углы на концах линий (базиса), а по способу линейных засечек строят треугольник по трем известным сторонам, из которых

одна сторона является базисом, а две другие берут в раствор циркуля и в пересечении дуг, описанных с концов базиса, получают положение снятой точки. В процессе нанесения точек на план каждую последующую точку данного контура соединяют прямой линией (сплошной или пунктирной в соответствии с условными знаками) с предыдущей согласно абрису, при этом внимательно изучают абрис, чтобы не пропустить точки. Если форма контура, получившаяся на плане, вызывает сомнение в правильности съемки (например, прямоугольные контуры получаются на плане косоугольными), то необходимо на местности провести контрольные измерения, зачеркнуть неправильные результаты измерений, надписать правильные, указать дату исправлений и фамилию исправившего абрис.

Съемка рельефа выполняется одновременно со съемкой контуров и предметов местности. Причем для правильного и наиболее полного изображения рельефа зарисовку его горизонталями необходимо делать непосредственно в полевых условиях, сличая рисунок с натурой.

Рисовку рельефа выполняют по отметкам станций и пикетов. Горизонтالي проводят с сечением рельефа 1 м. Следы горизонталей отыскивают графической интерполяцией. Следы одноименных горизонталей соединяют плавными кривыми. Отметки горизонталей подписывают в разрывах горизонталей, при этом верх цифр должен быть обращен в сторону повышения ската местности. Через контуры зданий и дороги горизонтали не проводят.

Формы рельефа с ненарушенными, задернованными склонами изображаются горизонталями независимо от крутизны. При этом на крутых склонах небольшой протяженности допускается слияние горизонталей. При большой ширине крутого склона и протяженности его более 10 м на плане допускается проводить между двумя утолщенными горизонталями только часть основных горизонталей. В процессе зарисовки рельефа горизонталями на плане следует сохранять высотные отметки вершин возвышенностей, низших точек дна котловин и долин, характерных мест лощин и оврагов.

Обрывистые, незадернованные склоны и некоторые формы рельефа искусственного происхождения (насыпи, выемки, ямы и др.) снимаются как отдельные контуры и горизонталями не выделяются. Изображение обрывистых, незадернованных склонов следует дополнять высотными отметками через 20 – 25 мм в масштабе плана.

Крупные камни и скалы, расположенные отдельно и скоплениями, наносятся на план в соответствии с их положением на местности. При изображении отдельно расположенных камней и скал, а также некоторых форм рельефа искусственного происхождения необходимо указывать их относительные высоты (глубины).

Все построения и подписи выполняют тонкими линиями. От координатной сетки оставляют только пересечения координатных линий, которые вычерчивают зеленым цветом. Горизонтали вычерчивают коричневым цветом, шириной 0,1 мм.

Оформление рамки выполняют в соответствии с «Условными знаками для топографических планов масштабов 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000 и 1:500». В верхней части листа выполняют заглавную надпись. Внизу под планом указывают масштаб, вычерчивают линейный или поперечный масштаб, высоту сечения рельефа. Затем, используя абрис, вычерчивают ситуацию в условных знаках и проводят горизонтали.

Составленный план выносят на участок местности и выполняют его контроль либо на глаз, либо инструментально. После проверки план вычерчивают в туши в один или несколько цветов, наносят все подписи, оформляют рамки и зарамочное пространство, заполняют формуляр.

4 ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Содержание и объемы инженерных изысканий определяются типом, видом и размерами проектируемого сооружения, местными условиями и степенью их изученности, а также стадией проектирования. Различные виды сооружений, технология строительства которых имеет много общего и изыскания для которых проводятся по схожей схеме, могут быть объединены в группы: площадные и линейные сооружения. К площадным сооружениям относятся: населенные пункты, промышленные предприятия, аэропорты и так далее, к линейным – дороги, линии электропередач, трубопроводы.

4.1 Трассирование

Комплекс инженерно-изыскательских работ по проложению трассы, отвечающей всем требованиям технических условий и требующей наименьших затрат на ее возведение и эксплуатацию, называется трассированием.

4.1.1 Полевые работы

Трасса – линия, определяющая ось проектируемого линейного сооружения, обозначенная на местности, топоплане, или нанесенная на карте, или обозначенная системой точек в цифровой модели местности. Основные моменты трассы: план – ее проекция на горизонтальную плоскость и продольный профиль – вертикальный разрез по проектируемой линии сооружения.

Геодезические работы полевого трассирования выполняют при проектировании автодорог и служат для получения более точных и детальных сведений о местности. Целью полевых работ является получение данных для проектирования.

Полевые работы рекомендуется выполнять в следующем порядке:

- перед проложением хода технического нивелирования по пунктам теодолитного хода разбить стороны хода на 100-метровые участки последовательно, приняв за начало трассы (ПК0) первую точку теодолитного хода, концы отрезков закрепить на местности;

- одновременно с разбивкой пикетажа ведут пикетажный журнал, в котором схематично указывают ось трассы в виде вертикальной прямой (за ось трассы принимают проложенный на местности теодолитный ход). В журнале указывают пикетажные значения и направления всех углов поворота трассы (углами поворота трассы являются вершины теодолитного хода). Схематично рисуют ситуацию справа и слева от оси трассы шириной по 20м в каждую сторону;

- при проложении хода технического нивелирования концы 100-метровых отрезков нивелируют как связующие точки, то есть между ними примерно посередине устанавливают нивелир. Вершины теодолитного хода нивелируют как промежуточные (обозначая в журнале нивелирования точку 2 теодолитного хода как ВУ1, точку 3 теодолитного хода как ВУ2 и так далее, (пример записи см. табл.2.4);

- если с одной постановки нивелира нет видимости одновременно на ПК0 и ПК1 (из-за преграды), тогда ВУ1 (станция 2 теодолитного хода) нивелируют как связующую и нивелир устанавливают посередине между ПК0 и ВУ1.

4.1.2 Камеральные работы

Проверка полевых вычислений

Обработку результатов продольного нивелирования начинают с контроля полевых вычислений - постраничного контроля.

На каждой странице журнала суммируют задние отсчеты по черным и красным сторонам реек - $\sum a$, передние отсчеты - $\sum b$, алгебраически средние превышения - $\sum h_{cp}$. Контроль вычислений на странице заключается в следующем

$$\frac{\sum a - \sum b}{2} = \sum h_{cp}. \quad (4.1)$$

Расхождение, вызываемое только ошибками округления, не должно превышать 2 мм.

Вычисление отметок связующих и промежуточных точек

Вычисления начинают с определения невязки хода

$$f_h = \sum h_{\text{ср.}} - (H_{\text{кон.}} - H_{\text{нач.}}) . \quad (4.2)$$

Здесь $\sum h_{\text{ср.}}$ - сумма средних превышений по всему ходу; $H_{\text{нач.}}$, $H_{\text{кон.}}$ - отметки реперов, к которым привязаны нулевой и конечный пикеты трассы.

Предельно допустимая невязка определяется по формулам

$$f_{\text{нпред.}} = 50 \text{ мм} \sqrt{L} , \quad (4.3)$$

или

$$f_{\text{нпред.}} = 10 \text{ мм} \sqrt{n} , \quad (4.4)$$

где L - длина хода в километрах, n - число станций в ходе.

Допустимой считается невязка

$$|f_h| \leq f_{\text{нпред.}} \quad (4.5)$$

Невязку распределяют поровну на все превышения с противоположным знаком, округляя поправки до целых миллиметров. Контролем распределения невязки является равенство суммы поправок невязке хода с противоположным знаком.

Сумма исправленных превышений $\sum h_{\text{испр.}}$ должна быть равна разности отметок конечных точек хода ($\sum h_{\text{испр.}} = H_{\text{кон.}} - H_{\text{нач.}}$). После этого вычисляют отметки точек

$$H_i = H_{i-1} + h, \quad (4.6)$$

где H_{i-1} - отметка предыдущей точки;

H_i - отметка последующей точки;

h - исправленное превышение между этими точками.

Отметки промежуточных точек (с) вычисляют способом горизонта инструмента (ГИ), определяемого на каждой станции, где есть промежуточные точки (рис.4.1), по формуле

$$\text{ГИ} = H_A + a . \quad (4.7)$$

Отметка промежуточной точки

$$H_C = \Gamma И - c . \quad (4.8)$$

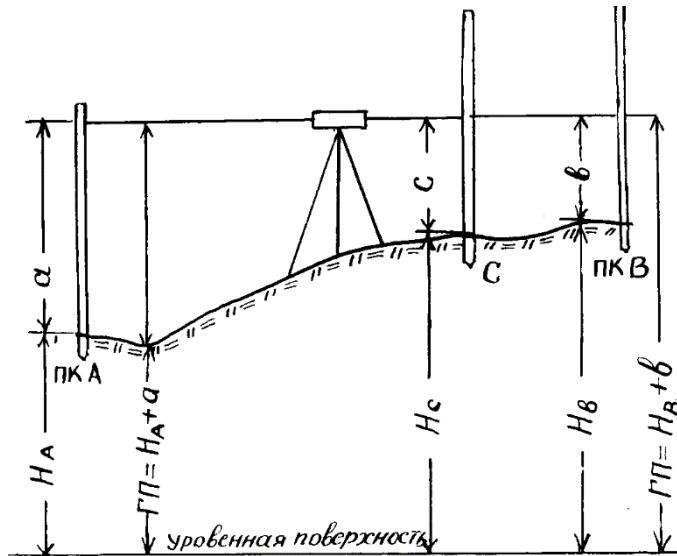


Рис. 4.1. Вычисление отметок промежуточных точек через горизонт прибора

4.1.3 Построение продольного профиля

Перед построением продольного профиля выполняют обработку журнала технического нивелирования (табл. 2.4).

По данным журнала нивелирования и пикетажного журнала построение выполняют в такой последовательности:

- на листе миллиметровой бумаги размером 40 см × 30 см заготавливают сетку профиля;

Вертикальный масштаб профиля принимается в 10 раз крупнее горизонтального. Сначала вычерчивается сетка профиля, размеры которой и содержание отдельных граф показаны на рисунке 4.2.

На построенной сетке профиля, в принятом горизонтальном масштабе, наносят пикеты и плюсовые точки, отчеркивая их вертикальными линиями в графе "расстояния". В этой же графе записывают расстояния между пикетами и плюсовыми точками. В графе "пикеты" пишут номера пикетов. Отметки точек, полученные по результатам нивелирования, выписываются из журнала в графу фактических отметок против соответствующих пикетных или плюсовых точек, округляя их до 0,01 метра. Эти отметки в вертикальном масштабе откладывают от линии условного горизонта, выбираемой с таким расчетом,

чтобы от нее до точки профиля с минимальной отметкой было не менее 5-6 сантиметров. Полученные точки соединяют прямыми, образующими ломаную линию - профиль.

2,0 см	План трассы
1,5 см	Проектные работы
1,0 см	Уклоны/ расстояния
1,5 см	Фактические отметки
1,0 см	Расстояния
0,5 см	Пикеты

/ ————— 5,0 см ————— /

Рис. 4.2. Сетка профиля

В графу "план трассы" из пикетажного журнала переносят результаты съемки ситуации. Ось трассы располагают в середине графы, а углы поворота показывают стрелками, направленными под произвольными углами вверх или вниз от оси, что соответствует повороту влево или вправо.

Под нижней линией графы расстояний, называемой линией пикетажа, подписывают номера пикетов. Пикетажные значения плюсовых точек не подписывают, а между перегородками в графе «Расстояния» записывают расстояния между двумя соседними точками профиля. Если между соседними пикетами плюсовых точек нет, то расстояние 100 м не записывают;

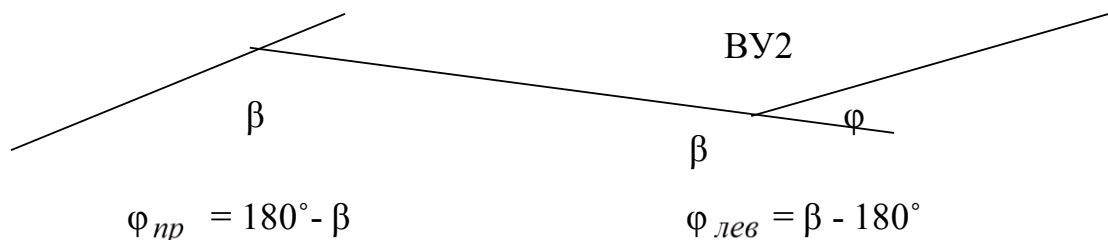


Рис.4.3. К вычислению углов поворота трассы

- по фактическим отметкам строят черную линию профиля, откладывая

высоты точек в масштабе 1:200 (1:100) вверх от линии условного горизонта. Выбрать вертикальный масштаб и линию условного горизонта самостоятельно;

- заполняют графу «План трассы» по данным пикетажного журнала;
- заполняют графу «План прямых и кривых», предварительно вычислив углы поворота трассы φ и все параметры кривой. Основные элементы круговой кривой: R - радиус кривой, Т - тангенс, К - длина кривой, Б - биссектриса, Д - домер, НК – начало кривой, КК – конец кривой (рис. 4.4).

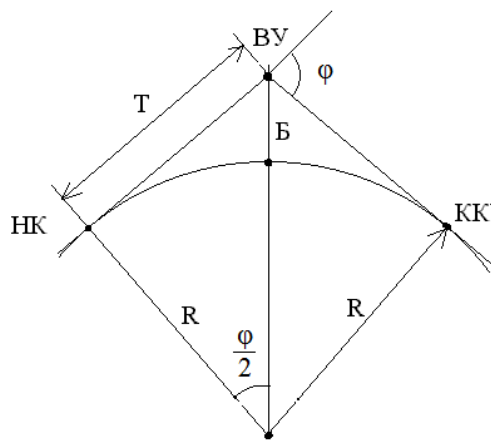


Рис. 4.4. Элементы круговой кривой

Значения углов поворота трассы (отклонения от прямой) вычисляют по измеренным горизонтальным углам вершин теодолитного хода.

По вычисленным значениям углов поворота трассы (очевидно, что углов поворота трассы будет столько, сколько вершин теодолитного хода) и радиусам круговых кривых R (значения радиусов задаются руководителем практики) вычисляют элементы кривых по формулам

- тангенс кривой (Т)

$$T = R \times \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}, \quad (4.9)$$

где φ - угол поворота трассы;

- длина кривой (К)

$$K = \frac{\pi R \varphi}{180}, \quad (4.10)$$

- биссектриса (Б)

$$B = R \left(\frac{1}{\cos \frac{\varphi}{2}} - 1 \right), \quad (4.11)$$

- домер (Д)

$$D = 2T - K. \quad (4.12)$$

Для всех кривых рассчитывают пикетажные значения начала кривой НК и конца кривой КК.

Пример для угла поворота 1

ВУ 1	ПК0 + 26,76	Контроль: ВУ 1	ПК0 + 26,76
- Т	3,53	+ Т	3,53
НК	23,23		30,29
+ К	7,05	- Д	0,01
КК	30,28	КК	30,28

Рассчитанные для кривых пикетажные значения НК и КК откладывают на линии пикетажа, отмечая их перпендикулярами, опущенными от этой линии на проведенную посередине графы «План прямых и кривых» ось дороги. Вдоль перпендикуляров записывают расстояния от начала или конца кривой до ближайшего заднего или переднего пикетов.

Кривые условно обозначают скобками, обращенными при повороте трассы вправо – выпуклостью вверх, при повороте ее влево – выпуклостью вниз. Под каждой кривой записывают все вычисленные элементы кривой. Над серединой каждой прямой вставки записывают ее длину и румб;

- заглавную и прочие подписи на профиле выполняют в соответствии с образцом выполнения расчетно-графической работы по продольному нивелированию трассы.

4.1.4 Нанесение на продольный профиль проектной линии

Проектную (красную) линию профиля выдает руководитель практики, исходя из условий местности.

Проектирование по профилю сводится к выполнению следующих операций:

- вычисляют проектные уклоны

$$i = \frac{H_{np} - H_0}{l}, \quad (4.13)$$

где H_{np} - проектная отметка последующей точки,

H_0 - проектная отметка предыдущей точки,

l - расстояние между этими точками.

Проектную отметку начальной точки, точки перелома проектной линии (если есть) и проектную отметку конечной точки проектной линии снимают графически с профиля;

- вычисляют проектные отметки всех пикетов и плюсовых точек

$$H_{np} = H_0 + i \times d, \quad (4.14)$$

где H_{np} - проектная отметка последующей точки,

H_0 - проектная отметка предыдущей точки,

i - проектный уклон, действующий на данном участке,

d - горизонтальное расстояние между точкой, в которой определяется отметка и предыдущей.

Одновременно контролируют вычисленные проектные отметки всех пикетов и плюсовых точек, сравнивая их с отметками, снятыми графически с профиля. Вычисленные отметки округляют до сотых долей метра и записывают в графу «Проектных отметок»;

- на всех пикетах и плюсовых точках вычисляют рабочие отметки как разность проектной отметки и фактической отметки поверхности земли. На выемках (рабочая отметка имеет знак «минус») рабочие отметки записывают под красной линией, а на насыпях (рабочая отметка имеет знак «плюс»)

– над ней. Над точками пересечений черной линии и проектной, называемыми точками нулевых работ записывают рабочие отметки 0,00 (рис. 4.5);

- из точек нулевых работ опускают перпендикуляры на линию условного горизонта и вычисляют горизонтальные расстояния от этой точки до ближайших пикетов или плюсовых точек профиля по формулам

$$x = \frac{a \times d}{a + b}, \quad y = \frac{b \times d}{a + b}, \quad (4.15)$$

где X и Y - горизонтальные расстояния до точки нулевых работ от ближайших к ней соответственно задней и передней точек профиля, a и b - рабочие отметки на этих же точках профиля, d - горизонтальное расстояние между теми же точками профиля.

Вычисление расстояний X и Y контролируется соблюдением равенства

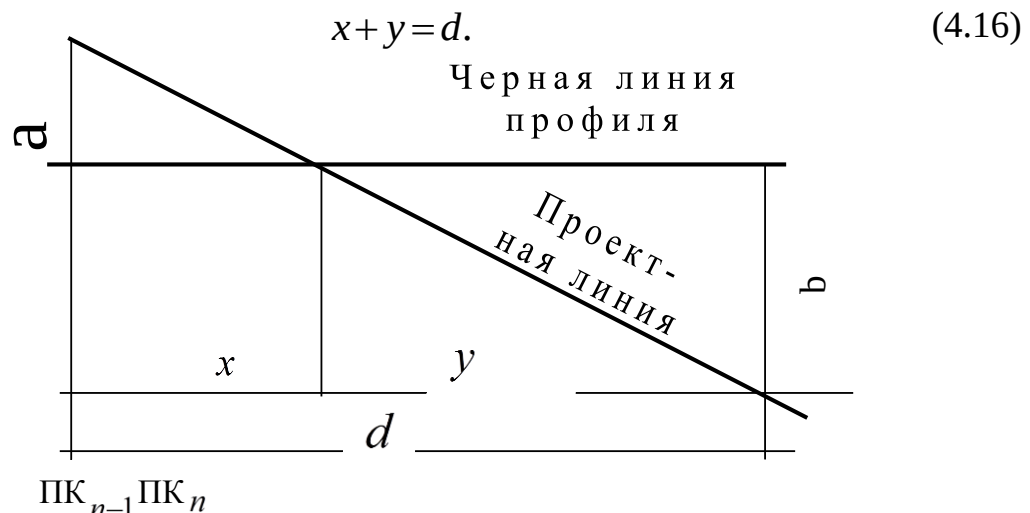


Рис.4.5. К вычислению расстояний до точки нулевых работ

Отметку точки нулевых работ вычисляют по формуле для нахождения проектных отметок и, округлив ее до сотых долей метра, записывают вдоль ординаты, опущенной из точки нулевых работ на линию условного горизонта профиля. Слева и справа от этой ординаты над линией условного горизонта записывают расстояния X и Y до точки нулевых работ от ближайших задней и передней точек профиля.

4.1.5 Оформление профиля

Оформление профиля выполняется тушью в трех цветах. Все данные, относящиеся к **полевым работам**, а именно: графа расстояний, графа фактических отметок, графа ситуации, линия профиля показываются **черным цветом**.

Данные, относящиеся к **проектированию**: все линии и цифры в графе «Уклонов», проектные отметки, все линии и подписи в графе «План прямых и кривых» (кроме номеров пикетов), проектная линия, уклоны, проектная ось трассы, проектные и рабочие отметки - **красным цветом**.

Все данные, относящиеся к **точкам нулевых работ**, оформляются **синим цветом**: перпендикуляры из точек нулевых работ на линию условного горизонта, рабочие отметки 0,00, синие отметки точек нулевых работ, горизонтальные расстояния X и Y .

4.2 Нивелирование поверхности

4.2.1 Общие сведения

Нивелирование поверхности применяют на открытых участках местности со сравнительно небольшими уклонами. По результатам съемки составляют топографические планы в масштабах 1: 5 000, 1: 2 000, 1: 1 000 и 1: 500, которые используют при составлении проектов вертикальной планировки в градостроительстве.

Вертикальной планировкой называют преобразование существующего (естественного) рельефа в проектный (искусственный), отвечающий требованиям строительства и благоустройства территории. Вертикальная планировка заключается в замене реальной поверхности оформляющими наклонными и горизонтальными плоскостями. Выбор проектной поверхности при проектировании определяется особенностями строительства и благоустройства с учетом экономических показателей и требований нормативных документов.

Наибольший экономический эффект при планировке получают тогда, когда работы производят с учетом баланса земляных работ (нулевого баланса), то есть когда объемы грунта насыпей и выемок равны между собой. В этом случае при планировочных работах избыточный грунт не вывозят и не привозят недостающий, а перемещают его на планируемом участке.

4.2.2 Нивелирование поверхности по квадратам

При нивелировании поверхности по квадратам съемку рельефа выполняют геометрическим нивелированием в следующей последовательности:

- с помощью теодолита и рейки на местности разбивают сетку квадратов со сторонами 10 м × 10 м. Количество квадратов задается руководителем практики;

- при выполнении съемки рельефа нивелир устанавливают в любом месте, откуда хорошо просматриваются все вершины квадратов и исходный репер. Отметка репера задается руководителем практики;

- устанавливают рейку на репер и берут по ней отсчет по черной стороне b_{Rp} ;

- устанавливают рейку поочередно в каждой из вершин квадратов и берут отсчеты по черной стороне рейки, записывая их на схему квадратов около соответствующей вершины (рис.4.6);

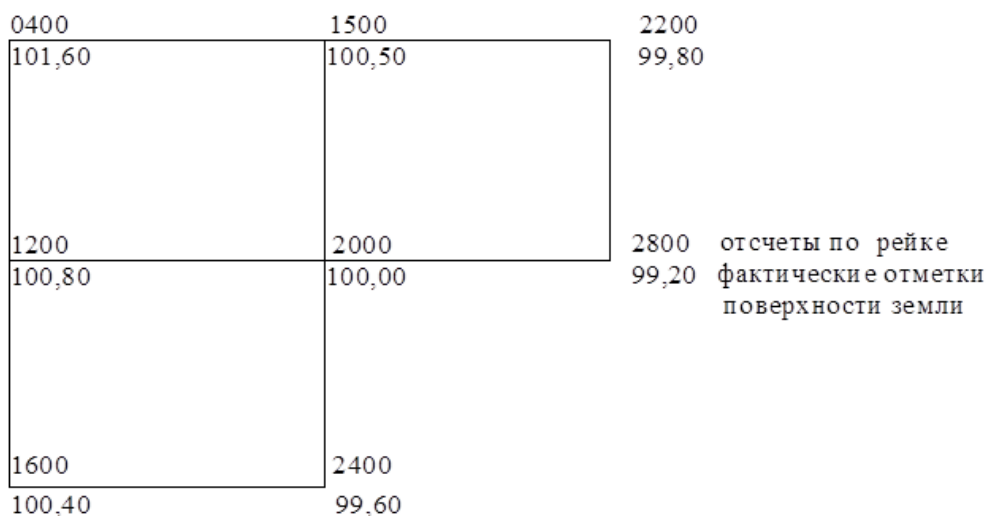


Рис. 4.6. Схема разбивки квадратов

- определяют горизонт инструмента

$$ГИ = H_{Pn} + b_{Pn}; \quad (4.17)$$

- определяют фактические отметки в вершинах квадратов

$$H_i = ГИ + b_i, \quad (4.18)$$

где H_i - фактическая отметка вершины квадрата,

b_i - отсчет по черной стороне рейки, стоявшей на этой вершине.

Фактические отметки вершин квадратов вычисляют в метрах, записывают их также на схеме квадратов, округляя до 0,01 м;

- по данным абриса строят ситуацию, интерполируя по направлениям, указанным в абрисе, проводят горизонтالي.

4.3 Геодезические расчеты при вертикальной планировке

Исходными данными при проектировании горизонтальной площадки являются фактические (черные) отметки вершин квадратов, полученные в результате нивелирования поверхности.

Геодезические расчеты выполняют в следующей последовательности:

- на миллиметровой бумаге составляют схему квадратов в масштабе 1:200. Возле вершин квадратов выписывают их абсолютные отметки, полученные в результате нивелирования (рис.4.5);
- вычисляют относительные рабочие отметки

$$h' = H_i - H_{\min}, \quad (4.19)$$

где H_i - фактическая отметка вершины квадрата,

$H_{\min}$ - наименьшая из всех фактических отметок;

Например, $H_{\min} = 99,2$ м, $h' = 101,60 - 99,20 = 2,4$ м.

Относительные рабочие отметки подписывают на вновь построенной сетке квадратов (рис.4.7);

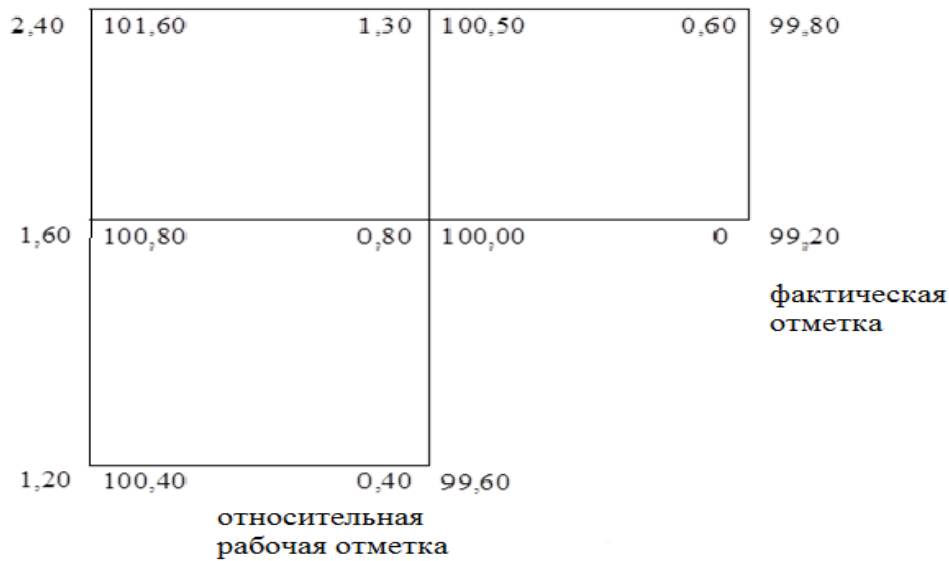


Рис. 4.7. Схема сетки квадратов

- вычисляют проектную отметку горизонтальной площадки

$$H_{np} = H_{\min} + \frac{\sum h'_1 + 2\sum h'_2 + 3\sum h'_3 + 4\sum h'_4}{4 \times n}, \quad (4.20)$$

где $\sum h'_1$ - сумма относительных рабочих отметок, принадлежащих только

одному квадрату;

$\sum h'_2$ - сумма относительных рабочих отметок, принадлежащих двум смежным квадратам;

$\sum h'_3$ - сумма относительных рабочих отметок, принадлежащих трем смежным квадратам;

$\sum h'_4$ - сумма относительных рабочих отметок, относящихся к четырем смежным квадратам; n - количество квадратов.

Например,

$$\sum h'_1 = 2,40 + 0,60 + 0 + 0,40 + 1,20 = 4,60 \text{ м};$$

$$\sum h'_2 = 1,60 + 1,30 = 2,90 \text{ м};$$

$$\sum h'_3 = 0,80 \text{ м}$$

$$H_{np} = 99,20 + \frac{4,60 + 2 \times 2,90 + 3 \times 0,80}{4 \times 3} = 100,27 \text{ м}$$

На листе миллиметровой бумаги с построенной схемой квадратов вновь вычерчивают схему квадратов, называемую картограммой земляных работ;

- пользуясь величиной H_{np} и фактическими отметками земли H_{ϕ} , вычисляют рабочие отметки в вершинах квадратов (рис. 4.8);

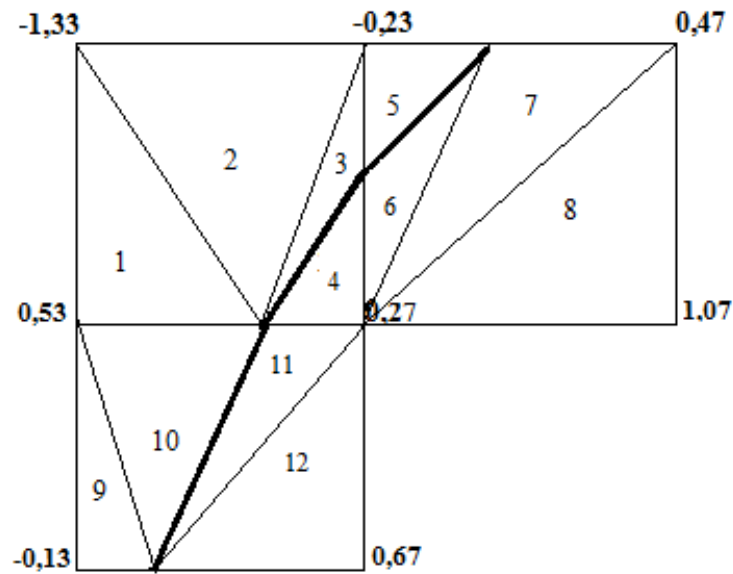


Рис.4.8. Картограмма земляных работ

- определяют положение линии нулевых работ, то есть линии пересечения проектной плоскости с реальной поверхностью. Для этого на сетке квадратов находят точки нулевых работ, которые располагаются на тех сторонах квадратов, рабочие отметки которых имеют противоположные знаки;

- проводят линии нулевых работ до вершин квадратов по формуле 4.21

$$x = \frac{|a| \times l}{|a| + |b|}, \quad y = \frac{|b| \times l}{|a| + |b|}, \quad (4.21)$$

где a и b - рабочие отметки, l - сторона квадрата в метрах.

По сторонам квадратов откладывают вычисленные расстояния в мас-

штабе 1:200, получая положение точек нулевых работ. Соединив точки нулевых работ на картограмме, вычерчивают линию нулевых работ красным цветом;

Вычисление расстояний контролируют

$$x + y = l. \quad (4.22)$$

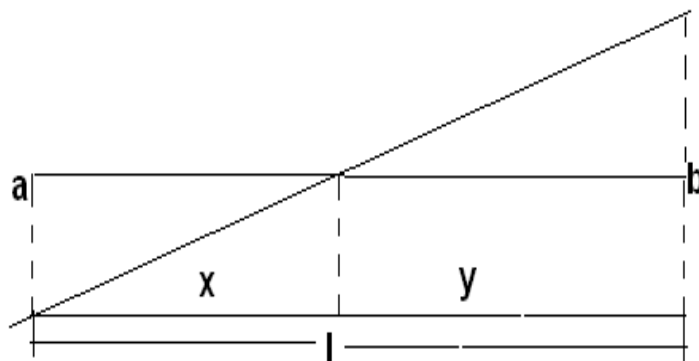


Рис. 4.8. Вычисление расстояний до точки нулевых работ

- «переходные» квадраты (по сторонам которых проходит линия нулевых работ) разбивают на треугольники, обозначая все полученные фигуры, в том числе и «чистые» квадраты цифрами в кружках;

- вычисляют площадь «чистых» квадратов по формуле

$$P = a^2, \quad (4.23)$$

где a - сторона квадрата (10м);

- вычисляют площади треугольников по формуле

$$P = \frac{1}{2} a \times h, \quad (4.24)$$

где a - основание треугольника, h - высота треугольника

Например, для фигуры 3 основание $a = 4,60$ м, высота $h = 3,38$ м.

Площадь фигуры 3

$$S = \frac{1}{2} (4,60 \times 3,38) = 7,77 \text{ м}^2$$

Все вычисления выполняют в ведомости вычислений объемов земляных работ (табл. 4.1);

- вычисляют средние рабочие отметки каждой фигуры

$$h_{cp} = \frac{\sum h_p}{k_i}, \quad (4.25)$$

где $\sum h_p$ - сумма рабочих отметок вершин i -ой фигуры,

k_i - число вершин в i -й фигуре.

Например, для третьей фигуры средняя рабочая отметка равна

$$h_{cp} = \frac{-0,23 + 0 + 0}{3} = -0,08 \text{ м};$$

- объем земляной призмы V вычисляют по формуле 4.26

$$V = P \times h_{cp}, \quad (4.26)$$

где P - площадь основания призмы (фигуры на картограмме),

h_{cp} - средняя рабочая отметка;

$$\Delta V = \frac{0,97}{110,01} \times 100 \% = 0,9 \%;$$

- вычисляют отдельно суммарный объем выемки и суммарный объем насыпи;

- выполняют проверку условия баланса земляных работ (табл. 4.1)

$$V_n = V_v, \quad (4.27)$$

$$\Delta V = \frac{\sum |V_v| - \sum |V_n|}{\sum |V_v| + \sum |V_n|} \times 100 \% . \quad (4.28)$$

Предельное расхождение ΔV допускается не более 5%.

Таблица 4.1

Ведомость объемов земляных работ

Номер фигуры	Площадь фигуры, м	Средняя рабочая отметка, м	Объем земляных работ, м ²	
			выемка (-)	насыпь (+)
1	33,1	-0,62	20,52	
2	50,0	-0,52	26,00	
3	7,77	-0,08	0,62	
4	9,13	+0,09		0,82
5	7,57	-0,08	0,61	
6	8,88	+0,09		0,80
7	33,55	+0,25		8,39
8	50,0	+0,60		30,0
9	8,10	-0,22	1,78	
10	33,10	-0,18	5,96	
11	16,90	+0,09		1,52
12	41,90	+0,31		12,99

 $\Sigma V_{\text{в}} = 55,4$ $\Sigma V_{\text{н}} = 54,52$

План составляют на чертежной бумаге. Если съемка привязана к плановой опоре, разбивают сетку координат. Базисные, пикетные точки и вершины основных квадратов наносят на план по их координатам. У вершин квадратов записывают их отметки, по которым можно читать рельеф местности.

По данным абриса наносится ситуация и проводятся горизонтали. Чтобы построить на плане горизонтали, задают сечение рельефа. Чем крупнее масштаб плана и спокойнее рельеф, тем меньше сечение. Затем интерполированием по отметкам соседних точек на плане находят положение точек с отметками горизонталей, кратными принятому сечению. Точки с одинаковыми отметками соединяют плавными кривыми и получают горизонтали.

5 ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ

5.1 Координирование точек

Прямоугольные координаты отдельных точек ситуации (центры крышек колодцев подземных коммуникаций, межевых знаков, углы капитальных зданий) в некоторых случаях определяют с большей точностью, чем положение обычных пикетов. Как правило, координаты таких точек определяют относительно пунктов геодезической сети (например, точек теодолитного хода) способами полярных и прямоугольных координат, прямой угловой и линейной засечками.

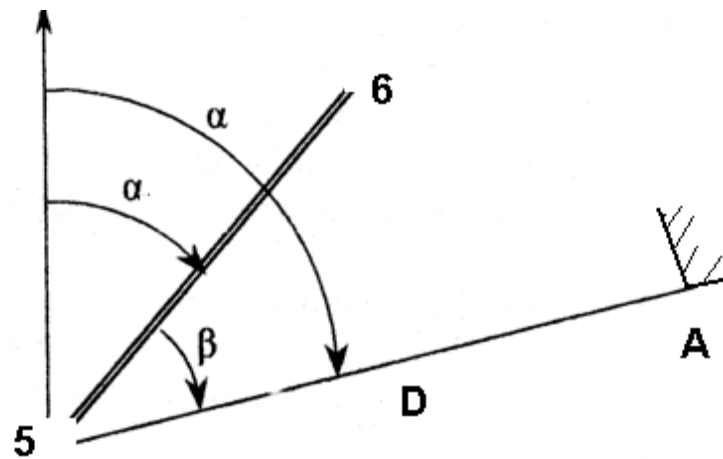


Рис. 5.1. Координирование угла здания

Для определения координат точки А (угол здания) полярным способом (рис.5.1) измеряют горизонтальный угол β между стороной теодолитного хода 5-6 и направлением на точку А одним полным приемом, наклонное расстояние D до угла здания, угол наклона V линии 5-А.

По известным координатам точек теодолитного хода X_5, Y_5, X_6, Y_6 и известному дирекционному углу α_{5-6} (если он неизвестен, то его вычисляют из решения обратной геодезической задачи) вычисляют координаты точки А

$$\alpha_{5-A} = \alpha_{5-6} + \beta, \quad (5.1)$$

$$x_A = x_5 + d \times \cos \alpha_{5-A}, y_A = y_5 + d \times \sin \alpha_{5-A}. \quad (5.2)$$

Для определения горизонтального проложения d измеренной на местности линии 5-А используют формулу

$$d = D \times \cos^2 V, \quad (5.3)$$

где D —длина линии 5-А, измеренная с помощью нитяного дальномера;

V —угол наклона линии 5-А.

5.2 Определение высоты сооружения

Для определения высоты (h) здания необходимо:

- установить в точке А вблизи здания теодолит (рис.5.2) так, чтобы хорошо были видны верх и основание здания;

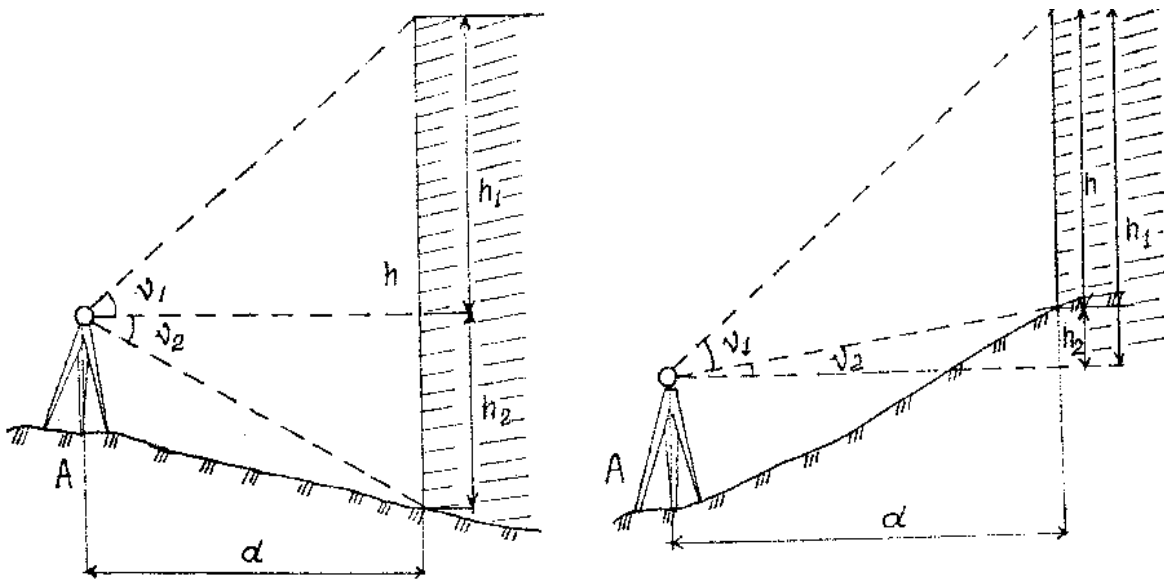


Рис.5.2. Схема определения высоты сооружения

- измерить углы наклона V_1 и V_2 , визируя на верхнюю и нижнюю точки здания;
- измерить расстояние $AB = d$ рулеткой. Если линия местности АВ наклонна, то нужно измерить ее наклон и вычислить горизонтальное проложение d ;

- вычислить высоту здания по формулам

$$h = h_1 + h_2 = d \times \operatorname{tg} \nu_1 + d \times \operatorname{tg} \nu_2, \quad (5.4)$$

$$h = d(\operatorname{tg} \nu_1 + \operatorname{tg} \nu_2) \quad (5.5)$$

При вычислении высоты здания необходимо учесть знак угла наклона ν_2 .

5.3 Перенесение на местность проектного горизонтального угла

Для перенесения на местность проектного горизонтального угла β в точке N вправо от исходной линии NM (рис.5.3) необходимо теодолит установить в рабочее положение в точке N, совместить алидаду с лимбом на нулевом отсчете и при закрепленной алидаде ориентировать теодолит по линии NM, закрепить лимб и поворотом алидады вправо установить на лимбе отсчет, равный проектному углу β . В створе визирной оси установить вежу в точке A_1 .

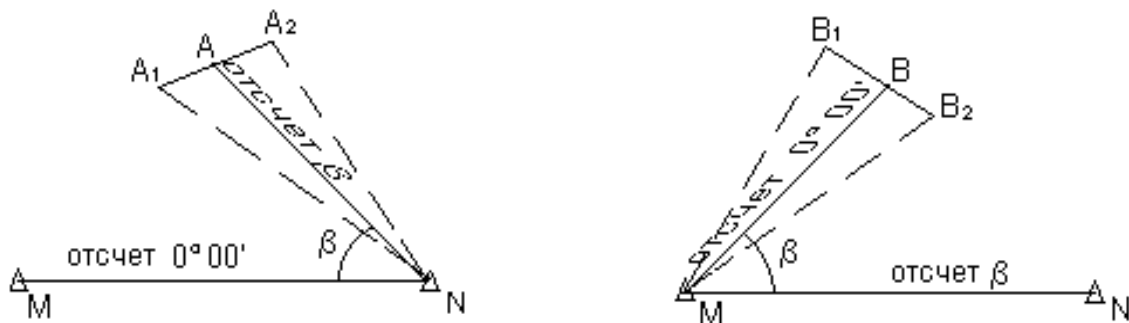


Рис. 5.3. Перенесение на местность проектного угла

Аналогично при другом положении вертикального круга установить вежу в точке A_2 . Расстояние между точками A_1 и A_2 разделить пополам и закрепить точку A колышком. Угол между направлениями NM и NA будет проектным горизонтальным углом β .

При перенесении проектного угла β в точке M влево от исходной линии MN задача решается в такой же последовательности, но отсчет по лимбу при ориентировании по линии MN должен быть равен проектному углу β , а

отсчет в створе визирной оси при повороте алидады влево равным $0^{\circ}00'$.

Порядок записи проектных углов и их контрольные измерения показаны в таблице 5.1 и 5.2.

Таблица 5.1

Проектные углы

Точки стояния	Проектный угол β		Контрольное измерение β		$\Delta = \beta - \beta$
	°	'	°	'	
N	30	15	30	14,5	+0,5
M	45	25	45	25,5	- 0,5

Таблица 5.2

Порядок записи проектных углов

Точки стояния	Точки визиро-ва- ния	Отсчеты по лимбу		Угол		Среднее из углов	
		°	'	°	'	°	'
N	A	67	38	30	15	30	14,5
	M	37	23				
	A	248	54	30	14		
	M	218	40				
M	N	24	11	45	25	45	25,5
	B	338	46				
	N	205	33	45	26		
	B	160	07				

5.4 Перенесение на местность проектной линии

Для перенесения на местность проектной линии d необходимо от исходной точки отложить в заданном направлении наклонное расстояние D , горизонтальное проложение которого равно проектному значению. Наклонное расстояние вычисляется по формуле 5.6

$$D=d +\Delta, \quad (5.6)$$

где Δ - сумма поправок на наклон линии, компарирование мерного прибора и температур

$$\Delta = \Delta d_v + \Delta d_k + \Delta d_t, \quad (5.7)$$

$$\Delta d_v = 2 \cdot d \cdot \sin^2 \frac{v}{2}, \quad (5.8)$$

$$\Delta d_k = \frac{d}{I} \cdot (I - I_r), \quad (5.9)$$

$$\Delta d_t = \alpha \cdot d \cdot (t_0 - t). \quad (5.10)$$

где v - угол наклона линии;

l - номинальная длина ленты, например, 20 м;

l_r - фактическая длина ленты;

$\alpha = 0,0000125$ - температурный коэффициент для стали;

t - температура при измерении линии;

t_0 - температура при компарировании ленты.

Пример вычисления наклонного расстояния (табл. 5.3)

$$l_r = 19,98; \quad l = 20 \text{ м};$$

$$t = +12^\circ; \quad t_0 = +22^\circ$$

Таблица 5.3

Вычисления наклонного расстояния

№	d, м	v	Поправки в метрах			Δ , м	Δ , м
			Δd_v	Δd_k	Δd_t		
1	77,64	4°10	+0,206	+0,078	+0,010	+0,088	77,73

Примечание: поправки вычисляются до третьего знака после запятой, а вычисленное значение D округляют до сотых долей метра.

5.5 Подготовка разбивочных данных и разбивка здания способом полярных координат

Способ применяется на открытой и удобной для измерения линий местности. Пусть на плане, например, масштаба 1:1000 запроектировано здание,

ось АВ которого непараллельна исходной линии MN (рис.5.4). Необходимо вычислить разбивочные элементы: углы β_1 и β_2 и длины линий d_1 и d_2 , которые нужны для разбивки здания на местности.

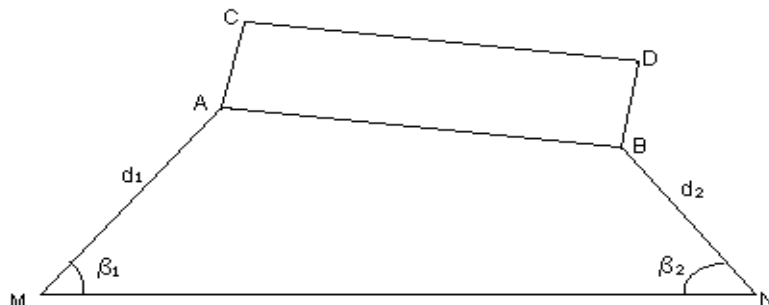


Рис. 5.4. Подготовка разбивочных данных

Задача решается в такой последовательности: координаты x_1 и y_1 точки А и дирекционный угол α_{AB} определяются графически, координаты x_2 и y_2 точки В вычисляются по формулам

$$x_2 = x_1 + d \cdot \cos r, \quad y_2 = y_1 + d \cdot \sin r, \quad (5.11)$$

где $d = AB$ - ось здания.

Решая обратные геодезические задачи, вычисляются дирекционные углы и длины линий МА и NB, определяются координаты точек А и В. Координаты исходных точек М и N и дирекционный угол линии MN известны из результатов обработки теодолитного хода.

Пример вычисления для разбивки полярным способом: $d = 80,00$; приведен в таблицах 5.4, 5.5.

Таблица 5.4

Пример вычисления для разбивки полярным способом

Параметры	А, В
α_{AB}	70°15'
румб r	СВ:70°15'
x_1	+810,40
Δx	+27,03
x_2	+837,43
y_1	+494,20
Δy	+75,29
y_2	+569,49

По данным разбивочного чертежа (рис.5.5) на местности строят углы β_1 и β_2 , откладывают расстояния d_1 и d_2 и получают точки А и В, которые закрепляют кольями. Для контроля измеряют линию АВ, затем построением прямых углов в точках А и В и линий АС и ВD получают точки С и D, которые закрепляются кольями.

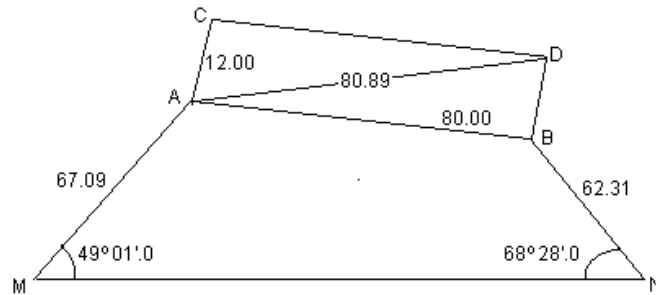


Рис. 5.5. Разбивочный чертеж

Для контроля измеряются ось здания CD и диагонали AD и BC. Относительная ошибка разности между измеренной и проектной линией должна быть не более 1:2000.

Таблица 5.5

Вычисление дирекционных углов и длин линий МА и NB

Параметры	МА	NB	Исходные данные
x_1	+750,35	+787,04	$x_M = +750,35$
x_2	+810,40	+837,43	$y_M = +464,28$
$\Delta x = x_2 - x_1$	+60,05	+50,39	$x_N = +787,04$
y_1	+464,28	+606,15	$y_N = +606,15$
y_2	+494,20	+569,49	$\alpha_{MN} = 75^\circ 30'$
$\Delta y = y_2 - y_1$	+29,92	- 36,66	$\alpha_{NM} = 255^\circ 30'$
$\text{tg } r$	+0,49825	- 0,72753	Координаты точек А и В взяты из табл. 5.4
$\text{румб } r$	СВ:26°29,1'	СВ:36°02,2'	
$d = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2}$	67,09	62,31	
$d = \frac{\Delta x}{\cos r} = \frac{\Delta y}{\sin r}$			$x_A = +810,40$
			$y_A = +494,20$
			$x_B = +837,43$
			$y_B = +569,49$

$$\beta_1 = \alpha_{MN} - \alpha_{MA} = 49^\circ 00,9' \quad \beta_2 = \alpha_{NB} - \alpha_{NM} = 68^\circ 27,8'$$

5.6 Подготовка разбивочных данных и разбивка здания способом линейных засечек

Способ линейных засечек применяется на ровной открытой местности, когда проектные расстояния d_1, d_2, d_3, d_4 (рис.5.6) не превышают длины мерного прибора.

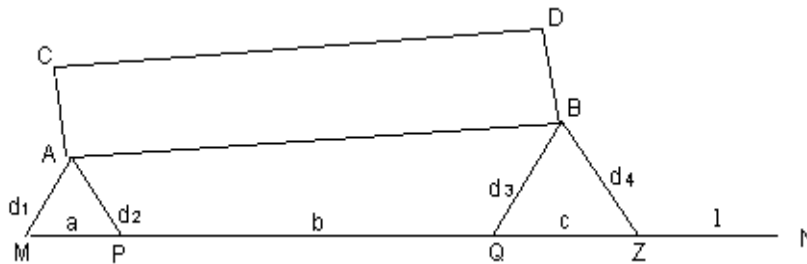


Рис. 5.6. Способ линейных засечек

Координаты точек М и N и длина линий d_{MN} известны (табл.5.6). Для решения задачи сначала необходимо определить координаты точек А и В.

Таблица 5.6

Исходные данные

Название точек	Координаты		Длина
	x	y	
М	1197,07	2402,06	72,32
N	1236,61	2463,80	

Координаты точки $A(x_A, y_A)$ определяются графически по плану с использованием поперечного масштаба и измерителя. Координаты точки В определяются по формулам

$$x_B = x_A + d_{AB} \cdot \cos \alpha_{AB}, \quad (5.12)$$

$$y_B = y_A + d_{AB} \cdot \sin \alpha_{AB}, \quad (5.13)$$

где d_{AB} - проектная длина здания,

α_{AB} - дирекционный угол линии, определяемый транспортиром по плану.

Результаты вычислений координат точки В даются в таблице 5.7.

Затем определяются координаты точек Р, Q, Z. Для этого:

1. Отрезки a, b, c снимаются с плана, а отрезок l вычисляется по формуле

$$l = d_{MN} - (a + b + c).$$

(5.14)

2. Вычисляются значения коэффициентов k_x , k_y (табл.15) по формулам

$$k_x = \frac{x_N - x_M}{d_{M-N}}; \quad k_y = \frac{y_N - y_M}{d_{M-N}}; \quad (5.15)$$

3. Используя расстояния a , b , c и значения коэффициентов k_x , k_y определяются координаты точек P , Q , Z по формулам

$$x_P = x_M + k_x \cdot a; \quad y_P = y_M + k_y \cdot a; \quad (5.16)$$

$$x_Q = x_P + k_x \cdot b; \quad y_Q = y_P + k_y \cdot b; \quad (5.17)$$

$$x_Z = x_Q + k_x \cdot c; \quad y_Z = y_Q + k_y \cdot c. \quad (5.18)$$

Для контроля вычисляются координаты точки N

$$x_N = x_Z + k_x \cdot l; \quad y_N = y_Z + k_y \cdot l. \quad (5.19)$$

Результаты вычислений координат точек P , Q , Z приводятся в таблице 5.8. Решая обратные геодезические задачи, находят проектные расстояния d_1 , d_2 , d_3 , d_4 (табл.5.9) и наносят их на разбивочный чертеж (рис.5.7).

Полевые работы по перенесению на местность точки A способом линейной засечки выполняются в таком порядке: в точке M закрепляется нулевое деление рулетки и радиусом, равным d_1 , прочерчивают на местности дугу, затем нулевое деление рулетки закрепляют в точке P и прочерчивают дугу радиусом d_2 . Точка пересечения дуг является искомой проектной точкой A .

Таблица 5.7

Определение координат точки B и коэффициентов k_x , k_y

Определение координат точки B		Определение коэффициентов k_x , k_y	
параметры	A, B	x_N	+ 1236,61
α	53°00,0'	x_M	+1197,07
румб r	СВ: 53°00,0'	Δx	+39,54
d	40.00	d	73,62
x_1	+ 1206,60	k_x	+0,53928
Δx	+24,07	y_N	+2463,80
x_2	+1230,67	y_M	2402,06
y_1	+2405,20	Δy	+61,74
Δy	+31,94	d	73,62
y_3	+2437,14	k_y	+0,84206

Таблица 5.8

Определение координат точек P, Q, Z

	М - P	P - Q	Q - Z	Z - N
d	12,00	28,00	13,00	20,32
x ₁	+1197,07	+1203,54	+1218,64	+1225,65
Δx	+6,47	+15,10	+7,01	+10,96
x ₂	+1203,54	+1218,64	+1225,65	+1236,61
y ₁	+2402,06	+2412,16	+2435,74	+2446,69
Δy	+10,10	+23,58	+10,95	+17,11
y ₂	+2412,16	+2435,74	+2446,69	+2463,80

Таблица 5.9

Определение расстояний

	М - A	P - A	Q - B	Z - B
x ₁	+1197,07	+1203,54	+1218,64	+1225,65
x ₂	+1206,60	+1206,60	+1230,67	+1230,67
$\Delta x = x_2 - x_1$	+9,53	+3,06	+12,03	+5,02
y ₁	+2402,06	+2412,16	+2435,74	+2446,69
y ₂	+2405,20	+2405,20	+2437,14	+2437,14
$\Delta y = y_2 - y_1$	+3,14	- 6,96	+1,40	- 9,55
d	10,03	7,60	12,11	10,79

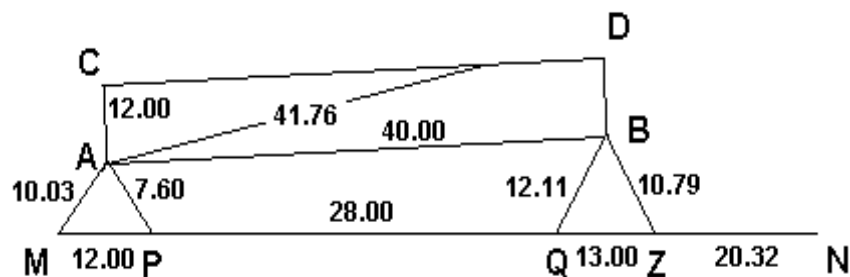


Рис.5.7. Разбивочный чертеж

Аналогично находим на местности точку В. Для удобства нахождения точек на местности А и В применяют два мерных прибора. Затем построением прямых углов в точках А и В и линий АС и ВD получают точки С и D.

Для контроля измеряются оси здания АВ и CD, а также диагонали AD и CD. Разности между измеренными и проектными длинами, отнесенные к их длине, сравнивают с допустимыми.

5.7 Определение неприступного расстояния

5.7.1 По теореме синусов

В практике геодезических измерений бывают случаи, когда измерить непосредственно линию на местности нельзя, например, через реку, овраг и так далее (рис.5.8). В таком случае задачу можно решать по теореме синусов. Для определения расстояния $AB=d$, измеряют лентой расстояние $AC = b_1$, называемое базисом, и теодолитом горизонтальные углы β_1 и β_2 между базисом и направлением на точку В. Длину базиса выбирают так, чтобы угол при точке В был близок к 90° . Искомое расстояние найдется из треугольника ABC по формуле 5.20

$$d = \frac{b_1 \cdot \sin \beta_2}{\sin(\beta_1 + \beta_2)} . \quad (5.20)$$

Для контроля определения расстояния d произвольно смещают на небольшое расстояние точку С в положение C' и в полученном треугольнике ABC' производятся аналогичные измерения, измеряют базис b_2 и горизонтальные углы β_1' и β_2' . Расстояние d' будет равно

$$d' = \frac{b_2 \cdot \sin \beta_2'}{\sin(\beta_1' + \beta_2')} . \quad (5.21)$$

Расхождение между расстояниями, полученными из двух треугольников, не должно превышать 1:1500 определяемого расстояния, то есть

$$\frac{d - d'}{d} \leq \frac{1}{1500} . \quad (5.22)$$

За окончательное принимается среднее из двух определений.

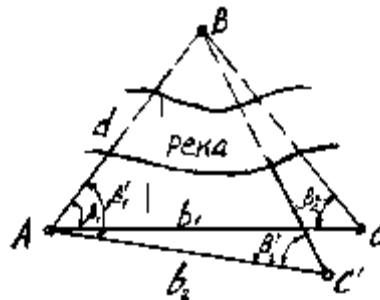


Рис. 5.8. Определение неприступного расстояния по теореме синусов

5.7.2 По теореме косинусов

Если между точками А и В нет взаимной видимости, то для определения расстояния АВ может быть использовано другое построение (рис.5.9). Разбивается два базиса с общей точкой С так, чтобы из этой точки была видимость на точки А и В. Оба базиса а и b измеряют стальной лентой и теодолитом измеряют горизонтальный угол β . Тогда искомое расстояние можно определить по теореме косинусов:

$$d = \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab \cdot \cos \beta}. \quad (5.23)$$

Для контроля аналогичным образом выбирается точка C_1 и производятся вновь измерения базисов a_1 , b_1 и угла β_1 и вычисляется искомое расстояние

$$d' = \sqrt{a_1^2 + b_1^2 - 2a_1b_1 \cdot \cos \beta_1}. \quad (5.24)$$

При расхождении полученных значений d и d' не более 1:1500 находится средняя величина расстояния АВ.

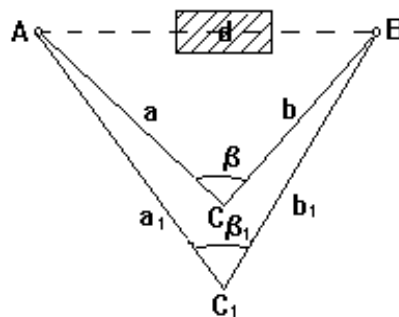


Рис. 5.9. Определение недоступного расстояния по теореме косинусов

5.8 Перенесение на местность проектной отметки

Перенесение на местность проектной отметки производится при выносе в натуру проектов вертикальной планировки, при установке на заданную отметку отдельных деталей конструкций зданий и сооружений.

Пусть требуется перенести на местность проектную отметку H_B , то есть забить в точке В кол, верхний срез которого будет иметь отметку H_B

(рис.5.10).

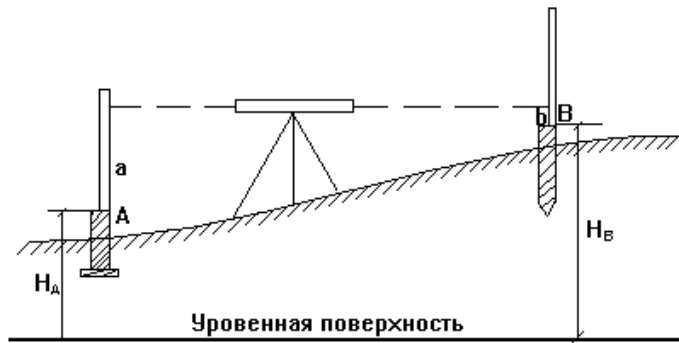


Рис. 5.10. Определение проектной отметки

Для этого между репером А с известной отметкой H_A и точкой В устанавливают нивелир. По рейке, стоящей на репере, производят отсчет (а) и вычисляют отсчет

$$b = H_A + a - H_B. \quad (5.25)$$

После этого в точке В забивают кол так, чтобы отсчет по рейке, установленной на нем, был равен вычисленному (b), при котором высота пятки рейки и будет равна проектной отметке (табл. 5.10).

Пример: (табл. 5.10 и 5.11): $h = +1300$, $h' = +1302$.

Таблица 5.10

Контроль выноса проектной отметки

Фамилия студента	H_A , м	a, мм	$H_A + a$, м	H_B , м	b, мм	$h = H_B - H_A$ мм	контроль h' , мм
Иванов В.Н.	159,200	1925	161,125	160,500	0625	+1300	+1302

Контролем выноса отметки является сравнение превышения между точками А и В, которое получается теоретически, как $h = H_B - H_A$, и практически, как разность отсчетов по рейкам, установленным на точках А и В, то есть

$$h = a' - b'.$$

Таблица 5.11

Пример выноса проектной отметки

Фамилия студента	a'	b'	контроль h'
Иванов В.Н.	1525	0223	+1302

5.9 Перенесение на местность линии заданного уклона

Задача перенесения на местность линии заданного уклона возникает при строительстве линейных сооружений (дорог, трубопроводов), при вертикальной планировке площадок.

Допустим, требуется от точки А на местности с отметкой H_A разбить линию АВ с уклоном i (рис.5.11). Проектная отметка $H_{Вконца}$ линии найдется по формуле 5.26

$$H_B = H_A + i \times d. \quad (5.26)$$

В точке В забивают кол с отметкой H_B , используя способ вынесения на местность проектной отметки. Промежуточные точки разбивают при помощи наклонного луча нивелира, теодолита или визирок. Если превышение одной точки над другой невелико, то применяется нивелир, в противном случае - теодолит.

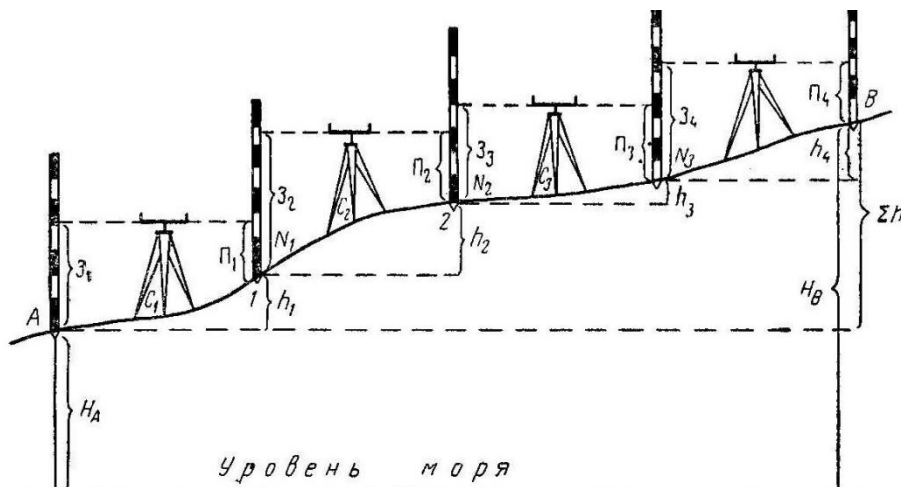


Рис. 5.11. Перенесение на местность линии заданного уклона

Нивелир устанавливают в точке А так, чтобы один из подъемных винтов был расположен по линии АВ, а линия, соединяющая два других винта, была перпендикулярна к линии АВ (рис.5.11), и измеряют высоту прибора i .

При помощи подъемного винта, расположенного по направлению линии АВ, устанавливают трубу на отсчет по рейке в точке В, равный высоте прибора i . После этого в промежуточных точках С, D и так далее забивают

колья, такой высоты, чтобы отсчет по рейке, поставленной на эти колья равнялся высоте прибора.

При производстве работы заполняется таблица 5.12.

Таблица 5.12

Контрольные отметки

Номер точки	$H_A, \text{м}$	u	$d, \text{м}$	$u \cdot d, \text{м}$	$H_B, \text{м}$
A	150,000	- 0,006	40,00	- 0,240	149,760

5.10 Передача отметки на дно глубокого котлована

В практике строительства приходится передавать отметки вниз на дно глубокого котлована и вверх на высокие части сооружения. Для передачи отметки, кроме реек и нивелиров, применяют стальную рулетку. Наблюдение ведут одновременно двумя нивелирами, один из которых установлен на поверхности, другой на дне котлована или соответствующем монтажном горизонте.

На рисунке 5.12 изображена передача отметки на дно глубокого котлована.

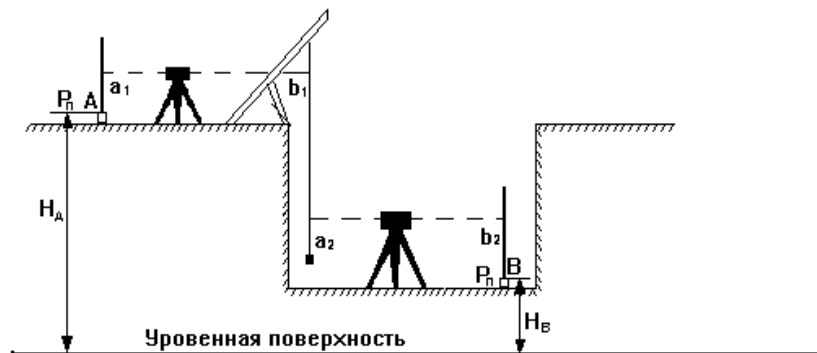


Рис.5.12. Передача отметки на дно глубокого котлована

Над котлованом устанавливают кронштейн, к которому подвешивают рулетку с нулем вверх. Взяв отсчет a_1 по рейке, установленной на репере А, поворачивают трубу по направлению к подвешенной рулетке и одновременно по обоим нивелирам делают отсчеты b_1 и a_2 . После этого наблюдатель, стоящий в котловане, делает отсчет b_2 по рейке, установленной на кол в точке В.

Зная отметку H_A репера А, вычисляют отметку верхнего среза кола В по формуле 5.27

$$H_B = H_A + a_1 - (a_2 - b_1) - b_2. \quad (5.27)$$

Передачу отметки выполняют для контроля дважды с изменением высоты прибора, заполняя соответствующую таблицу 5.13. $H_{\text{вср}} = 119,412$ м.

Таблица 5.13

Вычисление отметки дна котлована

Номер точки	H_A , м	a_1 , мм	b_1 , мм	a_2 , мм	b_2 , мм	H_B , м
А	123.016	1301	0116	4200	0820	119.413
	123.016	1332	0086	4172	0852	119.410

Расхождение отметки H_B из двух измерений не должно превышать 10 мм.

5.11 Определение вертикальности колонны методом наклонного проектирования

Проверка вертикальности колонн высотой более 5 м проводится способом наклонного проектирования с использованием теодолита. В этом случае строго в створе разбивочной оси на расстоянии от колонны немногим более ее высоты устанавливают теодолит в точке 1 (рис. 5.13).

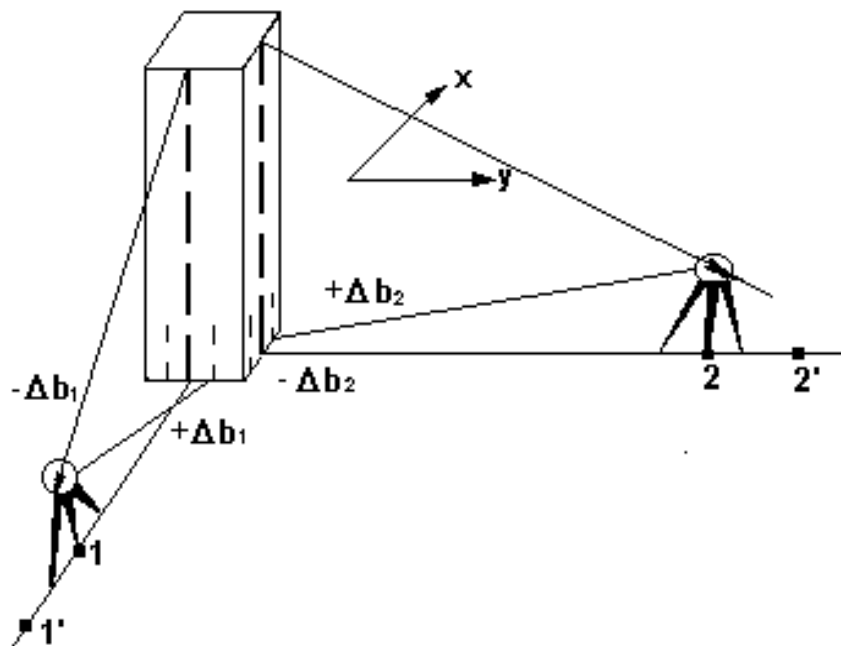


Рис. 5.13. Определение вертикальности колонны

С помощью цилиндрического уровня вертикальная ось вращения теодолита с особой тщательностью приводится в вертикальное положение. Контроль вертикальности проводится путем проектирования верхней осевой риски на нижнюю часть колонны. Проектирование проводится при двух положениях вертикального круга. Для этого к нижней осевой риске прикладывают горизонтально линейку и берут отсчеты, которые записывают в таблицу 5.14.

Таблица 5.14

Расчет отметки колонны

Точка стояния	Δb , мм			$\Delta b_{\text{ср.}}$
	КЛ	КП	$(\text{КЛ} + \text{КП}) / 2$	
1	+32	+35	+34	+34
1'	+34	+36	+35	
2	- 28	- 30	- 29	- 29
2'	- 27	- 31	- 29	

После наблюдения составляется исполнительная схема (рис.5.14).

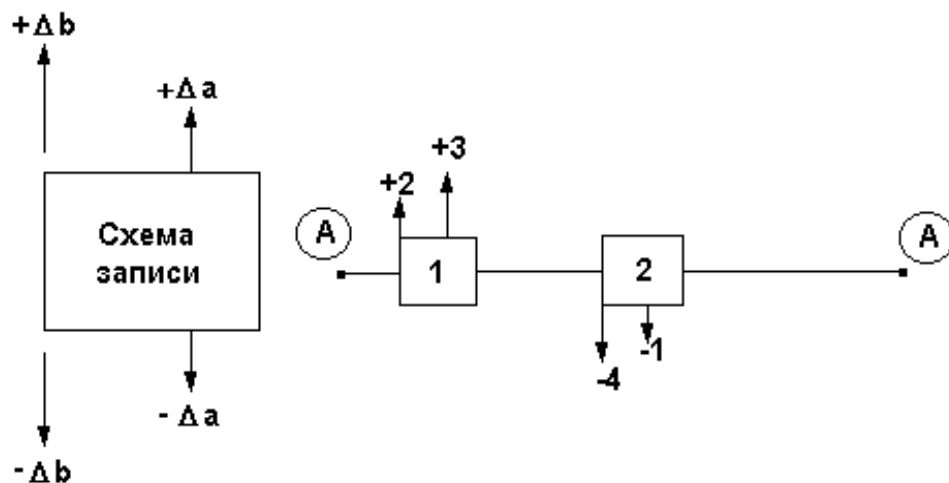


Рис. 5.14. Исполнительная схема

5.12 Контроль установки ряда колонн методом бокового нивелирования

Выверку вертикальности ряда колонн можно выполнять способом бокового нивелирования. В этом случае параллельно оси колонн разбивают линию ВС на расстояния "а" от оси (рис.5.15) и закрепляют ее кольшками. На одной из точек линии (т.В) тщательно центрируют теодолит, а на второй точке (т. С) устанавливают визирную марку. Визирную ось теодолита ориентируют по направлению ВС наведением зрительной трубы на марку. Перемещая трубу в вертикальной плоскости, берут отсчеты по рейке, пятка которой последовательно прикладывается к осевой риске вверху и внизу каждой колонны (вверх, вниз). Отсчеты берут при двух положениях вертикального круга, вычисляя каждый раз среднее из двух отсчетов. При выполнении этой работы осуществляется двойной контроль установки колонн: проверка правильности установки колонн в плановое положение и контроль вертикальности колонн.

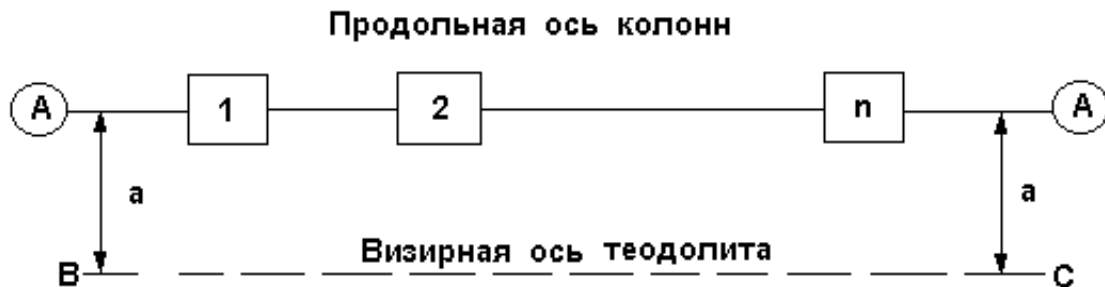


Рис. 5.15. Вертикальность ряда колонн методом бокового нивелирования

Точность установки колонн в вертикальное положение в направлении, перпендикулярном вертикальной плоскости данного ряда, определяют по разностям отсчетов по рейке, сделанным в верхней и нижней части каждой колонны, то есть

$$\Delta a = a - b_{\text{низ}}, \quad (5.28)$$

$$\Delta b = b_{\text{верх}} - b_{\text{низ}}. \quad (5.29)$$

Результаты наблюдений записывают в таблицу 5.16 и составляют исполнительную схему (рис.5.15). О точности установки колонн в плановое положение судят по отклонениям отсчетов $b_{\text{низ}}$, сделанных по рейке, прикладываемой к осевой риске в нижней части колонны, от расстояния a визирной плоскости теодолита до оси колонн, то есть $a = 100$ мм.

Таблица 5.15

Проверка точности установки колонн

№ КОЛОНН	Отсчеты по рейке						Δа, мм	Δb, мм
	b _{низ}			b _{верх}				
	КЛ	КП	Среднее	КЛ	КП	Среднее		
1	102	104	103	106	104	105	+3	+2
2	98	100	99	96	94	95	- 1	- 4

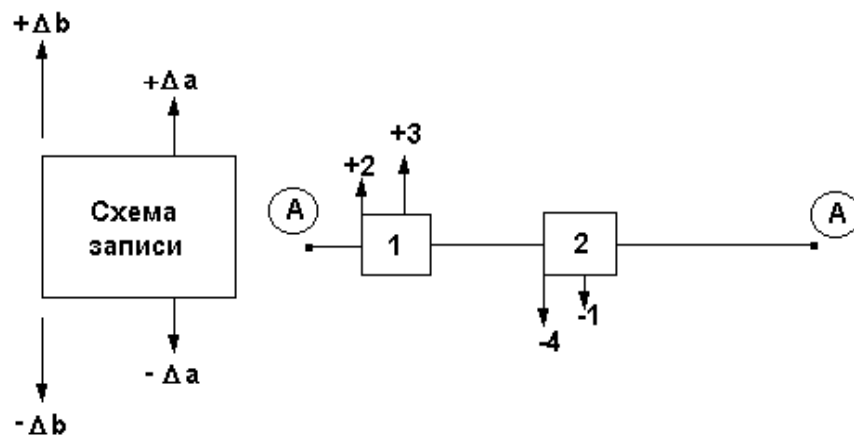


Рис. 5.16. Исполнительная схема

5.13 Определение крена сооружения

Отклонение сооружения от проектного положения в вертикальной плоскости называется креном. Крен возникает от неравномерной осадки основания сооружения и определяется с помощью тяжелых отвесов, теодолитов и приборов вертикального проектирования. Величину крена и измерение ее с течением времени можно достаточно точно измерить теодолитом.

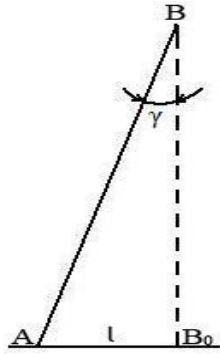


Рис.5.17. Схема определения крена сооружения

Для этого теодолит устанавливают на продолжении той стены, крен которой проверяют. Выбрав в верхней части стены хорошо различимую точку, наводят на нее пересечение нитей (рис.5.17), а затем трубу опускают вниз, отмечают проекцию этой точки B_0 на горизонтальной реечке, расположенной перпендикулярно к визирной линии теодолита, где отмечают тем или иным способом (например, при помощи горизонтально расположенной на цоколе здания реечки, нуль которой совмещают с ребром стены) точку или отсчет, куда проектируется пересечение нитей. Повторив эту операцию при другом положении вертикального круга, получают второе положение точки. Расстояние от нуля рейки до средней точки будет выражать линейную величину крена проверяемой стены здания. Чтобы судить о крене всего здания, нужно определить крен по всем его направлениям.

Величина измерения, например, угла γ позволяет судить о ходе измерений крена (приращения крена). Для этого также вычисляют и линейную величину изменения крена. Если в первой плоскости величина крена была равной ℓ_1 , а в другой – ℓ_2 , то общая величина крена будет равна

$$l = \sqrt{\ell_1^2 + \ell_2^2}. \quad (5.30)$$

При наблюдениях за кренами зданий и сооружений предельные ошибки измерений не должны превышать для стен гражданских и промышленных зданий – $0,0001 h$, где h – высота сооружения.

6 ТОПОГРАФИЧЕСКАЯ СЪЕМКА МЕСТНОСТИ

6.1 Геодезические сети

Для выполнения топографических съемок, производства инженерно-геодезических работ в строительстве необходимо на местности иметь геодезические сети. Геодезическая сеть – это система закрепленных точек земной поверхности, положение которых определено в общей для них системе геодезических координат. Геодезическая сеть бывает двух типов: плановая и высотная.

6.1.1 Классификация геодезических сетей

Геодезические сети как плановые, так и высотные, подразделяются на государственную геодезическую сеть, геодезическую сеть сгущения и съемочную геодезическую сеть. Государственная геодезическая сеть является исходной для построения всех других геодезических сетей. Сеть сгущения служит для дальнейшего увеличения количества точек геодезической сети. Съемочная сеть является геодезическим обоснованием для производства топографических съемок, а также для выполнения различного рода инженерно-геодезических работ.

Создание геодезических плановых сетей основано на определении направлений, расстояний между пунктами и углов. Для измерения углов и направлений используется главным образом теодолит, основная рабочая часть которого зрительная труба вращается вокруг горизонтальной и вертикальной осей. Угол как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскости измеряется угломерным кругом. Горизонтальный круг, по которому отсчитывают горизонтальные углы и направления, выравнивается с помощью специального цилиндрического уровня. Вертикальный круг служит для измерения углов наклона. Теодолит может использоваться также для измерения широты и долготы точки на местности. Для этого проводится наблюдение за звездами, занимающими вполне определенное положение на небесной сфере. Раньше для

измерения расстояний использовались мерные ленты или рейки. Современный дальномер фиксирует время, за которое электромагнитные волны проходят расстояние между прибором, находящимся в одной точке, и отражателем, установленным в другой точке. Поскольку скорость распространения электромагнитных волн в воздушной среде известна, расстояние между точками определяется как произведение времени на скорость. В приборах для измерения расстояний, основанных на этом принципе, используются источники лазерного и микроволнового излучения. Теодолит и электронное дальномерное устройство монтируются в виде интегрального прибора, включающего устройство для электронного считывания показаний и автоматической коррекции погрешностей измерений.

Построение геодезической опорной сети выполняется методами:

1) триангуляции, когда плановое положение геодезических пунктов на местности определяется путем построения систем смежнорасположенных треугольников, в которых измеряются углы, а длины сторон рассчитываются по длине хотя бы одной точно измеренной базисной стороны (или базиса) (рис. 6.1);

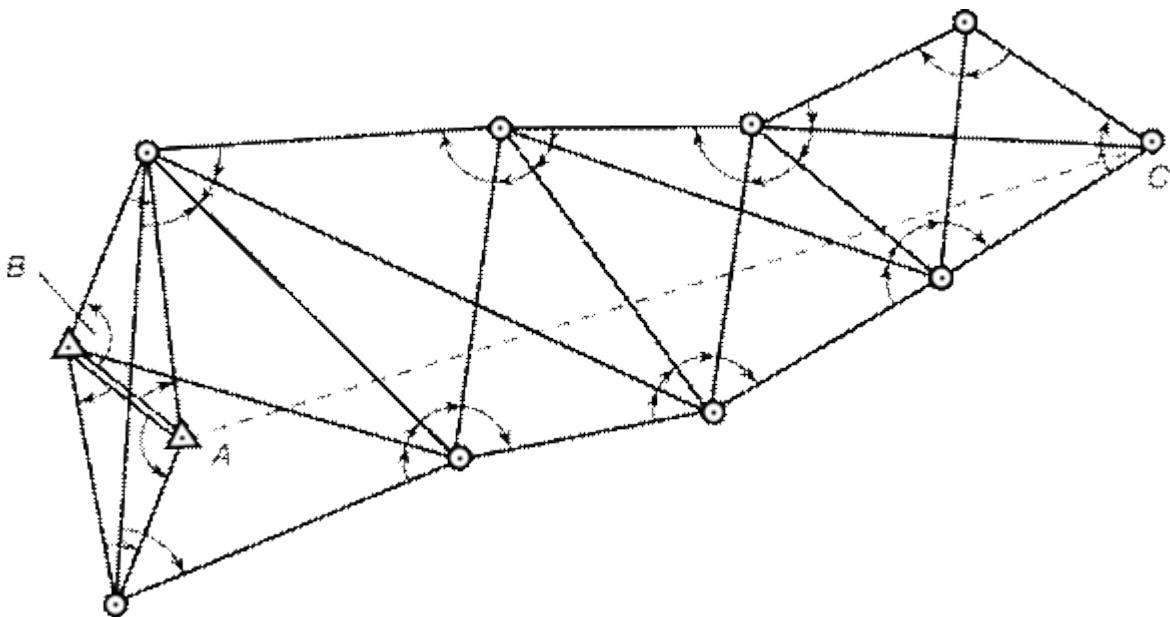


Рис. 6.1. Триангуляционная сеть

2) трилатерации – путем построения систем смежно-расположенных треугольников и измерения их сторон;

3) полигонометрии – проложения на местности систем ломаных линий (полигонометрических ходов), в которых последовательно измеряются углы и длина каждого отрезка, соединяющего два пункта. В триангуляции и трилатерации для определения величины и формы треугольника достаточно знать величины двух углов и одной стороны или длины всех трех сторон. Длина сторон треугольников в плановых сетях обычно не превышает 15 км; в густонаселенных районах, крупных городах и других местах, где требуется сгущение сетей, они значительно короче. Для уменьшения ошибок измеряются все три угла, затем полученная сумма приводится к известной сумме углов треугольника (составляющей для сферических треугольников несколько более 180°). Плановые линейные характеристики сети получаются путем определения по крайней мере одной стороны треугольника; помимо этого в целях контроля выполняются и другие измерения. Расстояния между пунктами, расположенными на различных высотных отметках, приводятся к горизонтальной плоскости. С точки зрения геометрии любая геодезическая сеть - это группа зафиксированных на местности точек, для которых определены плановые координаты (X и Y или B и L) в принятой двумерной системе координат и отметки H в принятой системе высот или три координаты X, Y и Z в принятой трехмерной системе пространственных координат. Все геодезические сети по назначению и точности построения подразделяются на три большие группы:

- государственные геодезические сети (ГГС),
- геодезические сети сгущения (ГСС),
- геодезические съемочные сети.

Государственная геодезическая сеть (ГГС) является главной геодезической основой топографических съемок всех масштабов и должна удовлетворять требованиям народного хозяйства и обороны страны при решении соответствующих научных и инженерно-технических задач. Плановая сеть создается методами триангуляции, полигонометрии, трилатерации и их сочетаниями; высотная сеть создается построением нивелирных ходов и сетей геометрического нивелирования. Государственная геодезическая сеть подразделяется на сети 1, 2, 3 и 4 классов, различающиеся точностью измерений углов,

расстояний и превышений, длиной сторон сети и порядком последовательного развития.

Государственная геодезическая сеть 1-го класса, называемая еще астрономо-геодезической сетью (АГС), строится в виде полигонов периметром около 800 - 1000 км, образуемых триангуляционными или полигонометрическими звеньями длиной не более 200 км и располагаемыми по возможности вдоль меридианов и параллелей.

Государственная геодезическая сеть 2-го класса строится в виде триангуляционных сетей, сплошь покрывающих треугольниками полигоны, образованные звеньями триангуляции или полигонометрии. Требования к точности измерения горизонтальных углов и расстояний в триангуляции приведены в таблице 6.2, в полигонометрии - в таблице 6.3.

Таблица 6.2

Требования к точности измерения горизонтальных углов и расстояний в
триангуляции

Класс сети	Ср. кв. ошибка измерения углов	Относительная ошибка базисных сторон	Длина стороны треугольника
1	0,7"	1 : 400 000	> 20 км
2	1,0	1 : 300 000	7 - 20 км
3	1,5	1 : 200 000	5 - 8 км
4	2,0	1 : 200 000	2 - 5 км

Таблица 6.3

Требования к точности измерения горизонтальных углов и расстояний в
полигонометрии

Класс сети	Ср. кв. ошибка измерения углов	Относительная ошибка стороны хода	Длина стороны хода
1	0,4"	1 : 300 000	> 20 - 25 км
2	1,0	1 : 250 000	7 - 20 км
3	1,5	1 : 200 000	> 3 км
4	2,0	1 : 150 000	> 2 км

Кроме того, должны быть выполнены условия по количеству сторон в

ходе, по длине периметра полигонов и некоторые другие. Средние квадратические ошибки измерения превышений на 1 км хода в нивелирных ходах и сетях 1, 2, 3, 4 классов равны 0,8 мм; 2,0 мм; 5 мм и 10 мм соответственно; предельные ошибки на 1 км хода приняты равными 3мм, 5мм, 10мм и 20мм соответственно. В труднодоступных районах плотность пунктов ГГС может быть уменьшена, но не более, чем в 1,5 раза. На территории городов, имеющих не менее 100 000 жителей или занимающих площадь в пределах городской черты не менее 50 км², плотность пунктов ГГС должна быть доведена до одного пункта на 5 - 15 км².

Геодезические сети сгущения (ГСС) являются планово-высотным обоснованием топографических съемок масштабов от 1:5000 до 1:500, а также служат основой для производства различных инженерно-геодезических работ. Они создаются методами триангуляции и полигонометрии. По точности измерения углов и расстояний полигонометрия ГСС бывает 4-го класса, 1-го и 2-го разрядов - (табл.6.4).

Таблица 6.4

Точность измерения горизонтальных углов и расстояний полигонометрии
ГГС

Разряд сети	Ср. кв. ошибка измерения углов	Относительная ошибка измерения расстояний
4 кл.	3,0"	1 : 25 000
1 разр.	5,0"	1 : 10 000
2 разр.	10,0"	1 : 5 000

Плотность пунктов ГСС должна быть доведена до одного пункта на 1 км² на незастроенной территории и до четырех пунктов на 1 км² на территории населенных пунктов и на промплощадках. Отметки пунктов ГСС определяются из нивелирования 4-го класса или из технического нивелирования.

Геодезические съемочные сети служат непосредственной основой топо-

графических съемок всех масштабов. Они создаются всеми возможными геодезическими построениями; плотность их пунктов должна обеспечивать высокое качество съемки. Отметки пунктов съемочных сетей разрешается получать из технического нивелирования (при высоте сечения рельефа $h \leq 1$ м) или из тригонометрического нивелирования (при высоте сечения $h \geq 1$ м).

На территории России кроме ГГС, ГСС, ГНС (государственной нивелирной сети) существуют и другие виды геодезических сетей:

- фундаментальная астрономо-геодезическая сеть (ФАГС),
- государственная фундаментальная гравиметрическая сеть (ГФГС),
- доплеровская геодезическая сеть (ДГС),
- космическая геодезическая сеть (КГС),
- спутниковая геодезическая сеть 1-го класса (СГС-1),
- спутниковая дифференциальная геодезическая сеть (СДГС).

Создание геодезических сетей любого класса и разряда осуществляется по заранее разработанным и утвержденным проектам. В проекте должна быть составлена схема сети (схема размещения пунктов сети и их связей), обоснованы типы центров и знаков, определены объемы измерений и их точность, выбраны приборы для измерения углов, расстояний, превышений и разработана методика измерений.

6.1.2 Закрепление геодезических пунктов на местности

На местности геодезические пункты отмечаются центрами и опознавательными знаками. Типы центров и опознавательных знаков бывают самые разнообразные; они зависят от типа и точности геодезической сети, от климатических, почвенных и других характеристик местности. Геодезические пункты должны быть достаточно прочными и долговечными, чтобы сохранить неизменное положение центра в течение длительного времени, и находиться в удобном месте, обеспечивающем быстрое его обнаружение и опознавание.

По назначению выделяют знаки постоянные, к которым относятся все знаки государственных геодезических сетей, и временные, устанавливаемые

на период изысканий, строительства, реконструкции, наблюдений.

Постоянные знаки закрепляют подземными знаками – центрами. Конструкции центров обеспечивают их сохранность и неизменность положения в течение длительного времени.

Подземная часть геодезических знаков на пунктах триангуляции и полигонометрии представляет систему бетонных монолитов (или закрепленную в бетонном основании металлическую трубу с вделанной в неё маркой), на которых имеется отверстие или обозначена точка, являющаяся собственно геодезическим пунктом и называемая центром пункта (рис. 6.5). Различают центры тригонометрических пунктов, полигонометрических пунктов, пунктов съёмочной сети (являющейся дальнейшим развитием триангуляции и полигонометрии) и ориентирных пунктов. Существуют конструкции геодезических центров, предназначенные для заложения в районах неглубокого (до 1,7 м) промерзания грунта, глубокого промерзания грунта, вечной мерзлоты, для скалистых и песчаных районов (рис. 6.6).

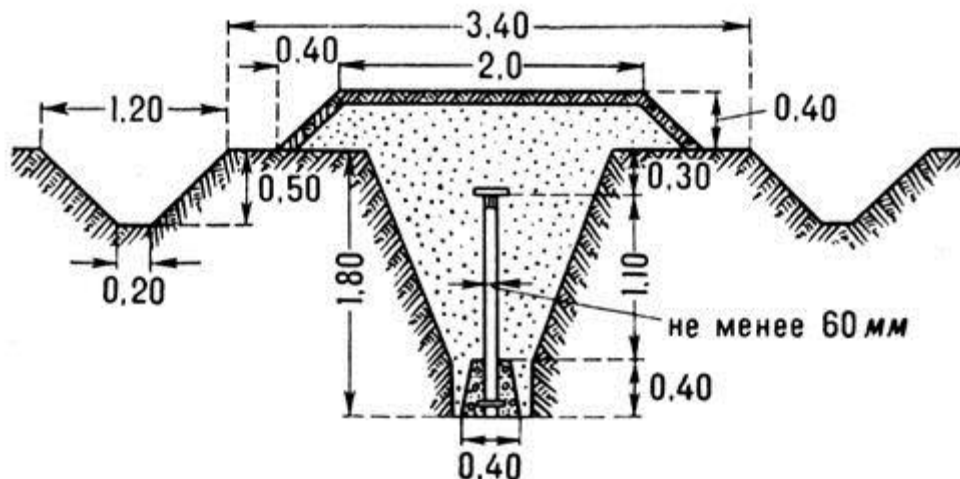


Рис.6.5. Конструкция центра пункта для района с сезонным промерзанием грунтов

Подземный центр закладывается ниже глубины промерзания грунта и не в насыпной массив. У поверхности земли в монолите устанавливают чугунную марку, на которую наносят центр в виде креста или точки. Положению этого центра соответствуют координаты X и Y и во многих случаях отметки H .



Рис. 6.6. Геодезический пункт

Пункты нивелирования обозначаются и закрепляются заложенными в грунт геодезического знака аналогичного устройства, которые в этом случае называются реперами, или вделанными в стены каменных сооружений чугунными марками. На марках имеется отлитая вместе с ней надпись, указывающая вид и номер геодезического пункта (рис. 6.7).



Рис.6.7. Скальная марка

В городах, поселках, сельских населенных пунктах, промышленных предприятиях, гидротехнических и линейных сооружениях-где это возможно, центры пунктов закрепляются, как правило, стенными знаками.

Стенные знаки для закрепления пунктов съемочного обоснования имеют значительные преимущества по сравнению с грунтовыми, которые при густой сети подземных коммуникаций (газ, водопровод, канализация, теплофикации, кабельные прокладки и др.) либо подпадают под дорожное покрытие, либо уничтожаются. Кроме того, снежный покров и обледенение в зимнее время значительно затрудняют разыскивание и пользование грунтовыми знаками. При насыщенности улиц подземными коммуникациями и устройством усовершенствованных дорожных покрытий требуются значительные затраты времени на согласование места постановки грунтовых знаков.

Стенные марки обычно размещают на высоте 2 - 2,5 м над поверхностью земли. В центре марки имеется отверстие, до которого определяется ее высота и к которой с помощью штифта крепят специальную рейку. Стенные реперы закладывают обычно на высоте 0,7 – 1 м над поверхностью земли. Стенные реперы имеют специальный уступ для установки рейки.

На всех нивелирных сетях I и II классов капитальные реперы закладывают на устойчивых геологических, как правило, коренных породах, в среднем через 50 – 80 км. Нивелирные сети III и IV классов закрепляют стандартными реперами и марками в среднем через 7 – 8 км, а в труднодоступных и населенных местах – через 10 – 15 км.

Реперы государственных нивелирных сетей закладывают в грунт на 0,5 - 1,0 м ниже максимально возможной глубины сезонного промерзания. В 1 м от капитального грунтового репера государственной нивелирной сети устанавливают железобетонный опознавательный столб, к которому на болтах прикрепляют чугунную охранную плиту с надписью (рис.6.8).

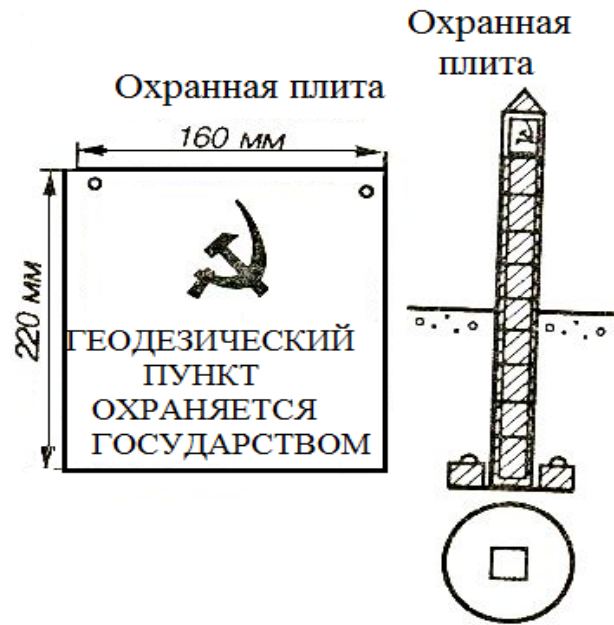


Рис. 6.8. Железобетонный опознавательный столб нивелирного репера

В качестве центров геодезических пунктов для территорий городов, поселков и промышленных площадок, предусмотрены стенные знаки двух типов. Стенной знак типа 7 г. р. (рис. 6.9) представляет собой металлический стакан, изготовленный из малоуглеродистой стали, который с помощью выстрела из строительного монтажного пистолета СМП-3М крепится дюбель-гвоздем к стене (цоколю) здания или сооружения на высоте 0,3—1,2 м от поверхности земли.

Центром знака служит отверстие диаметром 2 мм и глубиной 5 мм, просверленное в верхней части диска знака. Верхняя часть диска может использоваться для передачи на нее отметки.

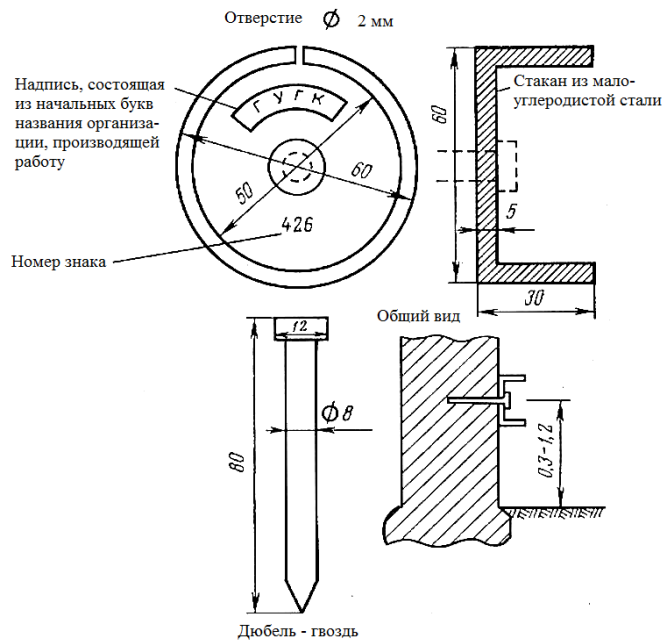


Рис. 6.9. Стенной знак —репер типа 7 г.р.

В качестве стенных знаков могут использоваться металлические штыри, железнодорожные костыли, болты длиной 10 - 15 см. Предварительно на концах штыря (рис. 6.10) перпендикулярно к его оси просверливают отверстие диаметром 5 - 6 или 2 - 3 мм в передней части, выступающей от стены здания. Штырь бетонируют в здание на высоте 0,5 - 0,7 м от земли, так чтобы передний конец штыря выступал на 1 - 3 см от поверхности стены, а просверленное отверстие (2 - 3 мм) было примерно вертикальным. Это отверстие используется для плановой привязки штыря, а верхняя его часть - для привязки по высоте. В хвостовое отверстие диаметром 5 - 6 мм вставляют гвоздь или проволоку в качестве якоря при бетонировании штыря в стене.

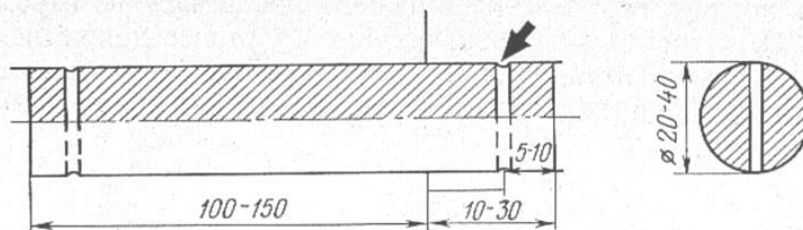


Рис.6.10. Стенной знак — металлический штырь

Стенной знак типа 8 г. р. (рис. 6.11) соответствует типу стенного чугунного репера, центром служит отверстие диаметром 2 мм и глубиной 5 мм, находящееся в верхней части сферической головки, на которую передается высотная отметка.

Для закладки знака в стене здания или сооружения при помощи шлямбура, дрели или шурфобура (отбойного молотка) пробивают отверстие такого размера, чтобы хвостовая часть знака входила в него свободно. Наружную часть знака покрывают антикоррозийным лаком или краской.

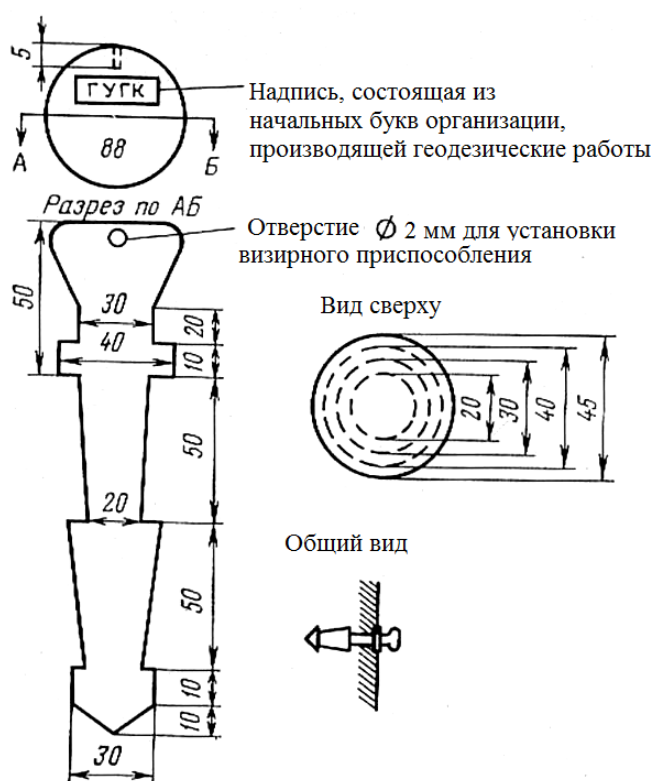


Рис. 6.11. Стенной знак — репер типа 8 г.р.

Чтобы все центры можно было увязать в единую систему, необходимо обеспечить их взаимную видимость. Для этого над центром сооружаются геодезические знаки, называемые сигналами, которые бывают деревянными или металлическими (рис. 6.12).

Сигналы геодезические подразделяются на простые и сложные. Простой сигнал состоит из двух несоприкасающихся пирамид — внутренней и наруж-

ной. Внутренняя пирамида, обычно трёхгранная, служит подставкой (штативом) для инструмента, наружная, четырёхгранная, используется для устройства пола наблюдателю и установки визирной цели.

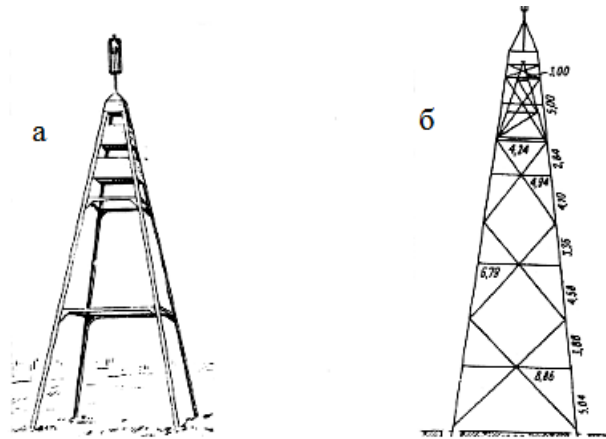


Рис. 6.12. Наружные знаки:

а) металлическая пирамида, б) сложный сигнал

У сложного сигнала внутренняя пирамида укрепляется на тех же столбах, что и пол для наблюдателя. Простые сигналы имеют высоты от 6 м до 15 м, сложные – от 16 м до 55 м. В лесных районах сигналы сооружают из дерева, в безлесных используют металлические знаки (постоянные или переносные). В открытых районах строятся простые пирамиды, несущие только визирную цель. В этом случае геодезический инструмент устанавливается под пирамидой на обычном штативе.

6.1.3 Определение положения точек с помощью спутников

Для построения геодезической сети и выполнения съемочных работ наряду с традиционными средствами применяют геодезическую спутниковую аппаратуру GPS, ГЛОНАСС, GPS/ГЛОНАСС. Важную роль в достижении лучших результатов играет соблюдение требований к размещению и выбор созвездия спутников. Для всех видов спутниковых определений до и после полевых работ необходимо выполнять контрольные определения приращений координат на эталонных геодезических полигонах.

При создании съемочного обоснования для топографических съемок надежным способом контроля является:

1. Сравнение результатов спутниковых определений с отметками реперов государственной нивелирной сети.
2. Контроль допустимости фактора PDOP (снижение точности в горизонтальной плоскости). Факторы, влияющие на снижение точности: орбиты спутников; наличие объектов-помех, закрывающие необходимые области неба; влияние атмосферы; отражение радиоволн.
3. Связывание соседних точек обоснования при помощи полигонометрических (теодолитных) ходов.
4. В отдельных случаях, при достаточном соотношении точностей – сравнение с пунктами государственной геодезической сети.

При съемке ситуации и рельефа надежный контроль обеспечивают

1. Повторными спутниковыми измерениями с применением метода реокупации или более точного приемника или с увеличенным интервалом регистрации.
2. Прямыми линейными измерениями достаточной точности между характерными точками ситуации, на которых выполняли спутниковые определения.

Появление искусственных спутников Земли значительно повысило точность навигации и определения положения точек и объектов на поверхности Земли. Большое преимущество, которое дает геодезии использование искусственных спутников, состоит в том, что спутник может синхронно наблюдаться с нескольких наземных станций, что позволяет определять их взаимное расположение. Сам спутник при этом может играть пассивную роль (например, отражая луч лазера, посланный с наземной станции, обратно на ту же станцию) или активную (непрерывно осуществляя передачу радиосигнала). На первых этапах развития космической геодезии сигналы подавались в виде

вспышек света, которые фотографировались на фоне звезд одновременно с нескольких наземных пунктов, находящихся вне непосредственной видимости. Положение спутника на фотографии относительно опорных звезд давало возможность определить точное направление на него с данной станции наблюдения. Спутниковые системы позволяют наблюдателю, где бы он ни находился, точно определять свое местонахождение (например, Система глобального определения местоположения – GlobalPositioningSystem, GPS, использующая созвездие навигационных спутников NAVSTAR).

Обычно измеряют расстояние между наземным пунктом и спутником и скорость изменения этого расстояния при прохождении спутника. Расстояния рассчитывают исходя из времени, которое затрачивает электромагнитный сигнал (лазерная вспышка или радиоимпульс) на прохождение пути от спутника до принимающей станции, при условии, что скорость движения сигнала известна. Вводятся поправки за атмосферную задержку сигнала и рефракцию. Скорость изменения расстояния между спутником и принимающей станцией определяется по величине наблюдаемого доплеровского сдвига частоты – изменения частоты сигнала, поступающего со спутника. Еще одна группа спутниковых наблюдений основана на принципе интерферометрии (т.е. наложения волн), когда радиоимпульс принимается в двух пунктах на земной поверхности и определяется время его запаздывания в одном пункте по отношению к другому. По величине этой задержки и известной скорости распространения волны с учетом угла подхода (который рассчитывается на основе известных параметров орбиты спутника) вычисляется расстояние между двумя пунктами. Наблюдения нескольких спутников позволяют также точно определить направление базисной линии, соединяющей наземные станции.

Различные методы наблюдений позволяют определять абсолютное и относительное положение объектов на земной поверхности. При определении абсолютного положения (например, расстояния) используются не менее трех

спутников, находящихся на существенно различающихся орбитах, так как положение каждой точки земной поверхности изменяется по трем осям – с севера на юг, с востока на запад (плановые координаты) и вверх-вниз (высотная координата). Поскольку весьма существенно при этом время наблюдения, то обычно требуется еще и четвертый спутник, чтобы компенсировать разницу в точности определения времени по часам, установленным на борту спутников и на наземной станции. Определение относительного положения пункта на земной поверхности требует одновременного наблюдения нескольких спутников (на практике обычно не менее четырех) с двух (или более) наземных станций.

Чтобы перейти к геоцентрической системе координат, необходимо знать элементы орбиты спутника в этой системе, любые погрешности в определении которых автоматически влекут за собой неточности в определении положения станции наблюдения. Эти погрешности могут быть уменьшены путем осреднения наблюдаемых величин за несколько дней, недель или месяцев. Многие систематические погрешности в расчетах элементов орбиты примерно в одинаковой степени отражаются на всех станциях наблюдения и взаимно уничтожаются при определении взаимного положения этих станций, поэтому относительные положения обычно определяются с большой точностью. В зависимости от числа одновременно работающих принимающих станций и одновременно наблюдаемых спутников можно получать определенные различия между принимаемым и передаваемым сигналами; это позволяет исключить влияние неизвестных факторов.

Наиболее перспективной космической системой, служащей для решения геодезических задач, является система глобального определения местоположения GPS, которая начала разрабатываться в начале 1970-х годов на основе существовавших ранее навигационных систем в военно-морских и военно-воздушных силах США. Эта система стала исключительно точным инструментом для решения прикладных задач геодезии, геофизики и землепользования.

GPS состоит из трех частей: 18 рабочих искусственных спутников, размещенных симметрично на круговых орбитах, системы управления и пользователей. Каждый спутник в этой системе снабжен микропроцессором для обработки данных, приемником и передатчиком для связи с наземной системой управления и для передачи функциональных сигналов пользователям, несколькими атомными часами для определения точного времени. Энергоснабжение спутника осуществляется двумя большими солнечными батареями. Система управления объединяет операторов и наблюдателей станций слежения, рассредоточенных по всей планете. Они определяют орбиты спутников, постоянно контролируют функционирование их систем и точность хода часов и передают информацию на спутники для ретрансляции ее пользователям, имеющим специальный приемник, преобразующий сообщения со спутников в информацию о координатах. Приемное устройство состоит из антенны, источника энергии, процессора с несколькими каналами ввода для приема различных сигналов со спутника, записывающего устройства для хранения обработанных данных и приборов, дающих возможность считывания информации пользователем. GPS технология нашла широкое применение в геодезии, городском и земельном кадастре, при инвентаризации земель, строительстве инженерных сооружений, в геологии и т.д. Основные достоинства и преимущества GPS оборудования: не требуется прямой видимости между пунктами, благодаря автоматизации измерений сведены к минимуму ошибки наблюдателей, позволяет круглосуточно при любых погодных условиях определять координаты объектов в любой точке Земного шара, точность GPS-определений мало зависит от погодных условий (дождя, снега, высокой или низкой температуры, а также влажности), позволяет значительно сократить сроки проведения работ по сравнению с традиционными методами. GPS-результаты представляются в цифровом виде и могут быть легко экспортированы в картографические или географические информационные системы (ГИС).

ГЛОНАСС или **ГЛО**бальная **НА**вигационная **СП**утниковая Система-это

советская и российская спутниковая система навигации, разработана по заказу Министерства обороны СССР. ГЛОНАСС состоит из 24 спутников. Они находятся в заданных точках на высоких орбитах.

Спутники системы ГЛОНАСС непрерывно излучают навигационные сигналы двух типов: навигационный сигнал стандартной точности (СТ) в диапазоне L1 (1,6 ГГц) и навигационный сигнал высокой точности (ВТ) в диапазонах L1 и L2 (1,2 ГГц). Информация, предоставляемая навигационным сигналом СТ, доступна всем потребителям на постоянной и глобальной основе и обеспечивает, при использовании приёмников ГЛОНАСС, возможность определения: горизонтальных координат с точностью 50-70 м (вероятность 99,7%); вертикальных координат с точностью 70 м (вероятность 99,7%); составляющих вектора скорости с точностью 15 см/с (вероятность 99,7%) точного времени с точностью 0,7 мкс (вероятность 99,7%). Для определения пространственных координат и точного времени требуется принять и обработать навигационные сигналы не менее чем от 4-х спутников ГЛОНАСС. При приёме навигационных радиосигналов ГЛОНАСС приёмник, используя известные радиотехнические методы, измеряет дальности до видимых спутников и измеряет скорости их движения. Одновременно с проведением измерений в приёмнике выполняется автоматическая обработка содержащихся в каждом навигационном радиосигнале меток времени и цифровой информации. Цифровая информация описывает положение данного спутника в пространстве и времени (эфемериды) относительно единой для системы шкалы времени и в геоцентрической связанной декартовой системе координат. Кроме того, цифровая информация описывает положение других спутников системы (альманах) в виде кеплеровских элементов их орбит и содержит некоторые другие параметры. Результаты измерений и принятая цифровая информация являются исходными данными для решения навигационной задачи по определению координат и параметров движения. Навигационная задача решается автоматически в

вычислительном устройстве приёмника, при этом используется известный метод наименьших квадратов. В результате решения определяются три координаты местоположения потребителя, скорость его движения и осуществляется привязка шкалы времени потребителя к высокоточной шкале Универсального координированного времени (UTC).

6.2 Современное геодезическое оборудование

Современное геодезическое оборудование отличается точностью измерений, компактными размерами, удобством в использовании, наличием запоминающих устройств, дисплеев, на которые выводится информация об измерениях, а также возможностью использования при любых погодных условиях. Поэтому оно широко применяется и в прикладной геодезии, промышленности, сельском хозяйстве. В лазерных геодезических приборах в качестве излучателя светового потока используют оптические квантовые генераторы (лазеры). Полупроводниковые лазеры применяют в основном в приборах для измерений расстояний – светодальномерах. Газовые лазеры применяют в приборах, задающих положение вертикальной или опорной линии: лазерных нивелирах, указателях направлений, лазерных центрирах и других приборах различного назначения. В практике геодезического обеспечения строительства используют газовые гелий-неоновые лазеры непрерывного излучения, работающие в видимой части светового диапазона и излучающие узконаправленный пурпурно - красный пучок света.

Лазерные геодезические приборы конструируют таким образом, чтобы лазер был установлен параллельно визирной оси прибора, на котором он смонтирован, или лазерный пучок направляется через зрительную трубу прибора. Как правило, при измерениях используют визуальную или фотоэлектрическую индикацию лазерного пучка. При визуальной индикации для отсчетов по лучу применяют экран в виде сетки квадратов или концентрических окружностей, а также нивелирную рейку. При более точной фотоэлектрической индикации используют специальные фотоприемные устройства с фотоэлементами.

Тахеометры

К современным высокоточным и высокопроизводительным геодезическим средствам измерений относится новое поколение приборов, позволяющих выполнять все измерения в автоматизированном режиме.

Для автоматизации полевых измерений при производстве топографической съемки и других видов инженерно-геодезических работ созданы высокоточные электронные тахеометры. Электронный тахеометр Trimble M3 5" (рис.6.13) содержит угломерную часть, сконструированную на базе кодового теодолита, светодальномер и встроенную ЭВМ. С помощью угломерной части определяются горизонтальные и вертикальные углы светодальномера – расстояния, а ЭВМ решает различные геодезические задачи, обеспечивает управление прибором, контроль результатов измерений и их хранение. Универсальное сочетание теодолита, лазерного дальномера и портативного компьютера.



Рис. 6.13. Электронный тахеометр Trimble M3 5"

Тахеометр позволяет измерять горизонтальные и вертикальные расстоя-

ния, углы, площади на удалении до 5 км и с точностью до 1 см. Автоматическая запись данных по тысячам точек.

Современные тахеометры значительно различаются не только своими техническими характеристиками, конструктивными особенностями, но и прежде всего ориентацией на конкретного пользователя или определенную сферу применения. Поэтому тахеометры можно также классифицировать по их предназначению для решения конкретных задач. Точность и дальность измерений в данном случае уже не играют существенной роли. Определяющим становится фактор эффективности применения прибора для решения конкретного типа задач. Например, для выполнения традиционных работ по землеотводам достаточно иметь простой механический тахеометр с минимальным набором встроенных программ. В то же время для работ по изысканиям и строительству автомагистралей наиболее эффективным будет применение роботизированного тахеометра, имеющего функции автоматического слежения за отражателем, контроллер и программы, позволяющие не только работать с проектными данными, но и воспроизводить полученные результаты непосредственно в поле на экране (рис. 6.13).

При измерении расстояний с помощью теодолита необходимо использование рейки. При этом допустимая точность соблюдается на расстояниях до 250-300 метров. В то же время тахеометр требует специального отражателя, устанавливаемого на вешку и с его помощью можно провести измерения на удалении до 5 км с точностью до 1 см (отдельные модели). Более совершенные модели тахеометров позволяют работать без отражателя на расстояниях до 350 метров, наводя прибор непосредственно на объект. В общем и целом можно сказать, что точность измерения простейших тахеометров как правило не хуже $5 - 6''$ для угловых измерений и $3 \text{ мм} + 3 \text{ ppm}$ для линейных при съемке с отражателем. Для соблюдения точности угловых измерений чрезвычайно важен диапазон компенсации влияния углов наклона вертикальной и горизонтальной

осей. Эта величина особенно существенна при работе тахеометром со штатива.

В отличие от проведения работ с теодолитом, при которых необходимо вести журнал для записи углов, расстояний при тахеометрической съемке требуется только ведение абриса. Углы, расстояния и номера пикетов будут автоматически сохранены в памяти тахеометра. Если меняется место установки прибора (станция), потребуется лишь внести данные о новой станции и задать номер первого пикета. После этого при наведении на отражатель тахеометр будет делать измерения автоматически при нажатии одной кнопки.

Одна из полезных особенностей электронного тахеометра - автоматический расчет горизонтального проложения. На дисплее прибора отображаются наклонное расстояние, вертикальный и горизонтальный углы или наклонное расстояние, горизонтальное проложение и превышение. Причем режимы отображения этой информации можно переключать в любое время.

Тахеометр дает возможность автоматически измерить площадь многоугольного участка сколь угодно сложной формы, при условии что все углы находятся в поле видимости одной точки. Для этого необходимо просто поочередно устанавливая отражатель в каждом углу участка.

Естественно электронный тахеометр позволяет выполнять и такие обычные измерения, как высота объекта или расстояние между двумя точками, а также, как и при работе с теодолитом, делать измерения "со смещением".

Немаловажная и чрезвычайно удобная функция тахеометра это "вынос в натуру". Прибор устанавливается на точку с известными координатами, проводится его ориентирование (путем задания дирекционного угла или задания координат точки ориентирования). После этого вводятся координаты точки для выноса, и тахеометр показывает угол, на который его нужно повернуть, и расстояние, которое необходимо отложить в заданном направлении. Особенно это удобно при проведении работ на сильно пересеченной местности и боль-

ших расстояниях, где использование теодолита в сочетании с рулеткой требует больших трудозатрат. Положительными преимуществами тахеометра являются память до 10000 точек, прилагаемое ПО для обмена данными с компьютером. Кроме того, дополнительно приобретаемые программы дадут возможность не только получить пространственную модель отснятого рельефа с прорисовкой горизонталей, но и легко дополнить ее информацией о существующих и новых объектах (тип поверхности, виды растительности, здания, сооружения, коммуникации).

Теодолит электронный Pentax ETH-305

Теодолит применяют для измерения углов в триангуляции, полигонометрии, в прикладной геодезии, в геодезических сетях сгущения.

Электронный теодолит PENTAX ETH-305 имеет угловую точность 5" и оборудован компенсатором (рис.6.14). Увеличение зрительной трубы составляет 30х при диаметре объектива 45 мм. Чёткое и яркое изображение как на длинных, так и на коротких дистанциях достигается за счёт уникального механизма фокусировки и высококачественной оптики PENTAX.



Рис. 6.14. Электронный теодолит ETH-305, Pentax

Большой жидкокристаллический дисплей, расположенный по обе стороны прибора, может отображать вертикальный и горизонтальный углы одновременно.

Нажатием всего одной клавиши вертикальные углы могут быть легко преобразованы в процентный вид, показывающий уклон. Клавиатура с набором функциональных клавиш максимально удобна в освоении и использовании. Встроенная система подсветки позволяет работать в условиях слабой освещённости. Если теодолит забыли выключить, он отключится автоматически. Эта функция позволяет сохранить заряд батарей во время полевых работ. Количество оставшейся энергии батареи непрерывно отображается в виде индикатора на жидкокристаллическом дисплее. Малый вес прибора делает его удобным и мобильным.

Лазерные нивелиры

Лазерные нивелиры - это оптико-механические устройства, лучом лазера которых можно осуществлять всевозможные геометрические построения и определения - вынос в натуру точек, исполнительную съемку, определение превышений и тому подобное. Точность лазеров и их функциональные свойства сильно облегчили весьма трудоемкие операции. Лазерные инструменты составляют серьезную конкуренцию традиционным измерительным приборам и оборудованию - нивелирам, рулеткам, уровням и отвесам. Применение лазеров в строительстве в качестве измерительных и геодезических приборов обусловлено их существенными характеристиками. Световой луч лазера имеет уникальные характеристики, которых не имеет ни один другой источник света. Световая точка, находящаяся на расстоянии нескольких десятков метров от лазера, имеет такой размер, как исходная точка или, по крайней мере, ее центр точно совпадает с центром самого лазерного луча. Благодаря оптической системе лазерный луч может быть уплотнен, расщеплен на несколько лучей; при этом каждый из них направлен в определенную, отличную от других, сторону. Таким образом, лазер может формировать одновременно несколько скоординированных точек, линий, а также пробегать все четыре стороны прямоугольника. Относительно новым

направлением в области конструкции строительных лазеров являются ротационные лазеры. Разделяются на ротационные -разворачивающие луч лазера в горизонтальную, а иногда и в вертикальную плоскость с помощью вращающейся пентапризмы, и простые - лазерные маркеры. Определение положения лазерной плоскости происходит визуально (на соседствующих предметах в диапазоне действия лазера) или с помощью специального приемника, который сигнализирует о попадании на него лазерного луча. Для приведения лазерного луча или плоскости в горизонтальное положение используются жидкостные уровни или компенсаторы, позволяющие автоматически горизонтировать нивелир наклоненный в определенном диапазоне.

Ручные лазерные дальномеры нового поколения

Лазерные дальномеры - современные электронно-оптические приборы (лазерные рулетки), используемые для определения дальности до любого предмета на местности. Погрешность измерений около одного миллиметра. В зависимости от модели прибора дальномеры могут производить вычисления объемов и площадей помещений, а также иметь различный набор сервисных функций. Принцип работы лазерного дальномера основан на измерении разности фаз отраженного от предмета, до которого измеряется расстояние, лазерного импульса и излученного. Лазерная рулетка – это компактный прибор. Он прост в использовании; имеет противоударный, пыле- и влагозащитный корпус для работы в любых условиях. Лазерные дальномеры помогают производить замеры в неудобных местах и из углов помещений. Прибор может оснащаться большим количеством дополнительных аксессуаров и принадлежностей, таких как алюминиевые штативы, отражатели, интерфейсные кабели, оптические визиры. Максимальная дальность определения расстояния индивидуальна для каждой модели лазерного дальномера.

Лазерная рулетка Leica Disto A2 Leica

Компактный лазерный дальномер «Leica DISTO™ A2» (рис.6.15) создан специально для работы внутри помещений.



Рис.6.15. Лазерная рулетка Leica Disto A2 Leica

Прибор имеет эргономичный дизайн, поэтому лазерную рулетку удобно держать в руке. Проводить измерения дальномером «DISTO™ A2» просто, достаточно навести точку на объект и нажать на кнопку прибора. Результат моментально отобразится на дисплее. Дальномером можно пользоваться даже в темноте, поскольку его дисплей имеет встроенную подсветку. Пользователь имеет прямой доступ к функциям сложения, вычитания, вычисления площади и объема, что делает измерения быстрыми и надежными.

Безотражательный лазерный дальномер LeicaDisto A5

Лазерный дальномер LeicaDisto A5 (рис. 6.16) обладает достаточной мощностью для измерений на открытых пространствах.



Рис. 6.16. Лазерный дальномер LeicaDisto A5

Безотражательный лазерный дальномер LeicaDisto A5 (рис.6.9.) легкий,

прочный и надежный в эргономичном корпусе с нескользящим покрытием. Встроенный 2-кратный оптический визир новой конструкции позволяет производить измерения на больших расстояниях и точно наводиться на объекты. Технология "PowerRange" позволяет производить измерения в безотражательном режиме на длинных дистанциях (до 100м). Многофункциональная «пятка»: встроенный датчик автоматически определяет правильное нулевое значение. Многофункциональная откидная скоба имеет три положения, при выборе которых прибор автоматически распознает каждое из них и сам выставляет точку отсчета измерения. В сложенном положении скобы измерения производятся от тыльной стороны. При повороте скобы на 90 градусов можно производить измерения от различных уступов и внешних углов зданий. При полном повороте скобы осуществляются измерения из внутренних углов конструкций и определение диагоналей помещений.

GPS приемники для геодезии.

GPS приемник Thales ProMark 3

GPS приемник ProMark3 (рис.6.17) является мобильной картографической системой, включающей в себя программное обеспечение с функциями сбора ГИС-данных и навигации.



Рис.6.17. GPS приемник Thales ProMark 3

Используя поддержку мощного программного обеспечения, позволяющего легко отображать, редактировать, импортировать и экспортировать информацию об измерениях, ProMark3 качественно собирает ГИС – данные с сантиметровой точностью в Post-processing. С ProMark3 специалисты смогут выполнять сложные ГИС - проекты и предложить потребителям дополнительные услуги, такие как картографирование, управление и контроль административным и муниципальным имуществом. Программное обеспечение GNSS Solutions использует усовершенствованную методику обнаружения ошибок и встроенные инструменты анализа качества, которые гарантируют точность и надёжность обрабатываемых результатов. Замкнутые полигоны, анализ измерений, анализ ошибок и уравнивание по методу наименьших квадратов - составные компоненты GNSS Solutions. Данные съемки могут быть представлены в графической и табличной форме, что позволяет легко выполнять постобработку в GNSS Solutions. Любые полученные данные могут быть представлены в различных формах. Импорт растровых или векторных форматов карт позволяет создавать проекты фоновых карт и комбинировать их с проектами наземных полевых съёмок.

Благодаря наличию и возможностям использования беспроводной технологии Bluetooth, USB - соединений, SD - карты памяти и Li-Ion аккумуляторов, ProMark3 представляет последние новейшие достижения в GPS технологиях с многофункциональными возможностями. Пользовательский интерфейс может поддерживать язык на любой выбор, а фоновые карты могут быть загружены из SHP, MIF, DXF файлов. ProMark3 может также использоваться в сочетании с оптическими инструментами. В приемнике использована новейшая запатентованная технология ThalesPrism, что обеспечивает проведение точных измерений в режимах статики, stop&go и кинематики даже в плохих условиях приема сигнала, например, в условиях города или местности с густой растительностью.

7 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что следует понимать под общей формой Земли? Что такое уровенная поверхность?
2. Какой математической поверхностью в практических целях может быть заменена уровенная поверхность?
3. Что называется абсолютной и условной высотой точки на земной поверхности?
4. Что называется планом и картой? В чем их различия?
5. Что называется ориентированием линии на местности?
6. Какая точка принимается за начало координат в зональной системе?
7. Откуда отсчитывается абсцисса и ордината в зональной системе?
8. Что называется дирекционным углом?
9. Что называется румбом?
10. Какая существует связь между прямыми и обратными дирекционными углами, между прямыми и обратными румбами?
11. Какая существует связь между дирекционными углами и румбами?
12. Что называется рельефом? Как изображается рельеф на местности?
13. Что называется горизонталями?
14. Каковы основные свойства горизонталей?
15. Что называется высотой сечения?
16. Какие формы рельефа изображаются на топографических картах условными знаками?
17. Что называется заложением?
18. Что называется крутизной ската?
19. Для чего на топографических картах строится масштаб заложений?
20. Что называется уклоном линии?
21. Откуда ведется счет высот на топографических картах?
22. Какие условные знаки называются масштабными и какие немасштабными?

23. Назначение теодолита?
24. Назовите основные части теодолита 2Т-30.
25. Для чего нужен уровень при алидаде, что называется его осью?
26. Назовите основные части зрительной трубы
27. Что называется визирной осью трубы?
28. Из каких действий складывается установка трубы для наблюдений?
29. Какие исправительные винты есть у теодолита 2Т- 30?
30. Назовите поверки теодолита и порядок их выполнения.
31. Из каких действий складывается установка теодолита в рабочее положение?
32. Как измеряется горизонтальный угол способом приемов?
33. Какова величина допускаемого отклонения горизонтального угла из двух полуприемов?
34. Что называется углом наклона?
35. Что называется местом нуля (МО) вертикального круга?
36. Как измеряются углы наклона, какие существуют при этом допускаемые отклонения?
37. Съёмочное обоснование теодолитной съёмки.
38. В чем сущность съёмки ситуации способом перпендикуляров?
39. В чем сущность полярного способа съёмки ситуации?
40. Способы линейных и угловых засечек при съёмке ситуации.
41. Что называется абрисом?
42. Как вычисляется угловая невязка замкнутого теодолитного хода? Ее допустимость и распределение.
43. Сумма исправленных углов в замкнутом теодолитном ходе.
44. Как вычисляется угловая невязка разомкнутого теодолитного хода? Ее допустимость и распределение.
45. Сумма исправленных углов в разомкнутом теодолитном ходе.
46. Как вычисляются дирекционные углы сторон замкнутого теодолитного

- хода? Контроль правильности их вычисления.
47. Как вычисляются дирекционные углы сторон разомкнутого теодолитного хода? Контроль правильности их вычисления.
 48. Переход от дирекционных углов к румбам.
 49. В чем заключается прямая геодезическая задача?
 50. По каким формулам вычисляются приращения координат?
 51. Как вычисляется невязка в приращениях координат замкнутого теодолитного хода? Ее допустимость и распределение.
 52. Чему равна сумма исправленных приращений координат в замкнутом теодолитном ходе?
 53. Для чего предназначен теодолит?
 54. Основные части теодолита.
 55. Назначение лимба и алидады.
 56. Что называется ценой деления лимба и как ее определить?
 57. Что называется точностью прибора и как она определяется?
 58. Для чего служит уровень теодолита?
 59. Что называется осью цилиндрического уровня?
 60. Сетка нитей зрительной трубы, ее исправительные винты.
 61. Что называется визирной осью зрительной трубы?
 62. Установка зрительной трубы для наблюдений.
 63. Назначение закрепительных и наводящих винтов теодолита.
 64. Поверки теодолита, последовательность их выполнения.
 65. Как выполняется проверка перпендикулярности оси цилиндрического уровня к основной оси теодолита?
 66. Проверка правильности установки сетки нитей.
 67. Как выполняется проверка перпендикулярности визирной оси трубы к оси вращения трубы?
 68. Как выполняется проверка перпендикулярности оси вращения трубы к оси вращения теодолита?

69. В чем заключается установка теодолита в рабочее положение?
70. Изменение горизонтального угла полным приемом, точность.
71. Допустимое расхождение между значениями угла в полуприемах?
72. Определение места нуля вертикального круга.
73. Измерение угла наклона, формулы для его вычисления.
74. Съёмочное обоснование теодолитной съёмки.
75. В чем сущность съёмки ситуации способом перпендикуляров?
76. В чем сущность полярного способа съёмки ситуации?
77. Способы линейных и угловых засечек при съёмке ситуации.
78. Что называется абрисом?
79. Как вычисляется угловая невязка замкнутого теодолитного хода? Допустимость и распределение.
80. Сумма исправленных углов в замкнутом теодолитном ходе.
81. Как вычисляется угловая невязка разомкнутого теодолитного хода? Ее допустимость и распределение.
82. Сумма исправленных углов в разомкнутом теодолитном ходе.
83. Как вычисляются дирекционные углы сторон замкнутого теодолитного хода? Контроль правильности их вычисления.
84. Как вычисляются дирекционные углы сторон разомкнутого теодолитного хода? Контроль правильности их вычисления.
85. Переход от дирекционных углов к румбам.
86. В чем заключается прямая геодезическая задача?
87. По каким формулам вычисляются приращения координат?
88. Как вычисляется невязка в приращениях координат замкнутого теодолитного хода? Ее допустимость и распределение.
89. Чему равна сумма исправленных приращений координат в замкнутом теодолитном ходе?
90. Как вычисляются невязки в приращениях координат разомкнутого теодолитного хода? Их допустимость и распределение.

91. Чему равна сумма исправленных приращений координат в разомкнутом теодолитном ходе?
92. Как вычисляются координаты точек замкнутого и разомкнутого теодолитных ходов? Контроль вычислений.
93. Построение координатной сетки. Контроль ее построения.
94. Как наносятся по координатам на план вершины теодолитных ходов и как контролируется правильность их нанесения?
95. Нанесение на план точек, снятых способом перпендикуляров.
96. Нанесение на план точек, снятых полярным способом.
97. Нанесение на план точек, снятых способом угловой засечки.
98. Нанесение на план точек, снятых способом линейной засечки.
99. Полевые работы при тахеометрической съемке.
100. Обработка материалов тахеометрической съемки и составление топографического плана.
101. Способы геометрического нивелирования: «из середины» и «вперед».
102. Порядок наблюдения на станции связующих и промежуточных точек при техническом нивелировании. Контроль измерений.
103. Вычисление отметок связующих точек.
104. Тригонометрическое нивелирование: сущность, формулы для вычисления превышений.
105. Разбивка пикетажа для нивелирования трассы линейного сооружения.
106. Связующие, промежуточные точки при продольном нивелировании трассы.
107. Вычисление рабочих, проектных отметок и определение точек нулевых работ при проектировании по профилю.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате прохождения учебной геодезической практики студенты:

- приобрели навыки работы с геодезическими приборами, овладели техникой выполнения угловых, линейных, высотных измерений и построений;
- ознакомились с работой новой геодезической техники в производственных условиях;
- овладели навыками организации работ в коллективе;
- развили интерес к научным исследованиям;
- ознакомились с инновационными технологиями в геодезическом производстве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булгаков, Н.П. Прикладная геодезия: учебник для вузов.- М.: Недра, 1990. - 220с.
2. Геодезия: учебник для архит. спец. вузов /С.Ф.Богатов, В.Ф. Перфилов, Р.Н. Скогорцева, Н.В.Усова. – М.: Высшая школа, 1988.-321 с.
3. Дубенок, Н.Н. Землеустройство с основами геодезии /Н.Н.Дубенок, А.С. Шуляк; под ред. Б.Б.Шумакова. – М.: Колос, 2002.- 384 с.
4. Дьяков, Б.Н. Основы геодезии и топографии: учеб.пособие /Б.Н.Дьяков, В.Ф. Ковязин, А.Н.Соловьев; под ред. Б.Н.Дьякова. – СПб.: Лань, 2011. – 271, [1]с.
5. Зеленский, А.М. Инженерная геодезия /А.М.Зеленский, Г.В.Фолитар.- Брест: БГТУ, 2006. – 391 с.
6. Инженерная геодезия /под ред.Д.Ш.Михелева.-М.: Издат.центр «Академия», 2008.- 480 с.
7. Инструкция по внутрихозяйственному землеустройству с.-х. предприятия. – М. МСХ, РСФСР, 1981. – 224 с.
8. Киселев, М.И. Основы геодезии /М.И.Киселев, Д.Ш.Михелев. – М.: Высш.школа, 2001.- 367 с.
9. Ключин, Е.Б. Инженерная геодезия /Е.Б. Ключин, Д.Ш. Михелев, В.Д. Фельдман В.Д. -Высшая школа, 2001. - 464 с.
10. Кусов, В.С. Основы геодезии, картографии и космоаэро съемки /В.С. Кусов. – М.:Академия, 2009. – 255 с.
11. Лукьянов, В.Ф. Лабораторный практикум по инженерной геодезии / В.Ф. Лукьянов, В.В. Новак. – М.: Высшая школа, 1990.- 333 с.
12. Маслов, А.В. Геодезия. /А.В.Маслов, А.В.Гордеев, Ю.Г.Батраков. – М.: КолосС, 2006. - 597 с.
13. Неумывакин Ю.К. Практикум по геодезии / Ю.К. Неумывакин, А.С. Смирнов – М.: Картгеоцентр – Геодезиздат, 1995. – 315 с.

14. Практикум по инженерной геодезии /под ред. Д.Ш. Михелева. – М: Высшая школа. – 2000. - 320с.
15. Практикум по инженерной геодезии /Т.И.Хаметов [и др.]- Пенза: ПГУАС, 2003. – 240 с.
- 16.Фельдман, В.Д. Основы инженерной геодезии /В.Д.Фельдман, Д.Ш.Михелев. – М.: Высшая школа, 2001.- 316 с.
- 17.Электронный теодолит VEGA TEO5 / TEO10 / TEO20 Руководство по эксплуатации ЗАО “ГЕОСТРОЙИЗЫСКАНИЯ”, Москва [http: // edu. dvgups. ru /METDOC/ITS/IZISK/SPECK_GEOD/ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКИЙ % 20 ТЕОДОЛИТ%20VEGA%20TEO%205.DOC](http://edu.dvgups.ru/METDOC/ITS/IZISK/SPECK_GEOD/ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКИЙ%20ТЕОДОЛИТ%20VEGA%20TEO%205.DOC)

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРАКТИКЕ	6
1.1 Организация учебной практики.....	6
1.2 Общие положения	15
1.3 Правила обращения с геодезическими приборами в процессе полевых измерений	16
1.4 Поверки и исследования геодезических приборов	18
1.5 Теодолит VEGA ТЕО – 20В	28
1.6 Правила внутреннего распорядка, обязанности бригадира и членов бригады	44
1.7 Общие правила техники безопасности	45
1.8 Прием зачета по практике	46
2 СОЗДАНИЕ СЪЕМОЧНОГО (ПЛАНОВОГО) ОБОСНОВАНИЯ ДЛЯ ТАХЕОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ	47
2.1 Проектирование, рекогносцировка закладка пунктов съемочного обоснования	47
2.2 Полевые измерения	47
2.3 Вычисление координат и отметок пунктов съемочного обоснования ..	61
3 ТАХЕОМЕТРИЧЕСКАЯ СЪЕМКА	69
3.1 Полевые работы	69
3.2 Построение плана тахеометрической съемки	71
4 ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ	79
4.1 Трассирование.....	79
4.1.1 Полевые работы.....	79
4.1.2 Камеральные работы.....	80
4.1.3 Построение продольного профиля.....	82
4.1.4 Нанесение на продольный профиль проектной линии	86
4.1.5 Оформление профиля	88
4.2 Нивелирование поверхности.....	88
4.2.1 Общие сведения.....	88
4.2.2 Нивелирование поверхности по квадратам	89

5 ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ.....	96
5.1 Координирование точек.....	96
5.2 Определение высоты сооружения	97
5.3 Перенесение на местность проектного горизонтального угла	98
5.4 Перенесение на местность проектной линии.....	99
5.5 Подготовка разбивочных данных и разбивка здания способом полярных координат	100
5.6 Подготовка разбивочных данных и разбивка здания способом линейных засечек	103
5.7 Определение неприступного расстояния	106
5.7.1 По теореме синусов.....	106
5.7.2 По теореме косинусов.....	107
5.8 Перенесение на местность проектной отметки	107
5.9 Перенесение на местность линии заданного уклона.....	109
5.10 Передача отметки на дно глубокого котлована.....	110
5.11 Определение вертикальности колонны методом наклонного проектирования.....	111
5.12 Контроль установки ряда колонн методом бокового нивелирования	113
5.13 Определение крена сооружения	114
6 ТОПОГРАФИЧЕСКАЯ СЪЕМКА МЕСТНОСТИ.....	116
6.1 Геодезические сети.....	116
6.1.1 Классификация геодезических сетей.....	116
6.1.2 Закрепление геодезических пунктов на местности.....	121
6.1.3 Определение положения точек с помощью спутников	128
6.2 Современное геодезическое оборудование	134
7 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	144
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	149
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	150

Горр Елена Ренатовна

ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ПРАКТИКА

Учебное пособие

В редакции составителя

Лицензия ЛР 020427 от 25.04.1997 г.

Подписано к печати 13.10.2014 г. Формат 60×90/16.

Уч.-изд.л. – 7,0. Усл.-п.л. – 9,8.

Тираж 100 экз. Заказ 251.

Отпечатано в отделе оперативной полиграфии издательства ДальГАУ
675005, г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86

