

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПОВ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

Практикум



Министерство образования и науки Российской Федерации
Тольяттинский государственный университет
Архитектурно-строительный институт
Кафедра «Промышленное и гражданское строительство»

Т.Г. Мальцева, Л.Н. Грицкив

**РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ
ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПОВ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА**

Практикум

Тольятти
Издательство ТГУ
2013

УДК 528(075.8)

ББК 26.12

М215

Рецензенты:

директор МУП «Ставропольская архитектура» *И.В. Окольнова*;
канд. техн. наук, доцент Тольяттинского государственного
университета *Н.В. Маслова*.

М215 Мальцева, Т.Г. Решение задач для различных этапов геодезического обеспечения строительства : практикум / Т.Г. Мальцева, Л.Н. Грицкив. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2013. – 92 с. : обл.

В практикуме рассмотрены вопросы и задачи, связанные с геодезическим обслуживанием строительно-монтажных работ при возведении зданий и сооружений, технологии геодезических работ, сопровождающих процесс строительства. Особое внимание уделено разбивочным работам, т. е. выносу проекта сооружения на местность.

Предназначен для студентов, обучающихся по направлению подготовки 270800.62 «Строительство», профиль «Промышленное и гражданское строительство».

УДК 528(075.8)

ББК 26.12

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом Тольяттинского государственного университета.

© ФГБОУ ВПО «Тольяттинский
государственный университет», 2013

ВВЕДЕНИЕ

Одной из важнейших отраслей народного хозяйства является строительство, требующее высокой организации производственных процессов при создании новых, расширении и реконструкции действующих объектов. В строительстве решается ряд важнейших задач: проектирование и возведение новых современных объектов, в том числе жилищное строительство с применением современной технологии строительства и современных геодезических приборов.

Данный практикум предназначен для подготовки бакалавров по направлению 270800.62 «Строительство».

В практикуме рассмотрены поверки и юстировка инструментов и подготовка их к работе; вопросы разбивки зданий и сооружений; инженерно-геодезические задачи, выполняемые в процессе возведения объектов. Особое внимание уделено геодезическим работам при изыскании, строительстве, эксплуатации инженерных сооружений, новым геодезическим приборам и современным технологиям. Указаны правила техники безопасности при геодезических работах на строительной площадке.

Цель данного практикума – помочь обучающимся овладеть простейшими геодезическими работами, выполняемыми на строительной площадке в процессе строительства, начиная с нулевого цикла.

Общие положения

Практикум написан в соответствии с программой курса «Геодезическое обеспечение строительства», рекомендуемой Министерством образования и науки РФ для направления подготовки бакалавров «Строительство». Данный курс основан на знании предыдущих курсов математики, физики, геодезии и является естественным завершением формирования знаний бакалавра, а также необходимым условием для приобретения умений и навыков обеспечения точности строительно-монтажных работ при возведении зданий и сооружений.

Цели дисциплины «Геодезическое обеспечение строительства» – помочь обучающимся:

- овладеть простейшими методами геодезическими работ, выполняемых на строительной площадке в процессе строительства, начиная с нулевого цикла;
- приобрести теоретические знания и практические умения и навыки геодезических работ в вопросах расчета разбивочных элементов и составления схем разбивки зданий и сооружений; выноса проекта сооружения на местность, используя полученные навыки решения инженерно-геодезических задач, а также умение работать с новыми приборами, применяемыми в строительстве.

Задачи практического курса:

- 1) овладение методами расчета разбивочных элементов при выносе проектных точек, осей и плоскостей на местность согласно проекту;
- 2) овладение методами геодезических работ, сопровождающих процесс строительства, как составной части технологического процесса строительного производства, обеспечивающих точное соответствие проекту геометрических параметров (координат и высот) зданий и сооружений, их вертикальность в процессе строительства;
- 3) ознакомление студентов с новыми геодезическими приборами.

В процессе изучения курса «Геодезическое обеспечение строительства» студент приобретает следующие компетенции:

- знание нормативной базы в области инженерных изысканий, принципов проектирования зданий, сооружений, инженерных систем и оборудования, планировки и застройки населенных мест (ПК-9);
- владение 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);
- способность проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных расчетов, разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы, контролировать соответствие разрабатываемых проектов и технической документации зданий стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам (ПК-11);
- владение методами опытной поверки оборудования и средств технологического обеспечения (ПК-21).

Тема 1. ПОВЕРКИ ТЕОДОЛИТА

Практическое занятие 1

Цель работы – проверить правильность соблюдения всех условий, предъявляемых к инструменту, перед началом работы.

Студент должен:

знать требования, предъявляемые к взаимному положению осей и плоскостей теодолита;

уметь правильно выполнять проверки теодолита;

владеть методами выполнения юстировки теодолита.

Инструменты: теодолит, штатив.

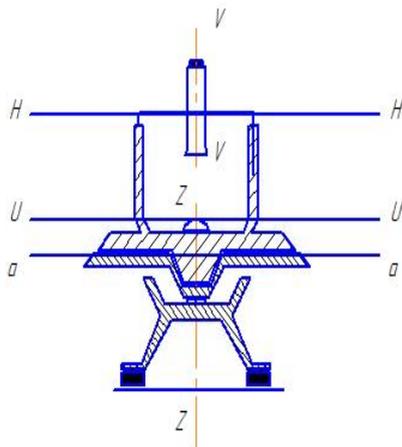


Рис. 1.1. Схема осей теодолита

Теодолит должен удовлетворять геометрическим условиям, которые заложены в основу его конструкции.

Проверка № 1. Ось цилиндрического уровня UU при алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна вертикальной оси ZZ теодолита.

Устанавливают штатив и приводят в горизонтальное положение головку штатива. Крепят теодолит на штатив и приводят все подъемные винты на средний рабочий ход.

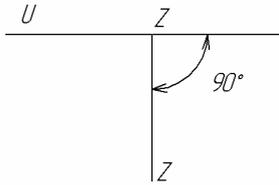


Рис. 1.2. Схема поверки № 1 теодолита

Поворотом алидады устанавливают уровень по направлению двух подъемных винтов подставки и, вращая их в противоположных направлениях, приводят пузырек уровня на середину (в нуль-пункт).

Поворачивают алидаду на 180° и оценивают смещение пузырька от среднего положения. Если пузырек уровня остался на середине, условие выполнено. При отклонении пузырька уровня больше чем на одно деление перемещают пузырек в сторону нуль-пункта на половину дуги отклонения с помощью юстировочных винтов уровня (используя геодезическую шпильку), а на вторую половину – подъемными винтами. Для контроля действие повторяют, т. е. вновь приводят пузырек уровня в нуль-пункт с помощью подъемных винтов, поворачивают алидаду на 180° и т. д.

Поверка № 2. Вертикальная нить сетки нитей должна быть строго вертикальная, а другая горизонтальная.

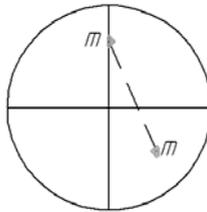


Рис. 1.3. Схема поверки сетки нитей теодолита

Приводят ось вращения теодолита в отвесное положение и в 5–6 м подвешивают отвес. Вертикальную нить сетки наводят на нить отвеса. Если нить сетки точно совпала с нитью отвеса, условие выполнено. В противном случае, ослабляя юстировочные винты 1 (рис. 1.4) диафрагмы с сеткой нитей, повернуть ее в нужном направлении.

Для проверки горизонтальной нити наводят эту нить на хорошо видимую точку местности. При перемещении трубы в горизонтальной плоскости изображение точки не должно сходиться с нитью.

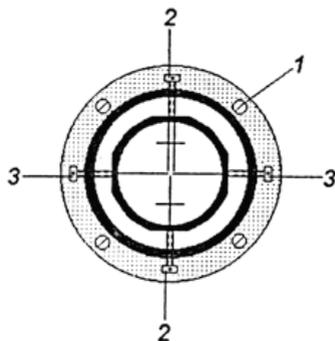


Рис. 1.4. Крепление сетки нитей: 1 – крепежные винты; 2 – вертикальные исправительные винты; 3 – горизонтальные исправительные винты

Проверка № 3. Визирная ось VV зрительной трубы должна быть перпендикулярна оси NN вращения трубы (коллимационная ошибка c должна быть равна нулю).

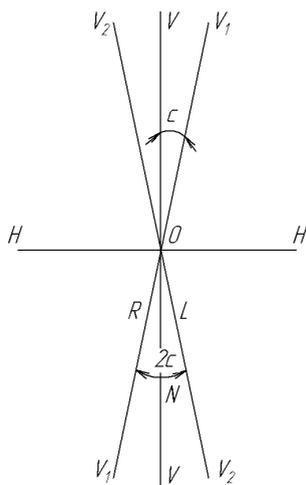


Рис. 1.5. Схема проверки визирной оси теодолита

Закрепляют лимб, открепляют алидаду и наводят трубу при круге «лево» на удалённую, хорошо видимую точку, расположенную таким образом, чтобы линия визирования была горизонтальна. Берут отсчет по горизонтальному кругу КЛ (положение визирной оси V_1V_1).

Наводят центр сетки нитей на ту же точку, но уже при круге «право». Берут отсчет по горизонтальному кругу КП (положение визирной оси V_2V_2).

Величину коллимационной ошибки вычисляют по формуле

$$c = \frac{КП - КЛ \pm 180^\circ}{2}. \quad (1.1)$$

Для исключения влияния коллимационной ошибки устанавливают на лимбе отчет $КП_{исп} = КП - c$.

На горизонтальном круге с помощью наводящего винта алидады устанавливают отсчет, равный $КП_{исп}$. Смещение центра сетки нитей с точки устраняют боковыми юстировочными винтами 3 (рис. 1.4) сетки нитей.

Проверка № 4. Ось вращения зрительной трубы НН должна быть перпендикулярна вертикальной оси ZZ вращения инструмента (определение наклона горизонтальной оси, вызванного неравенством подставок зрительной трубы).

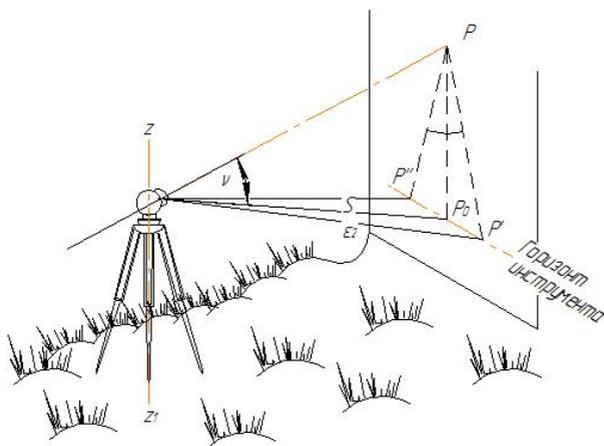


Рис. 1.6. Схема проверки оси вращения зрительной трубы

Устанавливают теодолит на расстоянии 2–3 м от стены. Выбирают на ней высоко расположенную точку под углом наклона, равным $25\text{--}30^\circ$ к горизонту. Наводят трубу при круге «лево» на выбранную точку и опускают ее примерно до горизонтального положения. Отмечают на стене положение проекции центра сетки нитей. Затем переводят трубу через зенит, снова наводят ее на эту же точку, но уже при круге «право», опускают трубу до горизонтального положения и отмечают на стене положение проекции центра сетки нитей. Если проекции двух точек на стене совпадут, то требуемое условие выполнено.

Если расстояние между ними будет больше ширины биссектора сетки нитей (что соответствует наклону горизонтальной оси, равному $30''$), рекомендуется выполнить юстировку в специальной мастерской или на заводе.

Если измерения выполняются полным приемом, наклон горизонтальной оси не оказывает влияния на результаты измерений.

Кроме вышперечисленных основных поверок перед эксплуатацией теодолита выполняют также поверки технического состояния инструмента (внешний осмотр, поверки взаимодействия узлов и четкости изображения штрихов лимба и отсчетных шкал в поле зрения микроскопа, опробование работы фокусирующих устройств зрительной трубы и микроскопа). Проверяют устойчивость штатива, плавность хода подъемных винтов подставки теодолита. Определяют место нуля вертикального круга.

Определение и исправление места нуля

Порядок исправления места нуля (МО) у теодолитов, имеющих цилиндрический уровень при алидаде вертикального угла

1. Определяют по результатам измерения нескольких углов наклона значения *МО*. Если эти значения постоянны или в указанных допусках, принимают среднее значение *МО*.

2. Приводят пузырек уровня алидады ВК в нуль-пункт с помощью наводящего винта алидады вертикального круга.

3. Устанавливают на вертикальном круге отсчет (равный среднему вычисленному значению *МО*) поворотом зрительной трубы с помощью наводящего винта зрительной трубы.

4. Совмещают отсчетный штрих алидады и нулевой градус лимба с помощью наводящего винта алидады вертикального круга. Ось уровня наклонится, так как пузырек уйдет с нуля-пункта.

5. Приводят пузырек в нуль-пункт исправительными винтами уровня при алидаде вертикального круга.

Порядок исправления МО вертикального круга у теодолитов, не имеющих уровня при алидаде вертикального круга

У теодолитов указанного типа (Т30, 2Т30) исправление *МО* производится перемещением по вертикали оправы сетки нитей.

1. Визируют зрительную трубу на одну и ту же точку при двух положениях ВК: при КП и КЛ, производят отсчеты по вертикальному кругу.

2. Вычисляют значения *МО* ВК теодолита и значение угла наклона по трем контрольным формулам; для теодолита 2Т30

$$МО = \frac{КЛ + КП}{2}; \quad v = КЛ - МО; \quad v = МО - КП; \quad v = \frac{КЛ - КП}{2}.$$

3. Устанавливают вычисленное значение угла наклона на вертикальном круге наводящим винтом зрительной трубы.

4. Ослабляют один из боковых винтов сетки нитей и, действуя вертикальными исправительными винтами оправы сетки нитей, совмещают горизонтальную нить перекрытия сетки с изображением наблюдаемой точки.

5. Закрепляют оправу сетки нитей и для контроля все действия повторяют.

Задание к практическому занятию 1: выполнить поверки и юстировку теодолита.

Вопросы для самоконтроля

1. Назовите основные части теодолита, их функциональное назначение.
2. Назовите оси и плоскости теодолита и требования, предъявляемые к ним.
3. Назовите условия поверок теодолита.
4. Что называется ценой деления лимба?

5. Какие существуют отчетные устройства теодолитов?
6. Какие уровни применяют для приведения осей и плоскостей теодолита в отвесное и горизонтальное положение?
7. Назовите основные части зрительной трубы.

Тесты

1. Лимб теодолита – это:

- 1) часть теодолита, предназначенная для крепления алидады;
- 2) круглое основание теодолита – прибора для измерения горизонтальных и вертикальных углов;
- 3) градуированный круг с делениями для измерения горизонтальных и вертикальных углов;
- 4) защитный круг для алидады.

2. Функция цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга – приведение

- 1) подставок зрительной трубы в вертикальное положение;
- 2) горизонтальной оси теодолита в горизонтальное положение;
- 3) плоскости вертикального круга в вертикальное положение;
- 4) плоскости горизонтального круга в горизонтальное положение.

3. Визирная ось зрительной трубы – это:

- 1) геометрическая ось зрительной трубы;
- 2) линия, проходящая через фокусные линии объекта;
- 3) линия, проходящая через центр сетки нитей и оптический центр объектива;
- 4) линия, проходящая через оптический центр окуляра и объектива.

4. Ось цилиндрического уровня – это:

- 1) геометрическая ось ампулы уровня;
- 2) касательная в нуль-пункте к внутренней поверхности ампулы уровня;
- 3) прямая, проходящая через центр ампулы и исправительный винт уровня;
- 4) прямая, проходящая через точки крепления ампулы в кожухе уровня.

5. Горизонтальная ось теодолита должна быть:

- 1) перпендикулярна оси цилиндрического уровня;
- 2) параллельна основной оси вращения теодолита;
- 3) перпендикулярна визирной оси зрительной трубы;
- 4) перпендикулярна плоскости лимба.

6. Ось цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга теодолита должна быть перпендикулярна:

- 1) горизонтальной оси теодолита;
- 2) визирной оси зрительной трубы;
- 3) основной оси вращения теодолита;
- 4) подставкам зрительной трубы.

7. Визирная ось зрительной трубы теодолита перпендикулярна:

- 1) оси цилиндрического уровня горизонтального круга теодолита;
- 2) оси вращения основной оси теодолита;
- 3) оси вращения зрительной трубы теодолита;
- 4) плоскости горизонтального круга.

Тема 2. ПОВЕРКИ НИВЕЛИРА

Практическое занятие 2

Цель работы – проверить правильность соблюдения всех условий, предъявляемых к нивелиру перед началом работы.

Студент должен:

знать требования, предъявляемые к взаимному положению осей и плоскостей нивелира;

уметь правильно выполнять поверки нивелира;

владеть методами выполнения юстировки нивелира.

Инструменты: нивелир, штатив, нивелирная рейка.

Основные положения

Геодезические работы, выполняемые с целью определения превышения, т. е. разности высот точек местности, называют нивелированием.

По точности нивелиры делятся на три класса: высокоточные применяют при нивелировании I и II классов; точные нивелиры применяют для нивелирования III и IV классов; технические нивелиры применяют для инженерно-технических работ.

По конструкции различают:

- нивелиры, у которых визирную ось приводят в горизонтальное положение при помощи цилиндрического уровня и элевационного винта; этим винтом зрительная труба вместе с цилиндрическим уровнем может наклоняться на небольшой угол в вертикальной плоскости с целью приведения визирной оси в горизонтальное положение;
- нивелиры с самоустанавливающейся линией визирования.

Приведение нивелира в рабочее положение выполняют подъемными винтами с помощью круглого уровня. При положении пузырька круглого уровня в нуль-пункте ось вращения нивелира отвесна.

При выполнении поверок и юстировки нивелира должны быть соблюдены требования, предъявляемые к инструменту в процессе измерения:

- 1) ось вращения нивелира должна быть отвесна;

- 2) ось цилиндрического уровня должна быть горизонтальна;
- 3) визирная ось должна быть горизонтальна.

Для обеспечения этих условий необходимо выполнить следующие поверки нивелира.

Поверка № 1. Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения нивелира.

Тремя подъемными винтами пузырек круглого уровня приводят в нуль-пункт и поворачивают верхнюю часть нивелира вокруг оси на 180° . Если пузырек останется в центре уровня, то условие выполнено. При смещении пузырька более чем на $\frac{1}{4}$ деления выполняют юстировку: действуя юстировочными винтами, смещают пузырек в сторону нуль-пункта на половину дуги отклонения; вращением подъемных винтов приводят его в нуль-пункт.

С целью контроля поверку повторяют.

Выполнение данной поверки обеспечивает рабочий ход элевационного винта.

При выполнении последующих поверок предварительно приводят ось вращения нивелира в отвесное положение с помощью круглого уровня. Для этого пузырек круглого уровня с помощью подъемных винтов приводят в нуль-пункт; при вращении зрительной трубы нивелира пузырек должен находиться в нуль-пункте.

Поверка № 2. Горизонтальная нить сетки должна быть перпендикулярна оси вращения нивелира.

Среднюю горизонтальную нить сетки наводят на четко видимую точку, расположенную на расстоянии 20–30 м от нивелира, и плавно поворачивают трубу в горизонтальной плоскости. Если нить сетки не сходит с выбранной точки, проверяемое условие соблюдено. Выполнение этого условия обеспечивается заводом. При несоблюдении условия необходимо ослабить винты, скрепляющие сетку с корпусом трубы, и повернуть сетку до нужного положения.

Поверка № 3. Ось цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной оси трубы (главное условие нивелира).

Поверку главного условия нивелира выполняют двойным нивелированием одной и той же линии – базиса – с разных ее концов. Длину базиса принимают 50–75 м, конечные точки закрепляют

кольшками. Устанавливают нивелир в точке A , при этом окуляр должен находиться над центром кольшка. Ось вращения нивелира приводят в отвесное положение с помощью круглого уровня, измеряют высоту нивелира i_1 и берут отсчет по рейке b_1 , предварительно элевационным винтом приводят пузырек цилиндрического уровня в нуль-пункт (в поле зрения зрительной трубы совмещают две половинки пузырька).

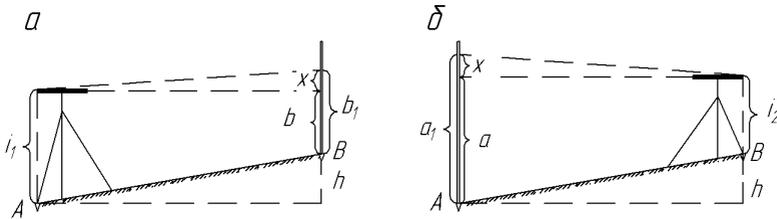


Рис. 2.1. Схема проверки оси цилиндрического уровня

Если ось цилиндрического уровня и визирная ось не параллельны, то отсчет b_1 будет включать ошибку x . Вычисляют превышение между точками на первой станции. Согласно рис. 2.1

$$h = i_1 - (b_1 - x). \quad (2.1)$$

Меняют местами нивелир и рейку. Измеряют высоту нивелира i_2 и берут отсчет по рейке a_1 . В этом случае превышение

$$h = (a_1 - x) - i_2. \quad (2.2)$$

При выполнении проверки перед каждым отсчетом пузырек цилиндрического уровня приводят в нуль-пункт с помощью элевационного винта. Так как превышение между точками A и B постоянно (левые части уравнений (2.1) и (2.2) равны), приравниваем правые части: $i_1 - (b_1 - x) = (a_1 - x) - i_2$.

Решая уравнение относительно x , получим

$$x = \frac{a_1 + b_1}{2} - \frac{i_1 + i_2}{2}, \quad (2.3)$$

где x – погрешность, вызываемая несоблюдением главного условия нивелира.

Если $x \leq 4$ мм, то исправление не проводится.

В противном случае, вращая элевационный винт, устанавливают среднюю горизонтальную нить сетки на исправленный отсчет $a = a_1 - x$ и вертикальными исправительными винтами цилиндрического уровня совмещают изображение концов пузырька уровня. С целью контроля поверку повторяют.

Задание к практическому занятию 2: выполнить поверки и юстировку нивелира.

Вопросы для самоконтроля

1. Назначение и виды нивелирования.
2. Назначение и сущность геометрического нивелирования.
3. Способы геометрического нивелирования, точность измерения превышений каждым способом.
4. Требования, предъявляемые к взаимному расположению осей уровня нивелира.
5. Назначение первой поверки нивелира.
6. Поверка сетки нитей нивелира.
7. Назначение выполнения главного условия нивелира.

Тесты

1. Назначение барометрического нивелирования:
 - 1) определение отметок точек из функциональной зависимости их от атмосферного давления;
 - 2) определение разности отметок точек из функциональной зависимости их от разности атмосферного давления;
 - 3) определение расстояний между точками из функциональной зависимости их от разности атмосферного давления;
 - 4) определение абсолютных отметок точек из функциональной зависимости их от атмосферного давления и температуры воздуха.
2. Назначение гидростатического нивелирования:
 - 1) определение углов наклона скатов местности, основанное на свойстве однородной жидкости в сообщающихся сосудах устанавливаться на одном уровне;

- 2) определение абсолютных отметок точек, основанное на свойстве однородной жидкости в сообщающихся сосудах устанавливаться на одном уровне;
- 3) определение горизонтальных проложений между точками, основанное на свойстве жидкости в сообщающихся сосудах устанавливаться на одном уровне;
- 4) определение превышений между точками, основанное на свойстве однородной жидкости в сообщающихся сосудах устанавливаться на одном уровне.

3. Главные оси уровенного нивелира:

- 1) ось цилиндрического уровня и ось круглого уровня;
- 2) ось цилиндрического уровня и ось вращения нивелира;
- 3) ось визирования и ось вращения нивелира;
- 4) ось цилиндрического уровня и ось визирования зрительной трубы.

4. Внутренняя поверхность ампулы цилиндрического уровня нивелира отшлифована по дуге радиуса 20,626 м. Назовите цену деления τ уровня (радианная мера угла: $\rho \cong 57^{\circ}$, $29578 \cong 3438' \cong 206265''$):

- 1) $25''$;
- 2) $15''$;
- 3) $20''$;
- 4) $30''$.

5. Элевационный винт в уровенных нивелирах предназначен:

- 1) для наведения на рейку при взятии отсчёта;
- 2) для приведения пузырька цилиндрического уровня в нуль-пункт в начале измерений; в период приведения нивелира в рабочее положение;
- 3) для приведения пузырька круглого уровня в нуль-пункт;
- 4) для приведения пузырька цилиндрического уровня в нуль-пункт перед каждым взятием отсчёта по рейке.

6. Круглый уровень нивелира используют:

- 1) для постоянного поддержания в процессе измерений рабочего состояния нивелира;
- 2) для приведения визирной оси в горизонтальное положение каждый раз перед взятием отсчёта по рейке;

- 3) для приведения оси вращения нивелира в отвесное положение, что обеспечивает рабочий ход элевационного винта;
- 4) для центрирования нивелира.

7. Для чего служат подъёмные винты подставки нивелира?

- 1) для приведения пузырька цилиндрического уровня в нуль-пункт перед каждым взятием отсчёта по рейке;
- 2) для центрирования нивелира;
- 3) для приведения штатива в рабочее положение;
- 4) для приведения оси вращения нивелира в отвесное положение.

Тема 3. РАСЧЕТ РАЗБИВОЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, СОСТАВЛЕНИЕ СХЕМЫ РАЗБИВКИ И ВЫНОС ПРОЕКТА СООРУЖЕНИЯ НА МЕСТНОСТЬ

Практическое занятие 3

Цель работы — изучить все этапы выноса в натуру основных осей строящихся сооружений в соответствии с генеральным планом строительства.

Студент должен

знать:

- способы разбивки сооружений и назначение каждого способа в соответствии с требуемой точностью разбивки; порядок расчета разбивочных элементов каждым способом;
- этапы выполнения разбивки проектных точек и осей сооружения на местности;

уметь:

- выполнить расчет разбивочных элементов для каждого способа разбивки;
- вынести на местность в соответствии с разбивочными элементами проектные точки и проектные линии;
- проконтролировать точность выполненных расчетных и полевых разбивочных работ;

владеть навыками камеральных вычислений разбивочных элементов и навыками выноса проекта сооружения на местность.

Инструменты: теодолит, штатив, мерная лента, рулетка, нитяной (оптический) отвес, нивелирная рейка.

Аналитическая подготовка данных для перенесения на местность проектов зданий и сооружений

Разбивкой сооружения или перенесением проекта на местность называют геодезические работы, выполняемые на местности для определения планового и высотного положения характерных точек строящегося сооружения согласно рабочим чертежам проекта. При этом используют генеральный план строительства, который для

сложных сооружений дополняют разбивочными чертежами, а при застройке городов – планом красных линий.

Геометрической основой проекта для вынесения его в натуру служат продольные и поперечные оси сооружения, относительно которых в рабочих чертежах указывают все проектные размеры.

Разбивку зданий сложной в плане формы выполняют от главных осей (осей симметрии), а зданий простой формы – от основных осей, образующих внешний контур здания.

Геодезическая подготовка проекта предусматривает аналитический расчет разбивочных элементов и составление разбивочных чертежей.

Аналитический метод подготовки численных данных основан на решении обратных геодезических задач между точками. При этом вычисляют разбивочные элементы, по которым наиболее целесообразно и надежно проект может быть перенесен в натуру.

Геодезическим обоснованием для разбивок сооружений служат пункты триангуляции и полигонометрии, пункты геодезической сети или пункты геодезических сетей сгущения, созданные на площадке в период изысканий.

Разбивочные работы выполняют различными способами. Выбор того или иного способа зависит от вида сооружения, условий производства работ, вида опорной разбивочной сети и расположения ее пунктов, требуемой точности разбивки. Разбивочные элементы вычисляют применительно к выбранному способу разбивки.

Порядок вычислительно-графических работ при подготовке проекта сооружения к выносу на местность

1. Вычисляют проектные координаты точек пересечения основных осей зданий 1 и 2 и точек поворота оси трубопровода по результатам привязки к красным линиям (табл. 3.1 и 3.2).

2. Выполняют расчет разбивочных элементов для перенесения на местность проекта здания № 2 способом полярных координат.

3. Выполняют расчет разбивочных элементов для перенесения на местность проекта здания № 1 способом прямоугольных координат.

4. Составляют схемы разбивки по п. 2, 3.

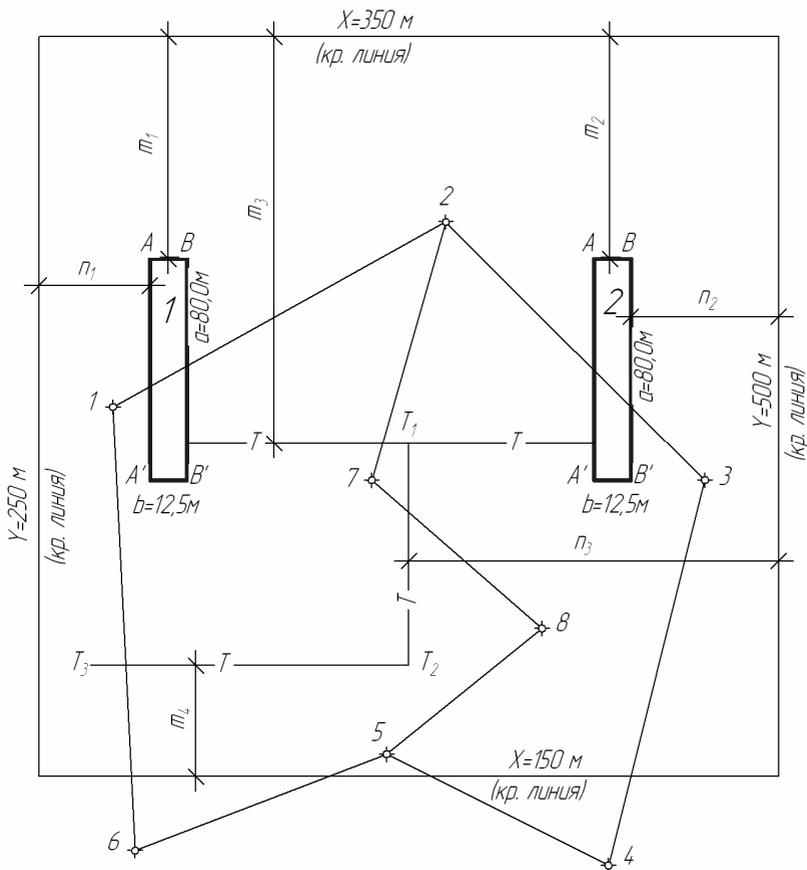


Рис. 3.1. Выкопировка из генерального плана строительства:
 T – трубопровод; m и n – привязки осей проектных сооружений к красным линиям

Вычисление проектных координат

Таблица 3.1

Величины привязок осей здания к красной линии

№ п/п	Здание № 1		Здание № 2	
	m_1	n_1	m_2	n_2
1	21,00 м	56,60 м	21,00 м	46,90 м

Координаты красной линии

№ п/п	Значение координат	
	X	Y
1	$X_{min} = 150$ м	$Y_{min} = 250$ м
2	$X_{max} = 350$ м	$Y_{max} = 500$ м

Координаты точек пересечения основных осей зданий № 1 и 2 вычисляют, используя координаты красной линии (табл. 3.2) и величины привязок осей зданий (табл. 3.1).

Вычисление проектных координат точек здания № 1 (рис. 3.1):

$$\begin{aligned}
 X_A = X_B = X_{KP.L} - m_1; & \quad X_A = 350,00 \text{ м} - 21,00 \text{ м} = 329,00 \text{ м}; \\
 X_{A'} = X_{B'} = X_A - a; & \quad X_{A'} = 329,00 \text{ м} - 80,00 \text{ м} = 249,00 \text{ м}; \\
 Y_A = Y_{A'} = Y_{KP.L} + n_1; & \quad Y_A = 250,00 \text{ м} + 56,60 \text{ м} = 306,60 \text{ м}; \\
 Y_B = Y_{B'} = Y_A + b; & \quad Y_B = 306,60 \text{ м} + 12,50 \text{ м} = 319,10 \text{ м}.
 \end{aligned} \quad (3.1)$$

Вычисление проектных координат точек здания № 2 (рис. 3.1):

$$\begin{aligned}
 X_A = X_B = X_{KP.L} - m_2; & \quad X_A = 350,00 \text{ м} - 21,00 \text{ м} = 329,00 \text{ м}; \\
 X_{A'} = X_{B'} = X_A - a; & \quad X_{A'} = 329,00 \text{ м} - 80,00 \text{ м} = 249,00 \text{ м}; \\
 Y_B = Y_{B'} = Y_{KP.L} - n_2; & \quad Y_B = 500,00 \text{ м} - 46,90 \text{ м} = 453,10 \text{ м}; \\
 Y_A = Y_{A'} = Y_B - b; & \quad Y_A = 453,10 \text{ м} - 12,50 \text{ м} = 440,60 \text{ м}.
 \end{aligned} \quad (3.2)$$

Таблица 3.3

Вычисленные проектные координаты точек

Координаты	Здание № 1				Здание № 2			
	A	B	A'	B'	A	B	A'	B'
$X, \text{ м}$	329,0	329,0	249,0	249,0	329,0	329,0	249,0	249,0
$Y, \text{ м}$	306,6	319,1	306,6	319,1	440,6	453,1	440,6	453,1

Способ полярных координат

Данный способ применяют при разбивках осей гражданских и промышленных зданий с пунктов полигонометрии, когда последние расположены сравнительно недалеко от здания. Расчет разбивочных элементов для выноса в натуре сооружения № 2 (рис. 3.1) выполняют для продольной оси BB' . Положения точек B и B' определяют способом полярных координат от вершин 2 и 3 опорного

хода, принятых за начало координат. За исходные данные приняты стороны опорного хода между вершинами 2 и 3; 3 и 4. Полярными разбивочными углами являются горизонтальные углы β_3 и β_4 (рис. 3.2). Полярными разбивочными расстояниями являются длины $2-B$ и $3-B'$.

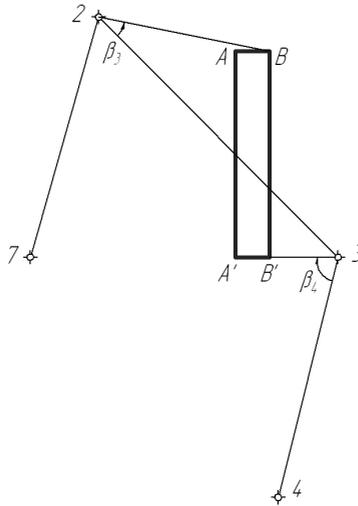


Рис. 3.2. Схема разбивки здания способом полярных координат

Таблица 3.4

Вычисление дирекционных углов и расстояний между опорными и проектными точками

№ п/п	$2-B$	$3-B'$	$2-B$	$3-B'$
1	$\Delta Y = Y_B - Y_2$	$\Delta Y = Y_{B'} - Y_3$	65,27	-24,53
2	$\Delta X = X_B - X_2$	$\Delta X = X_{B'} - X_3$	-11,20	+0,58
3	Номер четверти	Номер четверти	II	IV
4	$tgr = \frac{\pm \Delta Y}{\pm \Delta X}$	$tgr = \frac{\pm \Delta Y}{\pm \Delta X}$	5,8277	42,3448
5	r :	r :	ЮВ: $80^\circ 15,8'$	СЗ: $88^\circ 38,8'$
6	Вычисляют α_{2-B}	Вычисляют $\alpha_{3-B'}$	$\alpha_{2-B} = 99^\circ 44,2'$	$\alpha_{3-B} = 271^\circ 21,2'$
7	$d'_{2-B} = \frac{\Delta X}{\cos r}$	$d'_{2-B'} = \frac{\Delta X}{\cos r}$	66,22	24,56

№ п/п	2-B	3-B'	2-B	3-B'
Контроль:				
8	$d''_{2-B} = \frac{\Delta Y}{\sin r}$	$d_{2-B'} = \frac{\Delta Y}{\sin r}$	66,22	24,56
9	$d' - d'' \leq 0,01$	$d' - d'' \leq 0,01$	0,001	0
10	d_{cp}	d_{cp}	66,22	24,56

Вычисление полярных разбивочных углов:

$$\begin{aligned} \beta_3 &= \alpha_{2-3} - \alpha_{2-B}; & \beta_3 &= 135^\circ 37,00' - 99^\circ 44,2' = 35^\circ 52,8'; \\ \beta_4 &= \alpha_{3-B'} - \alpha_{3-4}; & \beta_4 &= 271^\circ 21,2' - 192^\circ 24,5' = 78^\circ 56,7'. \end{aligned} \quad (3.3)$$

Способ прямоугольных координат (перпендикуляров)

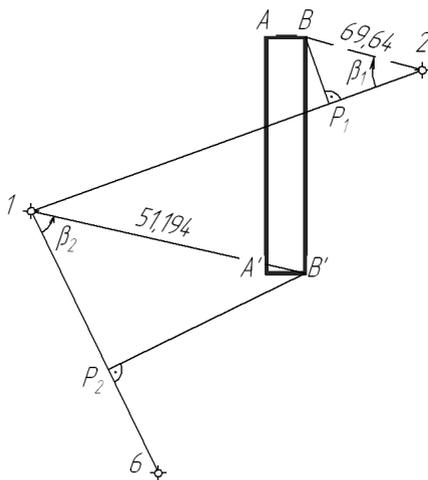


Рис. 3.3. Схема разбивки здания способом прямоугольных координат

Данный способ применяют для разбивки осей зданий и сооружений, расположенных рядом с опорным геодезическим обоснованием.

Этот способ применяют при разбивках осей зданий от станций теодолитного хода (вершин опорного хода) и от пунктов строительной координатной сетки.

Расчет разбивочных элементов для выноса на местность сооружения № 1 выполняют для продольной оси BB' . Положение точек B

и B' определяют способом прямоугольных координат от сторон 6–1 и 1–2 опорного хода.

Дирекционный угол стороны 2– B и длину этой стороны d вычисляют из решения обратной геодезической задачи между координатами вершины 2 теодолитного хода и проектными координатами точки (табл. 3.5).

Дирекционный угол стороны 1– B' и длину этой стороны вычисляют из решения обратной геодезической задачи между координатами вершины 1 теодолитного хода и проектными координатами точки (табл. 3.5).

Разбивочные расстояния 2– P_1 и P_1 – B вычисляют из треугольника P_1B2 .

Разбивочные расстояния 1– P_2 и P_2 – B' вычисляют из треугольника $P_2B'1$.

Таблица 3.5

Вычисление дирекционных углов и расстояний между опорными и проектными точками

№ п/п	2– B	1– B'	2– B	1– B'
1	$\Delta Y = Y_B - Y_2$	$\Delta Y = Y_{B'} - Y_1$	-68,73	44,10
2	$\Delta X = X_B - X_2$	$\Delta X = X_{B'} - X_1$	-11,20	-26,00
3	Номер четверти	Номер четверти	III	II
4	$tg r = \frac{\pm \Delta Y}{\pm \Delta X}$	$tg r = \frac{\pm \Delta Y}{\pm \Delta X}$	6,1366	1,69615
5	r :	r :	ЮЗ: 80°44,7'	ЮВ: 59°28,7'
6	Вычисляют α_{2-B}	Вычисляют $\alpha_{3-B'}$	260°44,7'	120°31,3'
7	$d' = \frac{\Delta X}{\cos r}$	$d = \frac{\Delta X}{\cos r}$	69,635	51,194
Контроль:				
8	$d'' = \frac{\Delta Y}{\sin r}$	$d'' = \frac{\Delta Y}{\sin r}$	69,635	51,194
9	$d' - d'' \leq 0,01$	$d' - d'' \leq 0,01$		
10	d_{cp}	d_{cp}	69,636	51,194

Вычисляют полярный угол β_1 как разность дирекционных углов направлений 2–В и 2– P_1 :

$$\beta_1 = \alpha_{2B} - \alpha_{21}; \quad \beta_1 = 260^\circ 44,7' - 240^\circ 0,0' = 20^\circ 44,7'. \quad (3.4)$$

Вычисляют разбивочные расстояния, м:

$$\begin{aligned} d_{2P_1} &= d_{2B} \cos \beta_1 = 69,636 \cdot \cos 20^\circ 44,7' = \\ &= 69,636 \cdot 0,93517 = 65,12; \\ d_{P_1B} &= d_{2B} \sin \beta_1 = 69,636 \cdot \sin 20^\circ 44,7' = \\ &= 69,636 \cdot 0,35420 = 24,66. \end{aligned} \quad (3.5)$$

Вычисляют полярный угол β_2 как разность дирекционных углов направлений 1–6 и 1– B' :

$$\beta_2 = \alpha_{1-6} - \alpha_{1B'}; \quad \beta_2 = 176^\circ 29,3' - 120^\circ 31,3' = 55^\circ 58,0'. \quad (3.6)$$

Вычисляют разбивочные расстояния, м:

$$\begin{aligned} d_{1P_2} &= d_{1B'} \cos \beta_2 = 51,194 \cdot \cos 55^\circ 58' = 51,194 \cdot 0,55968 = 28,65; \\ d_{P_2B'} &= d_{1B'} \sin \beta_2 = 51,194 \cdot \sin 55^\circ 58' = 51,194 \cdot 0,32871 = 42,42. \end{aligned} \quad (3.7)$$

Способ линейной засечки

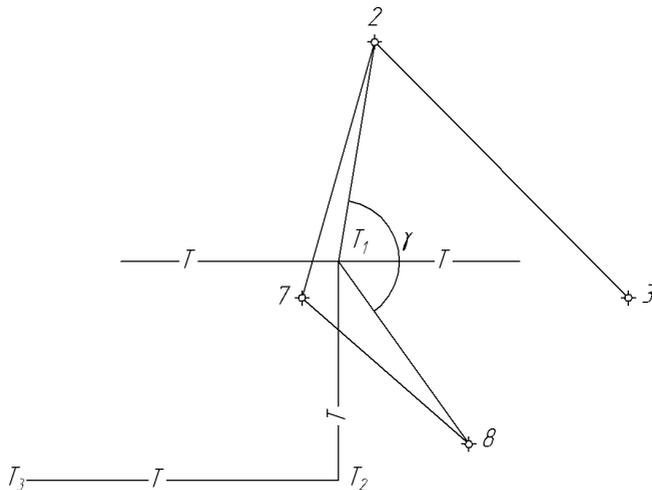


Рис. 3.4. Схема разбивки трубопровода способом линейной засечки

Данный способ применяют преимущественно для разбивки осей, если проектные расстояния не превышают длины мерного прибора. При этом используют точки теодолитных ходов и створные точки, выбираемые на сторонах ходов. Основное требование, предъявляемое к разбивочным работам этим способом заключается в том, чтобы угол при засечке находился в пределах $30^\circ < \gamma < 150^\circ$.

Точка T_1 (рис. 3.1) находится в пересечении проектных расстояний, отложенных от станции разбивочного обоснования. Разбивочные расстояния d_{2-T_1} и d_{8-T_1} вычисляют из решения обратных геодезических задач (табл. 3.6).

Таблица 3.6

Вычисление разбивочных расстояний

№ п/п	2- T_1	8- T_1	2- T_1	8- T_1
1	$\Delta Y = Y_{T_1} - Y_2$	$\Delta Y = Y_{T_1} - Y_8$	-10,50	-46,63
2	$\Delta X = X_{T_1} - X_2$	$\Delta X = X_{T_1} - X_8$	-80,40	+62,27
3	Номер четверти	Номер четверти	III	IV
4	$tgr = \frac{\pm \Delta Y}{\pm \Delta X}$	$tgr = \frac{\pm \Delta Y}{\pm \Delta X}$	0,13	0,748
5	r :	r :	ЮЗ: $7^\circ 27,6'$	СЗ: $36^\circ 47,3'$
6	$d'_{2-T_1} = \frac{\Delta X}{\cos r}$	$d_{8-T_1} = \frac{\Delta X}{\cos r}$	81,224	77,83
7	$d''_{2-T_1} = \frac{\Delta Y}{\sin r}$	$d_{8-T_1} = \frac{\Delta Y}{\sin r}$	81,225	77,82
8	d_{cp}	d_{cp}	81,22	77,82

Угол γ при засечке: $\gamma = 7^\circ 27,6' + 36^\circ 47,3' = 44^\circ 14,9' > 30^\circ$.

С целью контроля разбивки может быть вычислено расстояние от точки 7 до точки T_1 .

Способ угловой засечки

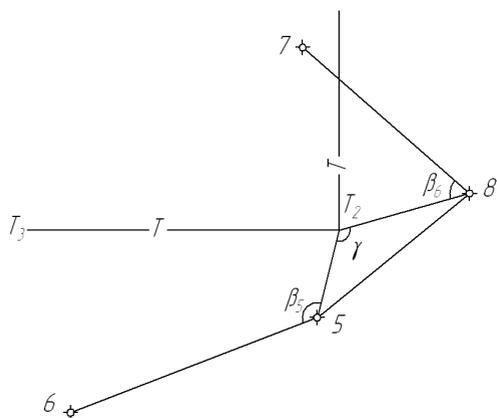


Рис. 3.5. Схема разбивки трубопровода способом угловой засечки

Способ угловой засечки применяют в основном для разбивки недоступных точек или точек, находящихся на значительном удалении от исходных пунктов. Угловые засечки выполняют не менее чем с двух точек теодолитного хода. С целью контроля разбивку производят с дополнительной точки хода.

Положение точки T_2 трубопровода определится угловой засечкой со станций 5 и 8 теодолитного хода. Для определения значения разбивочных углов β_5 и β_8 решают обратные геодезические задачи (табл. 3.7).

Таблица 3.7

Вычисление разбивочных углов

№ п/п	5– T_2	8– T_2	5– T_2	8– T_2
1	$\Delta Y = Y_{T_2} - Y_5$	$\Delta Y = Y_{T_2} - Y_8$	+8,86	-46,63
2	$\Delta X = X_{T_2} - X_5$	$\Delta X = X_{T_2} - X_8$	+30,37	-9,73
3	Номер четверти	Номер четверти	I	III
4	$tgr = \frac{\pm \Delta Y}{\pm \Delta X}$	$tgr = \frac{\pm \Delta Y}{\pm \Delta X}$	0,29174	4,7924
5	r .	r .	СВ: 16°15,8'	ЮЗ: 78°12,8'

№ П/П	5-T ₂	8-T ₂	5-T ₂	8-T ₂
6	α_{5-T_2}	α_{8-T_2}	16°15,8'	258°12,8'

Вычисляют разбивочные углы:

$$\begin{aligned} \beta_5 &= (\alpha_{5-T_2} + 360^\circ) - \alpha_{5-6}; \\ \beta_5 &= 16^\circ 15,8' + 360^\circ - 249^\circ 27,1' = 126^\circ 48,7'; \\ \beta_6 &= \alpha_{8-7} - \alpha_{8-T_2}; \\ \beta_6 &= 311^\circ 30' - 258^\circ 12,8' = 53^\circ 17,2'. \end{aligned} \quad (3.8)$$

Вычисляют угол засечки γ , который должен находиться в пределах $30^\circ < \gamma < 150^\circ$:

$$\begin{aligned} \gamma &= \alpha_{T_2-5} - \alpha_{T_2-8} = (16^\circ 15,8' + 180^\circ) - \\ &- (258^\circ 12,8' - 180^\circ) = 118^\circ 03' < 150^\circ. \end{aligned} \quad (3.9)$$

Таблица 3.8

Координаты и направления сторон теодолитного хода

Номера точек	Дирекционные углы	Румбы	Горизонтальные проложения, м	Координаты	
				X, м	Y, м
1				+275,00	+275,00
	59°58,7'	СВ: 59°58,7'	130,31		
2				+340,20	+387,83
	135°37,5'	ЮВ: 44°22,5'	128,40		
3				+248,42	477,63
	192°24,7'	ЮЗ: 12°24,7'	132,50		
4				+119,02	+449,15
	295°18,7'	СЗ: 64°41,3'	89,84		
5				+157,43	+367,94
	249°28,4'	ЮЗ: 69°28,4'	89,44		
6				+126,07	+284,18
	356°28,4'	СЗ: 3°31,6'	149,21		
	197°15,7'	ЮЗ: 17°15,7'	91,36		
7				+252,95	+360,72
	131°28,1'	ЮВ: 48°31,9'	83,69		
8				+197,53	+423,43
	234°08,8'	ЮЗ: 54°08,8'	68,46		

Варианты построения углов и линий при разбивке зданий и сооружений

1. Построение прямого угла мерной лентой (рулеткой)

Для разбивки временных зданий, не требующей большой точности, необязательно применять угломерный инструмент. Построить прямой угол можно при помощи стальной мерной ленты.

Допустим, требуется построить прямой угол на линии AB в точке A (рис. 3.6, a). Для этого на линии отмеряем лентой отрезок, равный 6,00 м, и фиксируем точку C . Конец ленты укрепляем в точке A и радиусом, равным 8,0 м, проводим на местности мерной шпилькой дугу MN ; затем переносим конец ленты в точку C и радиусом 10 м проводим дугу PQ .

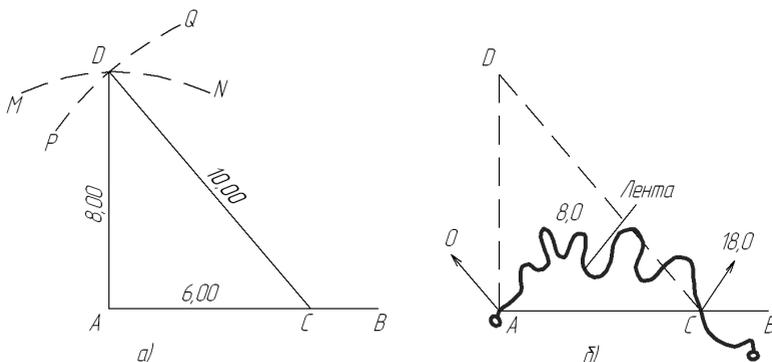


Рис. 3.6. Схема построения прямого угла: а – с помощью ленты; б – способом египетского треугольника

Пересечение двух дуг MN и PQ даст точку D , являющуюся вершиной прямоугольного треугольника ADC с катетами 6,0 и 8,0 м и гипотенузой 10,0 м.

Прямой угол можно построить по способу египетского треугольника при других или тех же сторонах треугольника. Например, при тех же сторонах прикладывают конец ленты с надписью O к точке A , а место, где стоит надпись 18 м, – к точке C . Затем, взяв ленту за надпись 8, ее вытягивают и получают точку D (рис. 3.6, b). Однако способ египетского треугольника менее точен.

2. Опустить перпендикуляр из точки на линию с помощью мерной ленты

Предположим, что точка P (рис. 3.7) находится от линии MN на расстоянии, которое меньше длины мерного прибора. Приложим один конец мерной ленты к точке P , а другим концом сделаем засечки на линии MN в двух местах — m и n . Затем промеряем отрезок mn и делим его пополам, в результате чего получим точку D . Отрезок DP будет искомым перпендикуляром к линии MN .

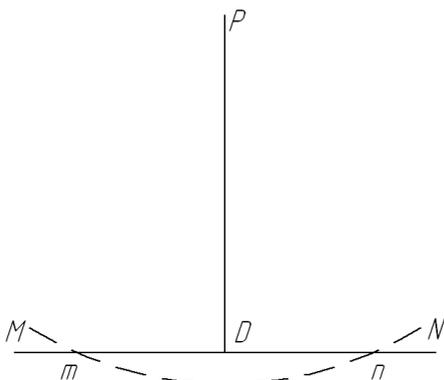


Рис. 3.7. Схема построения перпендикуляра с помощью мерной ленты

3. Определение на местности величины угла

Допустим, имеется на местности острый угол AOB (рис. 3.8); требуется определить его величину при помощи ленты. Эта задача может быть решена различными способами. Например, от точки O на стороне OA и OB отложим равные отрезки и получим точки C и D . Затем промеряем отрезок DC . В полученном треугольнике DOC известны все три стороны. Такой треугольник можно решить аналитически по правилам тригонометрии и определить все три угла. Значение углов можно определить и графически транспортиром, построив треугольник на бумаге в любом масштабе, если не требуется большая точность.

Эту же задачу можно решить и другим способом. В точке C (рис. 3.8) лентой строим прямой угол и продолжаем перпендикуляр до встречи с линией OB в точке E ; измеряем катет CE и получаем, таким образом, прямоугольный треугольник COE с известными катетами.

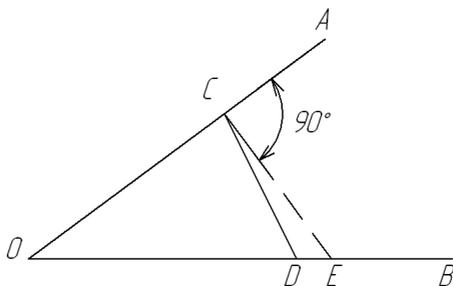


Рис. 3.8. Схема определения величины угла с помощью мерной ленты

Эта задача может быть решена при помощи ленты и эккера.

Задание к практическому занятию 3: выполнить расчет разбивочных элементов и составить схемы разбивки и вынос проекта сооружения на местность.

Вопросы для самоконтроля

1. В чем заключается перенесение проекта в натуру?
2. Какова последовательность разбивочных работ?
3. Что такое «красные линии» застройки?
4. В чем заключается сущность обратной геодезической задачи?
5. Какие способы разбивки применяют для выноса основных осей сооружений?
6. В чем заключается аналитическая подготовка проекта для выноса его в натуру?
7. Как контролируют точность выноса проекта сооружения в натуру?

Тесты

1. Геодезические разбивочные работы — это:
 - 1) совокупность геодезических работ по переносу проекта сооружения в натуру;
 - 2) совокупность геодезических работ по составлению топографического плана участка застройки;
 - 3) совокупность геодезических работ по определению положения на местности характерных точек и плоскостей построенного сооружения;

4) совокупность геодезических работ по определению соблюдения проектных геометрических параметров строящегося сооружения.

2. Основные геодезические инструменты, необходимые для проведения геодезических разбивочных работ:

- 1) светодальномеры, лазерные рулетки;
- 2) мензурный комплект;
- 3) электронные или оптические теодолиты, нивелиры, рулетки, мерные ленты;
- 4) эккеры, эклиметры, дальномерные насадки, уровни, базисные комплекты.

3. Главная геодезическая основа для производства разбивочных работ:

- 1) плановые и высотные пункты геодезических сетей, строительной координатной сетки, твёрдые контуры местных предметов, красные линии;
- 2) съёмочные теодолитные и нивелирные ходы, проложенные на стадии инженерных изысканий под строительство;
- 3) оси дорог, проездов, трубопроводов;
- 4) характерные точки местных предметов и рельефа.

4. Виды геодезических разбивочных работ:

- 1) топографическая съёмка ситуации местности и рельефа;
- 2) разработка проекта производства разбивочных работ и составление рабочих чертежей;
- 3) три этапа геодезических разбивочных работ: а) графическое определение по топографическому плану и определение положения на местности (в натуре) будущего сооружения; б) детальная разбивка сооружаемого объекта; в) разбивка осей для установки технологического оборудования;
- 4) разработка проекта вертикальной планировки.

5. Требования к точности геодезических разбивочных работ в процессе определения местоположения будущего сооружения:

- 1) разбивочные работы выполняются с высокой требовательностью к точности местоположения, выражающейся в мм;

- 2) разбивочные работы выполняются тщательно, но точность местоположения сооружений может выражаться в см, так как данные для их «посадки» берутся графически с топографического плана;
- 3) построение проектных углов, расстояний и вынос проектных отметок производится с технической точностью;
- 4) разбивочные работы на первоначальном этапе ведутся высокоточными теодолитами, нивелирами и мерными приборами.

6. Строительная координатная сетка – это:

- 1) координатная система квадратов и прямоугольников, образованная продольными и поперечными осями сооружений;
- 2) координатная система квадратов и прямоугольников со сторонами 100–200 м, параллельными главным осям сооружений;
- 3) комплекс строящихся сооружений, заключенный в общий квадрат или прямоугольник, стороны которого параллельны главным осям основных сооружений;
- 4) сеть плановых и высотных пунктов в частной системе координат, созданная для крупного строительного комплекса.

7. Строительная координатная сетка в основном предназначена:

- 1) для облегчения геодезических разбивочных работ;
- 2) для выноса в натуру основных, главных осей сооружения и является планово-высотной основой для проведения в процессе и по окончании строительства исполнительных съёмок;
- 3) для упрощения геодезической подготовки проекта;
- 4) для обеспечения проектной компоновки объектов при строительстве крупных комплексов.

Тема 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫСОТЫ И ВЕРТИКАЛЬНОСТИ СООРУЖЕНИЯ

Практические занятия 4, 5

Цель работы – научиться определять крен сооружения (дымовой трубы, колонны, опоры, угла дома, столба и др.) и высоты здания в соответствии с требуемой точностью.

Студент должен

знать:

- порядок выполнения поверок и юстировки осей теодолита, обеспечивающих необходимую точность выполнения данной инженерной задачи;
- применяемые инструменты и технологию выполнения инженерной задачи в соответствии с требуемой точностью;

уметь выполнить все необходимые полевые измерения, обеспечивая требуемую точность угловых и линейных измерений;

владеть навыками выполнения поверок и юстировки теодолита, компарирования мерных лент, работы с инструментами.

Инструменты: теодолит, штатив, мерная лента, нитяной (оптический) отвес, колышки.

Определение высоты сооружения при доступном расстоянии

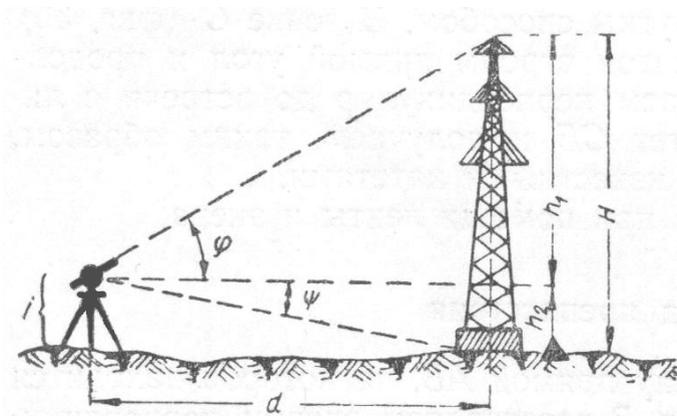


Рис. 4.1. Определение высоты сооружения

Этот способ применяется в тех случаях, когда не требуется знать высоту сооружения с большой точностью, например, для определения высоты проводов линий связи и электропередач, дымовых труб и др.

Порядок выполнения работ

1. Теодолит устанавливают от здания на расстоянии, примерно равном двойной высоте сооружения.

2. Расстояние d от теодолита до здания измеряют мерной лентой с учётом поправок.

3. Вычисляют высоту здания: $H = d(\operatorname{tg}\varphi + \operatorname{tg}\psi)$. Для этого становятся с теодолитом на расстоянии d от сооружения и измеряют вертикальные углы φ и ψ при обоих кругах инструмента (рис. 4.1). Из чертежа видно, что

$$h_1 = d\operatorname{tg}\varphi; \quad h_2 = d\operatorname{tg}\psi \quad (4.1)$$

откуда

$$H = h_1 + h_2 = d(\operatorname{tg}\varphi + \operatorname{tg}\psi). \quad (4.2)$$

Пример

Дано: $d = 60,00$ м; $\varphi = 21^\circ 48' 10''$ ($\operatorname{tg}\varphi = 0,40003$); $\psi = 1^\circ 50' 00''$ ($\operatorname{tg}\psi = 0,03201$). Требуется определить высоту сооружения H , м:

$$d\operatorname{tg}\varphi = 60,00 \cdot 0,40003 = 24,00;$$

$$d\operatorname{tg}\psi = 60,00 \cdot 0,03201 = 1,92;$$

$$H = 24,00 + 1,92 = 25,92.$$

Определение высоты сооружения при недоступном расстоянии

Порядок выполнения работ:

1. Разбить и измерить базис A_1B_1 (рис. 4.2).

2. В начальной и конечной точках базиса измерить горизонтальные углы α и β , и решением треугольника вычислить расстояния до здания l_1 и l_2 .

3. Одновременно с измерением горизонтальных углов с концов базиса, измерить вертикальные углы γ и γ' ; φ и φ' на верхнюю A и нижнюю C точки здания.

4. Вычислить высоту здания дважды: с одного и второго конца базиса.

5. За окончательное значение принимают среднее арифметическое, если относительная погрешность не превышает 15 мм из двух измерений.

Разбивают базис A_1B_1 (рис. 4.2) в стороне от сооружения и с точек A_1 и B_1 измеряют теодолитом горизонтальные углы α и β и вертикальные φ , φ' и γ , γ' (при двух положениях вертикального круга).

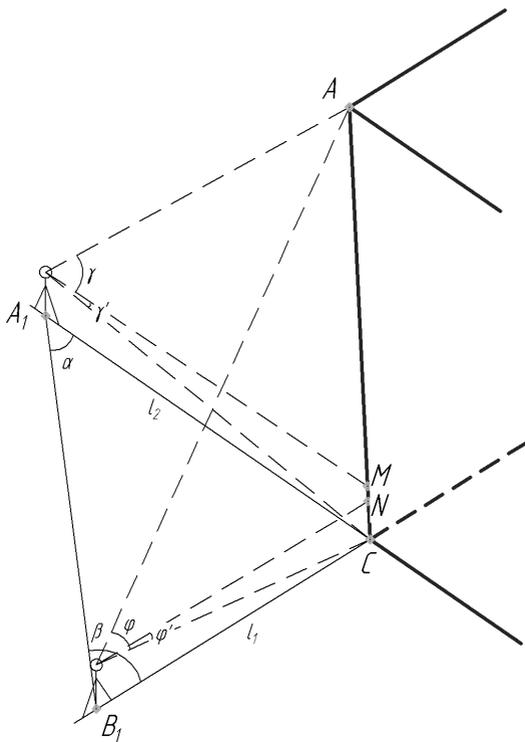


Рис. 4.2. Схема определения недоступного расстояния

В треугольнике A_1CB_1 , лежащем в горизонтальной плоскости, определим длины сторон l_1 и l_2 :

$$\frac{l_1}{\sin \alpha} = \frac{A_1 B_1}{\sin(\alpha + \beta)}; \quad l_1 = A_1 B_1 \frac{\sin \alpha}{\sin(\alpha + \beta)};$$

$$\frac{l_2}{\sin \beta} = \frac{A_1 B_1}{\sin(\alpha + \beta)}; \quad l_2 = A_1 B_1 \frac{\sin \beta}{\sin(\alpha + \beta)}.$$
(4.3)

Высота сооружения AC будет $AC = AN + NC$. С другой стороны $AC = AM + MC$.

$$AM = l_2 \operatorname{tg} \gamma; \quad AN = l_1 \operatorname{tg} \varphi;$$

$$MC = l_2 \operatorname{tg} \gamma'; \quad NC = l_1 \operatorname{tg} \varphi'.$$
(4.4)

Таким образом, высота сооружения AC будет определена дважды:

$$AC = l_1 \operatorname{tg} \varphi + l_1 \operatorname{tg} \varphi' = l_1 (\operatorname{tg} \varphi + \operatorname{tg} \varphi');$$

$$AC = l_2 \operatorname{tg} \gamma + l_2 \operatorname{tg} \gamma' = l_2 (\operatorname{tg} \gamma + \operatorname{tg} \gamma').$$
(4.5)

Разность служит контролем определения высоты сооружения.

Для более точного определения высоты сооружения необходимо брать не один, а два или три базиса, которые надлежит измерять очень тщательно, т. е. по правилам измерения длин в полигонометрии; углы должны также измеряться точным инструментом с соблюдением установленных правил для точных измерений.

Пример

Дано: $\alpha = 36^\circ 27' 20''$; $\sin \alpha = 0,59420$; $\beta = 40^\circ 25' 30''$; $\sin \beta = 0,64845$;
 $\alpha + \beta = 76^\circ 52' 50''$; $\sin(\alpha + \beta) = 0,97390$; $A_1 B_1 = 85,00$ м; $\varphi = 24^\circ 50' 00''$;
 $\operatorname{tg} \varphi = 0,46277$; $\gamma = 23^\circ 15' 50''$; $\operatorname{tg} \gamma = 0,42992$; $\gamma' = 1^\circ 10'$; $\operatorname{tg} \gamma' = 0,02036$;
 $\varphi' = 1^\circ 37'$; $\operatorname{tg} \varphi' = 0,02822$

Находим значения l_1 и l_2 , м:

$$l_1 = A_1 B_1 \frac{\sin \alpha}{\sin(\alpha + \beta)} = 85,00 \cdot \frac{0,59420}{0,97390} = 51,86;$$

$$l_2 = A_1 B_1 \frac{\sin \beta}{\sin(\alpha + \beta)} = 85,00 \cdot \frac{0,64845}{0,97390} = 56,59.$$

Находим значения AM и MC ; AN и NC , м:

– из точки B_1 :

$$AN = l_1 \operatorname{tg} \varphi = 51,86 \cdot 0,46277 = 24,00;$$

$$NC = l_1 \operatorname{tg} \varphi' = 51,86 \cdot 0,02822 = 1,46;$$

– из точки A_1 :

$$AM = l_2 \operatorname{tg} \gamma = 56,59 \cdot 0,42992 = 24,33;$$

$$MC = l_2 \operatorname{tg} \gamma' = 56,59 \cdot 0,02036 = 1,15.$$

Высота сооружения, м:

$$AC = AN + NC = 24,00 + 1,46 = 25,46 ;$$

$$AC = AM + MC = 24,33 + 1,15 = 25,48 .$$

За окончательное значение принимаем среднее:

$$AC_{cp} = \frac{1}{2}(25,46 + 25,48) = 25,47 \text{ м} .$$

Проверка вертикальности сооружения

1. Определяют высоту сооружения $H = BB_1$ описанным выше способом.

2. Теодолит устанавливают в точке A (рис. 4.3) на расстоянии, примерно равном двойной высоте сооружения, проектируют верхнюю точку B сооружения в горизонтальную плоскость основания (в точку B_1) и измеряют линейную величину l_1 крена сооружения по горизонтальной реечке, расположенной перпендикулярно к визирной оси теодолита.

3. Аналогичные действия выполняют со второй точки C , примерно в перпендикулярной плоскости, и измеряют вторую линейную составляющую l_2 крена сооружения.

4. Вычисляют общую линейную величину крена l :

$$l = \sqrt{l_1^2 + l_2^2} . \quad (4.6)$$

5. Вычисляют крен i в относительной мере:

$$i = \frac{l}{H} . \quad (4.7)$$

6. Вычисляют угол крена в угловой мере φ :

$$\varphi = i \cdot \rho , \quad (4.8)$$

где $\rho'' \cong 206265''$ – радианная мера угла.

Определение крена сооружения

Крен – вид деформации, свойственный сооружениям башенного типа. Появление крена может быть вызвано как неравномерностью осадки сооружения, так и изгибом с наклоном верхней его части из-за одностороннего его нагрева и ветрового давления. В связи с этим полную информацию о кренах и изгибах можно получить лишь по результатам совместных наблюдений за положени-

ем фундамента и корпуса башенного сооружения. В зависимости от вида и высоты сооружения, технических требований и условий наблюдений для определения крена применяют различные способы.

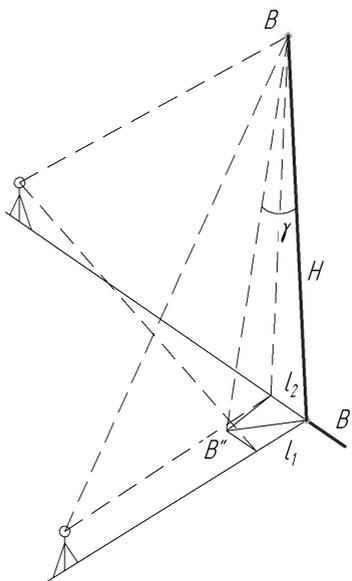


Рис. 4.3. Схема определения крена сооружения

При наблюдениях за кренами зданий и сооружений предельные ошибки измерений не должны превышать: для стен гражданских и промышленных зданий – $0,0001H$; для дымовых труб, башен, мачт – $0,0005H$; где H – высота сооружения.

Наиболее просто крен определяется с помощью отвеса или прибора вертикального проектирования (оптического и лазерного). Этот способ применяется в основном при возведении башенных сооружений, когда можно встать над его центром.

В сложных условиях, особенно для сооружения большой высоты, для определения крена применяют способы вертикального проектирования.

При использовании отвеса для определения крена нить закрепляют сверху сооружения (рис. 4.4, а) и по её отклонению от сооруже-

ния определяют абсолютную величину крена l при помощи шкаловых устройств, например, линейки с миллиметровыми делениями.

Крен в относительной мере выразится формулой

$$i = \frac{l}{H}, \quad (4.9)$$

где H – высота сооружения.

Этот простой способ обеспечивает требуемую точность при высоте сооружения до 15 м. Определение крена сооружения может быть выполнено с помощью теодолита, установленного над постоянным знаком примерно в расстоянии двойной высоты сооружения. Зрительную трубу наводят на заметную верхнюю точку сооружения B (рис. 4.4, *a*) и, опустив трубу вниз, отмечают проекцию этой точки B_0 на горизонтальной реечке, расположенной перпендикулярно визирной линии теодолита. Аналогично определяют величину крена в другой вертикальной плоскости, перпендикулярной первоначальной. Если в первой плоскости величина крена была равной l_1 , а в другой – l_2 , то общая величина крена будет равна

$$l = \sqrt{l_1^2 + l_2^2}. \quad (4.10)$$

Для определения изменения величины и направления крена проводят цикл наблюдений через определённые промежутки времени с одних и тех же постоянных знаков.

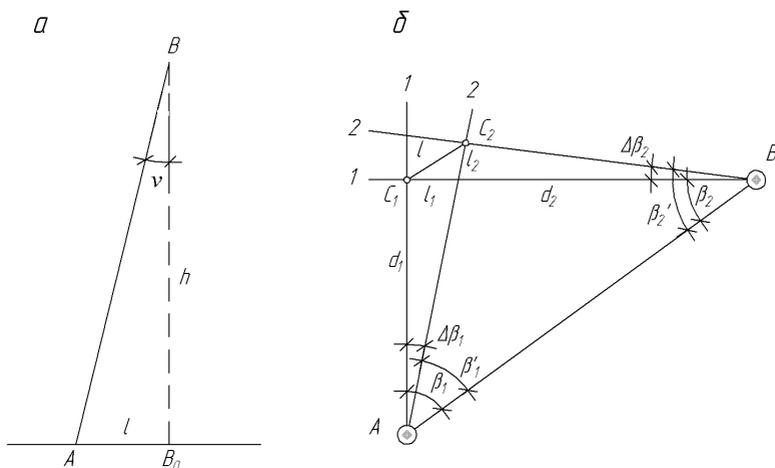


Рис. 4.4. Схемы определения крена сооружения: а – вертикальным проектированием; б – способом горизонтальных углов

Для определения кренов сооружений применяют оптические приборы вертикального визирования с уровнем для приведения визирной оси в отвесное положение.

С помощью таких приборов крены сооружений высотой до 100 м можно определить с точностью до 1 мм.

Крен сооружения можно определить *способом координат*, для чего вокруг сооружения, на расстоянии около трёх высот, прокладывают замкнутый полигонометрический ход и вычисляют в частной системе координаты трёх-четырёх постоянно закрепленных на местности пунктов. С этих пунктов прямой засечкой определяют координаты заметной точки на вершине сооружения. По разности координат между текущим и начальным циклами наблюдений находят составляющие приращения крена за данный промежуток времени:

$$\Delta x = x_i - x_0; \quad (4.11)$$

$$\Delta y = y_i - y_0,$$

полную величину приращения крена и его направление:

$$l = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}; \quad (4.12)$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta y}{\Delta x}.$$

Для наблюдений за изменениями величины крена высотных зданий и сооружений целесообразно пользоваться *способом горизонтальных углов*. В этом случае с закрепленных на местности пунктов *A* и *B* (рис. 4.4, б), находящихся в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, периодически измеряют высокоточным теодолитом углы между опорными направлениями *AB* и *BA* и направлениями на наблюдаемую верхнюю точку сооружения *C*. По разности углов между циклами измерений и горизонтальному проложению до наблюдаемой точки, которое определяют прямой засечкой из пунктов *A* и *B*, определяют составляющие крена l_1 и l_2 из равенств

$$l_1 = \frac{d_1 \Delta \beta_1''}{\rho''}; \quad l_2 = \frac{d_2 \Delta \beta_2''}{\rho''}, \quad (4.13)$$

где $\rho'' \cong 206265''$ – радианная мера угла.

Полную величину крена l определяют по формуле (4.10), а отношение линейной величины крена к высоте сооружения даёт крен в относительной мере и вычисляется по формуле (4.9).

Задание к практическим занятиям 4, 5: определить высоту и вертикальность заданного преподавателем сооружения.

Вопросы для самоконтроля

1. Как определить высоту сооружения с помощью теодолита и мерной ленты?
2. Особенности определения вертикальности с помощью теодолита.
3. Какие существуют способы определения кренов?
4. В чем заключается суть способа координат?
5. В чем заключается суть способа горизонтальных углов?
6. Какая максимальная погрешность допускается при определении вертикальности?
7. Как определяется высота здания при доступном/недоступном расстоянии?

Тесты

1. Крен – это

- 1) неравномерная осадка сооружения;
- 2) просадка здания;
- 3) вид деформации, свойственный сооружениям башенного типа;
- 4) наклон верхней части сооружения.

2. Способы определения крена:

- 1) способ горизонтальных углов;
- 2) фотограмметрический метод определения деформации;
- 3) способ координат;
- 4) способы горизонтальных углов и координат.

3. Наиболее простой способ определения крена:

- 1) с помощью отвеса;
- 2) с помощью мерной ленты;
- 3) с помощью прибора вертикального проектирования;
- 4) с помощью отвеса или прибора вертикального проектирования.

4. В каких случаях применяют способ горизонтальных углов?

- 1) при удалении станции наблюдения от здания более чем на 150 м;
- 2) при удалении станции наблюдения от здания более чем на 100 м;

- 3) если основание сооружения закрыто для наблюдений;
- 4) во всех вышеперечисленных случаях.

5. Причины возникновения крена:

- 1) неравномерная осадка сооружения;
- 2) изгиб и наклон верхней части сооружений;
- 3) односторонний температурный нагрев и ветровое давление;
- 4) все вышеперечисленное.

6. При наблюдениях за кренами стен гражданских и промышленных зданий предельные ошибки измерений не должны превышать:

- 1) $0,0001H$;
- 2) $0,0003H$;
- 3) $0,0005H$;
- 4) $0,0007H$.

7. Каким способом целесообразно пользоваться для наблюдений за изменениями величины крена высотных зданий и сооружений?

- 1) отвеса;
- 2) координат;
- 3) горизонтальных углов;
- 4) всеми вышеперечисленными.

Тема 5. ПЕРЕДАЧА ОТМЕТОК НА ДНО КОТЛОВАНА И НА МОНТАЖНЫЕ ГОРИЗОНТЫ С ПОМОЩЬЮ НИВЕЛИРА

Практические занятия 6, 7

Цель работы – усвоить принцип передачи отметок на дно котлована или на монтажные горизонты с помощью нивелира.

Студент должен

знать:

- порядок передачи отметок в котлован и на монтажные горизонты;
- применяемые инструменты и технологию выполнения инженерной задачи в соответствии с требуемой точностью;

уметь выполнить все необходимые измерения, обеспечивая требуемую точность передачи отметок;

владеть навыками выполнения работы с геодезическими приборами и инструментами разной точности.

Инструменты: нивелиры, штатив, рейка, подвесная стальная рулетка, имеющая миллиметровые деления по всей длине.

Основные положения

Задача геодезических разбивочных работ на этажах заключается в построении установочных рисок, фиксирующих плановое или высотное проектное положение конструкций или их элементов.

Перед началом монтажа стеновых панелей в жилых зданиях определяют монтажный горизонт для данного этажа – отметка установки низа стеновых панелей. За монтажный горизонт принимают уровень, превышающий наименьшую отметку верха панелей предыдущего этажа не более чем на 10 мм; при этом общая толщина горизонтального шва не должна превышать 30 мм. Это обусловлено тем, что подрубка конструкций невозможна, а подливка бетонным раствором или металлические прокладки допускаются к применению для выравнивания высотного положения опорных плоскостей элементов и конструкций. Монтажный горизонт для домов протяженностью менее 100 м устанавливают единым на весь дом; при протяженности домов более 100 м монтажный горизонт устанавливают единым на участке между температурными швами.

Монтажный горизонт определяют по результатам нивелирования от рабочих реперов разбивочной основы, создаваемой на перекрытии этажа. После этого устанавливают маяки на местах монтажа панелей (по два маяка на каждую панель) в соответствии с высотой монтажного горизонта в заданных точках.

Внутренняя разбивочная сеть здания создается в виде сети геодезических пунктов на исходном и монтажных горизонтах здания.

Создание внутренней разбивочной сети здания на исходном горизонте следует выполнять с привязкой к пунктам внешней разбивочной сети, а на монтажном горизонте – к пунктам внутренней разбивочной сети исходного горизонта.

Правильность выполнения разбивочных работ должна проверяться путем проложения контрольных геодезических ходов (в направлениях, не совпадающих с принятыми при разбивке) с точностью не ниже, чем при разбивке.

Предельные (допустимые) отклонения следует определять по формуле

$$\delta = tm, \quad (5.1)$$

где t – коэффициент, равный 2; 2,5; 3, определяется при разработке проекта производства работ или проекта производства геодезических работ в соответствии с заданной точностью разбивочных работ; m – средняя квадратическая погрешность точности инструмента.

Разбивочные оси, монтажные (ориентирные) риски следует наносить от знаков внешней или внутренней разбивочных сетей здания. Количество разбивочных осей, монтажных рисков, маяков, места их расположения, способ закрепления следует указывать в проекте производства работ или в проекте производства геодезических работ.

Передачу точек плановой внутренней разбивочной сети здания с исходного на монтажный горизонт следует выполнять методами наклонного или вертикального проектирования (проецирования) в зависимости от высоты здания и его конструктивных особенностей. Точность передачи точек плановой внутренней разбивочной сети здания с исходного на монтажный горизонт следует контролировать путем сравнения расстояний и углов между соответствующими пунктами исходного и монтажного горизонтов.

Высотную разбивку положения конструкций здания, а также перенесение отметок с исходного горизонта на монтажный, как правило, следует выполнять методом геометрического нивелирования или другим методом (обеспечивающим соответствующую точность) от реперов разбивочной сети здания. Количество реперов, от которых переносят отметки, должно быть не менее двух.

При выполнении работ по передаче отметок с исходного горизонта на монтажные отметки реперов на исходном горизонте здания надлежит принимать неизменными независимо от осадок основания. Отступление от этого требования допустимо при наличии специальных обоснований в проектной документации.

Перенесенные на монтажный горизонт отметки должны быть в пределах отклонений, которые определяются по формуле (см. выше).

Результаты измерений и построений при создании внутренней разбивочной сети на исходном и монтажных горизонтах следует фиксировать. Необходимо составить схемы местоположения знаков, закрепляющих оси, отметки и ориентиры.

Передача отметок на дно котлована

При передаче отметки с одного монтажного горизонта на другой, когда разность высот превышает длину нивелирной рейки, применяют стальные рулетки или ленты с подвешенным грузом.

1. К установленному на бровке котлована кронштейну прикрепляют стальную рулетку (рис. 5.1). К нулевому концу рулетки крепят груз 10 кг и погружают его в ведро с жидкостью.

2. Рейки устанавливают на репере и на колышке, забитом на дне котлована.

3. Нивелирование выполняют, как правило, двумя нивелирами, один из которых устанавливают на дне котлована, а другой – на исходном горизонте.

4. Отсчеты по рулетке b_1 и b_2 берут по нивелирам одновременно двумя наблюдателями, отсчеты a и c – по верхней и нижней рейкам. Рулетка во время снятия отсчетов должна быть неподвижна. Если в распоряжении имеется только один нивелир, необходимо производить измерения несколько раз (не менее трех), обеспечивая неподвижность рулетки на протяжении всего цикла измерений.

Вычисляют отметку репера на дне котлована:

$$H_{Rp2} = a - (b_2 - b_1) - c, \quad (5.2)$$

где H_{Rp} – высота репера.

В отсчеты по рулетке должны быть внесены поправки за ее температуру и компарирование.

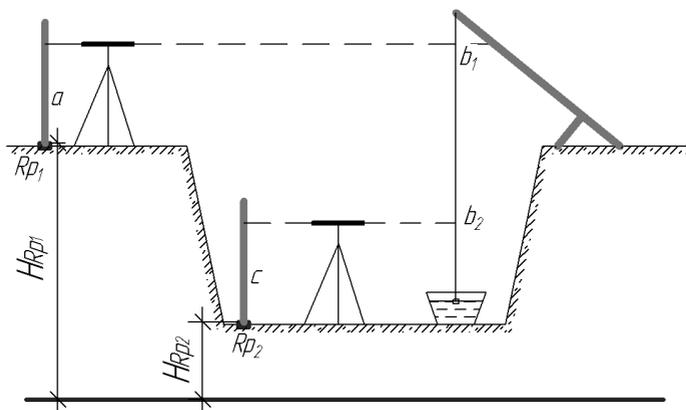


Рис. 5.1. Схема передачи отметки на дно котлована

Передача отметки на монтажный горизонт осуществляется аналогично.

1. Берут отсчет a по черной стороне первой рейки (рис. 5.2), установленной на репере, вычисляют высоту горизонта нивелира (отметку луча визирования):

$$H_{Rp2} = H_{Rp1} + a + (c - d) - b. \quad (5.3)$$

По возможности горизонт прибора определяют с контролем от двух ближайших реперов.

2. Вычитая из высоты горизонта прибора проектную отметку, получают отсчет по рейке, установленной на проектной точке. Для закрепления отметки устанавливают отсчет по рейке II, соответствующий величине b . Пятка рейки указывает положение проектной точки. На стене, опалубке, столбах проектную отметку закрепляют краской.

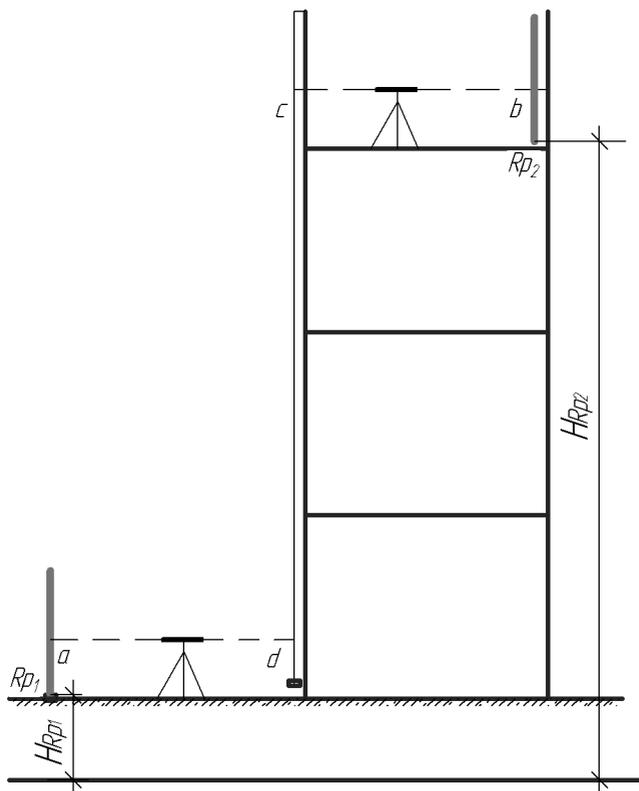


Рис. 5.2. Схема передачи отметки на монтажный горизонт

Задание к практическим занятиям 6, 7: выполнить передачу отметок на дно котлована (на монтажные горизонты) с помощью нивелира.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое монтажный горизонт?
2. Какие инструменты применяют для передачи отметок на монтажный горизонт при небольшой высоте здания и при строительстве высотных сооружений?
3. Какие погрешности вводят в измерительные приборы при передаче отметок на монтажные горизонты?
4. Что служит плановой разбивочной основой на монтажном горизонте?

5. Что служит высотной разбивочной основой на монтажном горизонте?
6. Порядок передачи отметок от исходного репера в котлован.
7. Порядок передачи отметок от исходного репера на монтажный горизонт.

Тесты

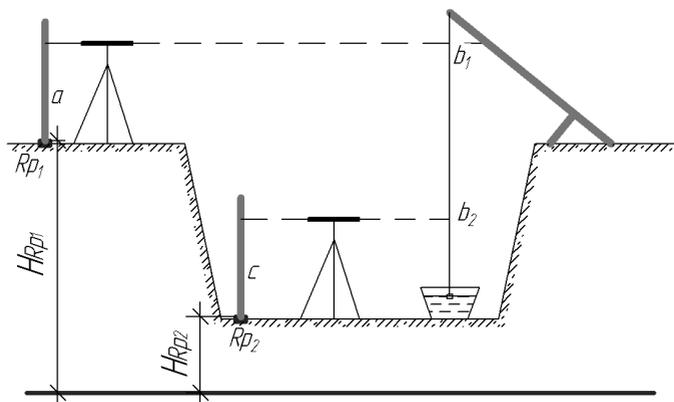
1. Монтажный горизонт – это

- 1) плановая разбивочная основа на исходном горизонте;
- 2) горизонт монтажной площадки по завершении строительства;
- 3) условная плоскость, проходящая через опорные площадки возведенных несущих конструкций яруса надземной части здания.

2. Отметки реперов на исходном горизонте здания следует принимать неизменными:

- 1) независимо от осадок основания;
- 2) в зависимости от осадок основания;
- 3) независимо от осадок основания, если нет специальных обоснований в проектной документации.

3. Вычисление отметки репера на дне котлована производится по формуле



- 1) $H_{pn2} = H_{pn1} + a - b_2 + b_1 - c$;
- 2) $H_{pn2} = H_{pn1} - a - b_2 + b_1 + c$;
- 3) $H_{pn2} = H_{pn1} + a + b_2 - b_1 - c$;
- 4) $H_{pn2} = H_{pn1} - a + b_2 - b_1 + c$.

4. Поправки в отсчеты по рулетке должны быть внесены:

- 1) за ее температуру;
- 2) компарирование;
- 3) температуру и компарирование;
- 4) вышеперечисленное неверно.

5. За монтажный горизонт принимают уровень, превышающий наименьшую отметку верха панелей предыдущего этажа не более чем:

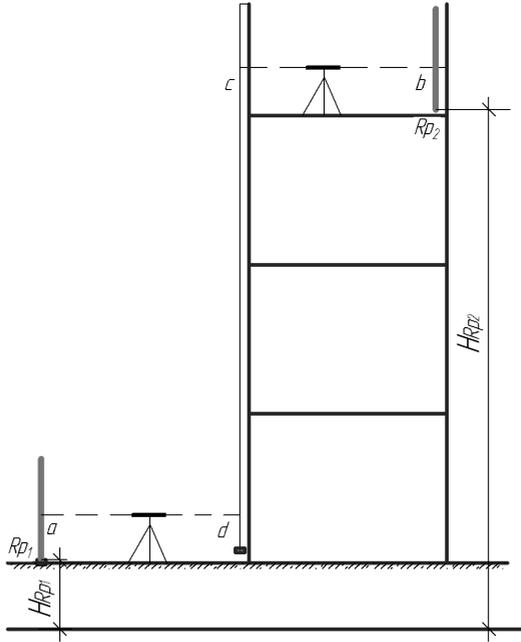
- 1) на 10 мм;
- 2) 30 мм;
- 3) 20 мм;
- 4) 40 мм.

6. Предельные отклонения определяются по формуле (где $t = 2 \div 3$):

- 1) $\delta = \frac{t}{m}$;
- 2) $\delta = \frac{t}{2m}$;
- 3) $\delta = t \cdot m$;
- 4) $\delta = 2 \cdot t \cdot m$.

7. Отметку репера на монтажном горизонте вычисляют по формуле

- 1) $H_{pn2} = H_{pn1} + a + c - b - d$;
- 2) $H_{pn2} = H_{pn1} - a - c + b + d$;
- 3) $H_{pn2} = -H_{pn1} + a - c + b - d$;
- 4) $H_{pn2} = H_{pn1} - a + c - b + d$.



Тема 6. ДЕТАЛЬНАЯ РАЗБИВКА КРУГОВЫХ КРИВЫХ СПОСОБОМ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ КООРДИНАТ И СПОСОБОМ ПОЛЯРНЫХ КООРДИНАТ

Практические занятия 8, 9

Цель работы – научиться выполнять детальную разбивку кривой способами прямоугольных координат и полярных координат в соответствии с требуемой точностью.

Студент должен

знать:

- способы детальной разбивки кривой;
- порядок расчета разбивочных элементов;
- главные точки и элементы круговой кривой;

уметь:

- выполнять расчеты разбивочных элементов для каждого способа разбивки кривой;
- вынести на местность кривую в соответствии с разбивочными элементами;
- проконтролировать точность выполненных расчетных и полевых разбивочных работ;

владеть навыками камеральных вычислений разбивочных элементов и навыками выноса круговой кривой на местность.

Инструменты: теодолит, штатив, мерная лента (рулетка), визирные цели.

Основные положения

Для обеспечения плавного перехода с одного направления трассы на другое служат кривые. Для сопряжения двух прямых наиболее удобной кривой является круговая кривая, имеющая во всех своих точках одну и ту же кривизну и, следовательно, один и тот же радиус.

Для производства расчетов и для разбивки на местности необходимо знать шесть элементов круговой кривой.

Угол поворота θ вычисляют по измеренному горизонтальному углу или непосредственно измеряют на местности теодолитом. Ра-

диус R назначают в зависимости от характера местности и технических условий проектирования линейных сооружений и зданий, имеющих закругления.

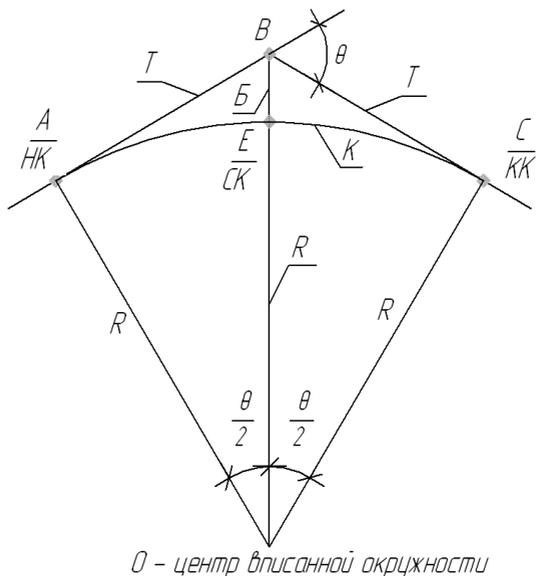


Рис. 6.1. Схема разбивки главных точек кривой: θ – угол поворота; R – радиус кривой; T – тангенс; K – длина кривой; B – отрезок биссектрисы; D – домер

Главными точками закругления являются начало A , середина E и конец кривой C (сокращённо HK , $СК$ и KK). Для разбивки кривой от вершины угла поворота B необходимо отложить отрезки $BA = BC = T$, а вдоль биссектрисы угла $(180^\circ - \theta)$ – отрезок BE . Эти отрезки обозначают соответственно через T и B и называют: тангенс, биссектриса кривой. Кроме того, необходимо знать длину кривой K и величину домера D (разность между двумя тангенсами и кривой).

Разбивку кривой по трем главным точкам выполняют, главным образом, в период изысканий, но при постройке сооружений требуется детальная разбивка кривой. Для детальной разбивки необходимо получить ряд точек на кривой на таком расстоянии одна к другой (2, 5, 10, 20 м), чтобы отрезок дуги кривой можно было

считать за отрезок прямой. Длина таких отрезков дуги будет зависеть от величины радиуса кривой. Чем больше радиус, тем длиннее будут и отрезки.

Детальная разбивка может быть выполнена разными способами. Рассмотрим некоторые из них.

Способ прямоугольных координат

Этот способ является наиболее распространенным и точным. Суть этого способа состоит в следующем. Допустим, требуется выполнить детальную разбивку кривой радиуса R , т. е. найти точки $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$ так, чтобы расстояния между ними по кривой были равны K (рис. 6.2).

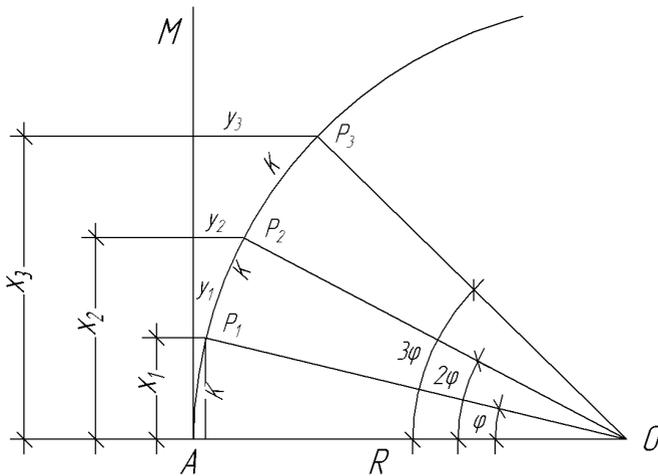


Рис. 6.2. Схема разбивки кривой способом прямоугольных координат

Примем для этой цели касательную AM за ось абсцисс, точку A — за начало счета абсцисс, радиус R — за ось ординат. Тогда положение точек $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$ на кривой можно определить с помощью прямоугольных координат. С этой целью найдем сначала величину угла φ , соответствующего заданной дуге k :

$$\frac{\varphi}{k} = \frac{360^\circ}{2\pi R}, \quad (6.1)$$

откуда

$$\varphi = \frac{k}{R} \frac{180^\circ}{\pi}. \quad (6.2)$$

Из рис. 6.2 положение точек определится отрезками x и y :

$$x_n = R \sin \varphi; \quad y_n = R - R \cos \varphi = 2R \sin^2 \frac{\varphi}{2}. \quad (6.3)$$

Координаты, вычисленные по формулам, на практике берут из таблиц для разбивки кривых.

Абсциссы и ординаты откладывают соответственно по касательной AM и перпендикулярно к ней при помощи рулетки или ленты. Перпендикуляры строят эскером или теодолитом. Так как точки на кривой отстоят одна от другой на одинаковом расстоянии, принимают интервал разбивки k (1, 2 и т. д.) и из таблиц выбирают соответствующие значения x и y . Разбивку кривой ведут от начала кривой и от конца кривой к середине.

Кривую на местности обозначают кольшками, забиваемыми вровень с землей. Рекомендуется рядом забивать еще и высокие колья, чтобы они были хорошо видны издали, тогда ошибки в разбивке можно будет обнаружить невооруженным глазом.

Способ полярных координат или углов

Способ полярных координат или углов основан на том, что углы с вершиной в какой-нибудь точке A на окружности (рис. 6.4), образованные касательной и секущей и заключающие равные дуги, равны половине соответствующего центрального угла. Хорда s и радиус R даны.

Из рис. 6.3 видно, что хорда

$$s = 2R \sin \frac{\varphi}{2}, \quad (6.4)$$

откуда

$$\sin \frac{\varphi}{2} = \frac{s}{2R}. \quad (6.5)$$

Задаваясь для хорды каким-либо постоянным значением (5, 10 м), можно вычислить значение угла φ для различных радиусов.

Пусть из точки A касательной AM требуется разбить по кривой радиуса R точки B, C, D на расстоянии s одна от другой. Устанавливают теодолит в точке A , совмещают нули лимба и алидады, визируют на точку M и от направления AM вращением алидады от-

кладывают угол $\frac{\varphi}{2}$. По направлению визирного луча откладывают рулеткой отрезок s , получают точку B кривой. После этого начало рулетки переносят в точку B , а алидадный круг вращают на угол φ . Откладывают расстояние s . Таким образом найдена вторая точка на кривой C . Следующие точки на кривой намечают таким же образом (до середины кривой). Вторую половину кривой разбивают аналогично от конца кривой. В точках B, C, D забивают колышки.

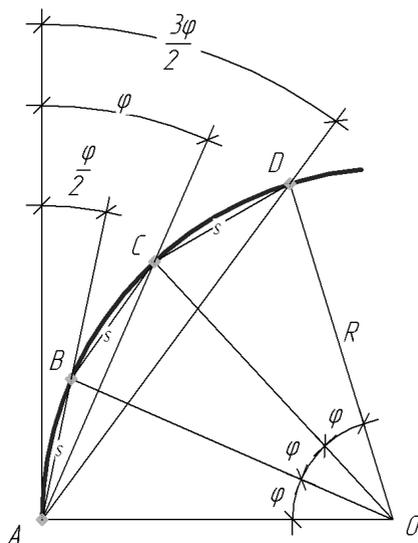


Рис. 6.3. Схема разбивки кривой способом полярных координат

Этот способ применяется в том случае, когда надо разбить кривую на высокой насыпи и глубокой выемке и когда разбивка по координатам почему-либо неудобна.

Недостаток этого способа в том, что ошибки в положении предыдущих точек влияют на положение последующих точек, следовательно, ошибки накапливаются.

Задание к практическим занятиям 8, 9: выполнить детальную разбивку круговых кривых способом прямоугольных координат и способом полярных координат.

Вопросы для самоконтроля

1. В чём заключается разбивка круговой кривой?
2. Какие отрезки называются тангенсами кривой?
3. Какие точки обозначаются НК, СК и КК?
4. Что такое домер?
5. Какие существуют способы детальной разбивки круговой кривой?
6. Как осуществляется детальная разбивка круговой кривой способом прямоугольных координат?
7. Как осуществляется детальная разбивка круговой кривой способом полярных координат или способом углов?

Тесты

1. Домер определяется по формуле

- 1) $D = T - 2K$;
- 2) $D = 2T - K$;
- 3) $D = T + 2K$;
- 4) $D = 2T - 2K$.

2. Главные точки кривой:

- 1) НК, СК, КК;
- 2) НК, КК;
- 3) домер, тангенс, биссектриса;
- 4) СК, КК.

3. Длина кривой определяется по формуле

- 1) $K = 2T - 2D$;
- 2) $K = 2T - 3D$;
- 3) $K = 3T$;
- 4) $K = 2T - D$.

4. Какая из этих формул верна?

- 1) $KK = НК + K - 2D$;
- 2) $KK = НК + K$;
- 3) $KK = СК + СК - D$;
- 4) $KK = НК + D$.

5. Прямоугольные координаты пикета, находящегося на кривой, вычисляются по формулам

$$1) x_n = R \cdot \sin \varphi; \quad y_n = R - R \cdot \cos \varphi = 2R \sin^2 \frac{\varphi}{2};$$

$$2) x_n = R \cdot \cos \varphi; \quad y_n = R - R \cdot \cos \varphi = 2R \sin^2 \frac{\varphi}{2};$$

$$3) x_n = R \cdot \sin \varphi; \quad y_n = \cos \varphi = R \sin^2 \frac{\varphi}{2};$$

$$4) x_n = R \cdot \cos \varphi; \quad y_n = \cos \varphi = R \sin^2 \frac{\varphi}{2}.$$

6. Какая из этих формул верна?

$$1) HK = KK + K - D;$$

$$2) HK = KK - K + D;$$

$$3) HK = CK - K + D;$$

$$4) HK = KK - K.$$

7. Домер – это:

1) разность между двумя тангенсами и длиной кривой;

2) сумма двух тангенсов;

3) сумма двух тангенсов и биссектрисы;

4) разность между тангенсом и длиной кривой.

8. Какие аргументы необходимо знать для определения всех элементов кривой?

1) только ноль;

2) ноль и K ;

3) только K ;

4) никаких.

9. Биссектриса – это:

1) отрезок, делящий угол поворота пополам;

2) произведение радиуса на кривую;

3) разность между двумя тангенсами;

4) отрезок, соединяющий НК и СК.

10. Начало кривой – это:

1) точка поворота трассы;

2) точка, с которой начинается построение кривой;

3) точка на пересечении тангенса и биссектрисы;

4) точка на пересечении двух тангенсов.

Тема 7. ПОСТРОЕНИЕ ПРОЕКТНОГО ГОРИЗОНТАЛЬНОГО УГЛА С ТОЧНОСТЬЮ ИНСТРУМЕНТА И С ПОВЫШЕННОЙ ТОЧНОСТЬЮ

Практическое занятие 10

Цель работы – усвоить принцип построения проектного горизонтального угла с точностью инструмента и с повышенной точностью.

Студент должен

знать:

- порядок построения проектного горизонтального угла с точностью инструмента;
- порядок измерения построенного проектного горизонтального угла с повышенной точностью;
- применяемые инструменты и технологию выполнения инженерной задачи в соответствии с требуемой точностью;

уметь выполнить все необходимые измерения, обеспечивая требуемую точность построения проектного горизонтального угла;

владеть навыками выполнения работы с геодезическими приборами и инструментами разной точности.

Инструменты: теодолит; штатив; мерная лента (рулетка); колышки; эккер.

Основные положения

Построить проектный угол на местности – это значит в заданной точке от исходного направления построить проектный угол и получить направление на проектную точку.

В тех случаях, когда требуется построить проектный угол с предельной погрешностью $\Delta_{пред} = \pm 1'$, эту работу можно выполнить техническим теодолитом, способом приемов.

Построение проектного угла с точностью теодолита

В заданной точке *A* устанавливают теодолит и приводят в рабочее положение. Визируют на исходное направление (точку *B*) при КЛ, закрепляют лимб и берут отсчет по ГК – *v*.

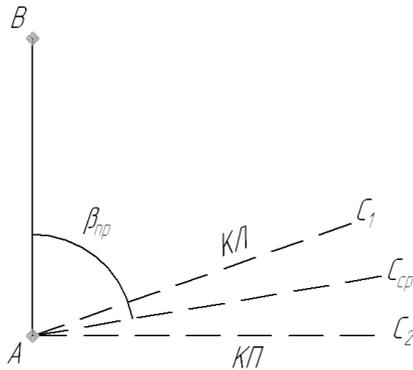


Рис. 7.1. Схема построения проектного угла с точностью инструмента

Вычисляют отсчет C по ГК на проектное направление AC : устанавливают на ГК вычисленный отсчет C и фиксируют на местности положение точки C_1 . Эти действия составляют 1-й полуприем.

Второй полуприем выполняют при КП в той же последовательности, но предварительно лимб сбивают примерно на 90° и закрепляют. Фиксируют точку C_2 . Точки C_1 и C_2 могут не совпадать из-за несоблюдения геометрических условий в теодолите (остаточных влияний после юстировки). Оказывает влияние наличие коллимационной погрешности.

На местности делят расстояние C_1C_2 пополам и фиксируют точку C_{cp} . Таким образом, проектный угол построен с точностью инструмента.

Построение проектного угла с повышенной точностью

Иногда построение проектного угла требуется выполнить техническим теодолитом с точностью несколько выше, чем при построении описанным выше способом. После построения проектного угла способом приемов и предварительного нахождения точки C_{cp} угол $BAC_{cp} = \beta'$ измеряют.

Измерить его можно тремя и более приемами и найти среднее значение или измерить способом повторений. Если измерение выполняют способом повторений, число повторений должно быть не менее трех в первом и во втором полуприемах. После измерений и

вычисления окончательного значения угла β' находят его расхождение с проектным:

$$\Delta\beta = \beta' - \beta_{пр}. \quad (7.1)$$

Измерив расстояние $AC = S$, вычисляют поправку:

$$\Delta l = \frac{S}{\rho''} \Delta\beta'', \quad (7.2)$$

где ρ – радианная мера угла (в секундах) ($\rho = 206265''$).

Откладывают величину Δl в ту или иную сторону, в зависимости от знака поправки получают уточненное окончательное положение проектной точки C .

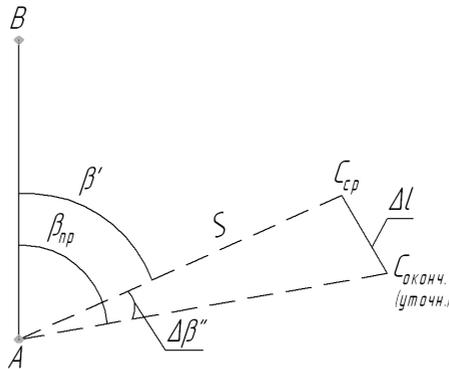


Рис. 7.2. Схема построения проектного угла с повышенной точностью

Предвычисления точности построения проектного угла

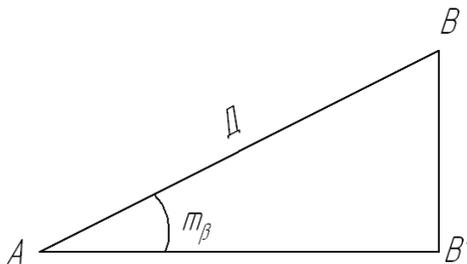


Рис. 7.3. Схема предвычисления точности построения проектного угла

Пусть требуется определить проектное положение точки B с линейной погрешностью $m = BB'$. Ей будет соответствовать погрешность в построении проектного угла m_β . По малости m_β принимаем BB' равным дуге BB' радиуса D :

$$m = \frac{D}{\rho''} m_\beta. \quad (7.3)$$

Задание к практическому занятию 10: выполнить построение проектного горизонтального угла с точностью инструмента и с повышенной точностью.

Вопросы для самоконтроля

1. Что значит построить проектный угол с точностью инструмента?
2. Что значит построить проектный угол с повышенной точностью?
3. Какие проектные данные требуются для вынесения проектного угла на местность?
4. Какие погрешности влияют на точность построения проектного угла?
5. В каких случаях построенный проектный угол измеряют способом повторений или способом приемов?
6. Как выполняют предвычисления точности построения проектного угла?
7. Какие приборы применяют для построения проектного горизонтального угла?

Тесты

1. Требуется построить заданный проектный угол 90° . Назовите из нижеприведенных способов построения наиболее точный:

- 1) технический теодолит: способ приемов;
- 2) повторительный теодолит: способ повторений;
- 3) эккер;
- 4) прямоугольный треугольник, образованный рулеткой по отсчетам: 0,24 м – 6 м – 14 м.

2. При построении проектного угла β техническим теодолитом способом приемов выполняется:

- 1) одно измерение от исходного направления;

- 2) два измерения КЛ и КП от исходного направления и находится среднее положение;
- 3) два приема от исходного направления и находится среднее положение;
- 4) два полуприема при КЛ и два полуприема при КП.

3. При построении проектного угла β техническим теодолитом с повышенной точностью необходимо выполнить следующие действия:

- 1) от исходного направления трижды отсчитывается заданный проектный угол и отмечается полученное направление;
- 2) строится заданный угол β от исходного направления способом приемов, затем трижды измеряется способом приемов, находится расхождение и вводится в построенный угол;
- 3) от исходного направления строится заданный проектный угол β способом приемов, затем он измеряется способом повторений и находится расхождение $\Delta\beta = \beta_{\text{постр}} - \beta_{\text{проект}}$. Измеряется длина построенного направления D , находится и вводится поправка;
- 4) от исходного направления строится способом приемов проектный угол, измеряются рулеткой исходное и полученное направления, определяется и вводится поправка.

4. Измерение построенного проектного угла способом повторений заключается в следующем:

- 1) построенный проектный угол измеряется три раза способом приемов, находится среднее значение;
- 2) от исходного направления на лимбе теодолита не менее трех раз откладывается построенный проектный угол. Отсчет по горизонтальному кругу теодолита берется в начале измерений по исходному направлению, в конце третьего повторения – по построенному направлению. Разница в отсчетах делится на число повторений;
- 3) проектный угол, построенный техническим теодолитом, повторно измеряется другим теодолитом;
- 4) проектный угол, построенный при круге «лево», повторно измеряется при круге «право».

5. После построения проектного угла β и измерения его способом повторений получается разница $\Delta\beta = \beta_{\text{постр}} - \beta_{\text{проект}}$, где $\beta_{\text{постр}}$ – измеренное значение построенного угла. Полученная поправка $\Delta\beta$ вводится в построенный угол:

- 1) $\Delta\beta$ прибавляется или вычитается из значения проектного угла, в зависимости от того, больше или меньше измеренное значение угла, чем заданное значение проектного угла;
- 2) измеряется длина построенного направления D и вычисляется линейное значение поправки ΔD : $\Delta D = \frac{\Delta\beta D}{\rho}$, где ρ – радианная мера угла. Поправка ΔD линейкой (рулеткой) откладывается в нужную сторону;
- 3) полученное значение $\Delta\beta$ откладывается теодолитом способом приемов в нужную сторону;
- 4) полученное значение $\Delta\beta$ откладывается в нужную сторону теодолитом способом повторений.

6. Построение проектного угла способом приемов при круге «право» и при круге «лево» позволяет практически исключить влияние на точность построения угла:

- 1) коллимационной ошибки за неперпендикулярность визирной оси к оси вращения зрительной трубы теодолита;
- 2) ошибки за неперпендикулярность оси вращения зрительной трубы к основной оси вращения теодолита;
- 3) ошибки за неперпендикулярность оси цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга к основной оси вращения теодолита;
- 4) ошибки за негоризонтальность плоскости лимба.

7. Проектный угол $\beta = 90^\circ$ построен способом приемов. Из измерений его способом повторений получился угол $90^\circ 00' 40''$. Вычислите величину поправки ΔD в мм, если длина построенного направления $D = 10,31$ м. Радианная мера угла в секундах: $\rho = 206265''$

- 1) $\Delta D = 1$ мм;
- 2) $\Delta D = 2$ мм;
- 3) $\Delta D = 3$ мм;
- 4) $\Delta D = 4$ мм.

Тема 8. ВЫНОС В НАТУРУ ПРОЕКТНЫХ ОТМЕТОК ГЕОМЕТРИЧЕСКИМ НИВЕЛИРОВАНИЕМ

Практическое занятие 11

Цель работы – усвоить принцип выноса отметок от репера на строительный ноль с помощью нивелира.

Студент должен

знать:

- порядок работы при выносе отметок от репера на строительный ноль с помощью нивелира;
- применяемые инструменты и технологию выполнения инженерной задачи в соответствии с требуемой точностью;

уметь выполнить все необходимые измерения, обеспечивая требуемую точность выноса отметок от репера на строительный ноль с помощью нивелира;

владеть навыками выполнения работы с нивелирами, нивелирными рейками и методами вычисления превышений, горизонта прибора и отметки строительного нуля.

Инструменты: нивелир, штатив, нивелирная рейка.

Основные положения

Как вынести на местность проектную точку с заданной проектной отметкой? Решать эту задачу при разбивках приходится довольно часто. Заданную отметку выносят на стенки опалубки (при закладке фундаментов), на дно траншеи (при укладке подземных коммуникаций), на анкерные болты колонн, выступы железобетонных фундаментов и т. д.

Порядок выполнения работ

Эту работу выполняют с помощью нивелира от рабочего репера или от строительного нуля на монтажном горизонте. Отметка репера H_{Rp} известна. Проектная отметка точки H_{np} также известна.

1. Устанавливают нивелир на равных расстояниях между репером и точкой B , плановое положение которой определено и по высоте которой необходимо определить проектное положение (рис. 8.1).

2. Приводят нивелир в рабочее положение.
3. Берут отсчет по черной стороне рейки, установленной на репере a_{Rp} .

4. Вычисляют горизонт прибора ГП:

$$ГП = H_{Rp} + a_{Rp}. \quad (8.1)$$

5. Вычисляют отсчет по рейке, установленной на проектной отметке:

$$b = ГП - H_{np}. \quad (8.2)$$

6. Поднимая или опуская рейку в точке B , добиваются по ней отсчета, равного вычисленному b . В этом случае пятка рейки будет находиться на проектной отметке.

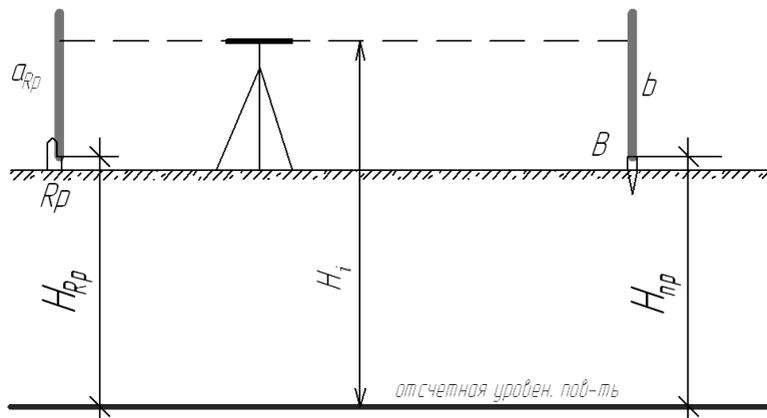


Рис. 8.1. Схема выноса проектной отметки нивелиром

Положение пятки рейки отмечают горизонтальной чертой на стене здания (этажа).

Для контроля после выноса отметки измеряют превышения по черным и красным сторонам реек между репером и горизонтальной чертой. Это превышение h должно равняться разности отметок: $h = H_{np} - H_{Rp}$.

Допускается расхождение в зависимости от требуемой точности, но не более чем на 4 мм.

Задание к практическому занятию 11: выполнить вынос в натуру проектных отметок геометрическим нивелированием.

Вопросы для самоконтроля

1. В чем сущность геометрического нивелирования?
2. Какие существуют способы геометрического нивелирования?
3. Как провести поверку главного условия нивелира?
4. В чем заключается приведение нивелира в рабочее положение?
5. Что называется горизонтом прибора?
6. Как вычисляют отметки точек через превышение?
7. Как вычисляют отметок точек через горизонт прибора?

Тесты

1. Абсолютная отметка – это

- 1) высота точки, выраженная числом;
- 2) точное значение высоты точки над уровенной поверхностью;
- 3) численное выражение высоты точки при абсолютном нуле температуры;
- 4) численное выражение высоты точки местности над средним из многолетних наблюдений уровнем Балтийского моря, мысленно продолженным под материк.

2. Превышение – это

- 1) отметка точки над уровнем Балтийского моря;
- 2) разность высот уровенных поверхностей, проходящих через точки местности, между которыми ведутся измерения;
- 3) превышение фактического размера над истинным;
- 4) расстояние между точками, имеющими абсолютные отметки.

3. Геометрическое нивелирование – это

- 1) построение на местности геометрических фигур для измерения и определения превышений между точками;
- 2) определение высот точек из геометрических построений и измерений на местности;
- 3) определение превышений между точками местности методом наклонного луча;
- 4) определение превышений между точками местности методом горизонтального луча.

4. Установка зрительной трубы нивелира по глазу осуществляется:

- 1) вращением диоптрийного кольца окуляра до получения чёткого изображения предмета;
- 2) вращением диоптрийного кольца окуляра до получения чёткого изображения сетки нитей;
- 3) установкой нивелира на высоту в зависимости от роста наблюдателя – на уровне его глаз;
- 4) вращением диоптрийного кольца окуляра до получения чёткого изображения контактного уровня.

5. Установка зрительной трубы по предмету осуществляется:

- 1) вращением винта для фокусирования (кремальеры) зрительной трубы, чем добиваются чёткого изображения сетки нитей;
- 2) вращением винта для фокусирования (кремальеры) зрительной трубы, чем добиваются чёткого изображения предмета;
- 3) вращением винта для фокусирования (кремальеры) зрительной трубы, что дает чёткое изображение контактного уровня;
- 4) установкой нивелира на высоту таким образом, чтобы предметы наблюдений были хорошо видны в зрительную трубу.

6. Для чего требуется соблюдение параллельности оси круглого уровня и оси вращения нивелира?

- 1) для обеспечения рабочего хода элевационного винта;
- 2) для выполнения требования к оси визирования нивелира быть в горизонтальном положении;
- 3) для поддержания визирной оси цилиндрического уровня в горизонтальном положении в процессе измерений;
- 4) для точного центрирования нивелира по станции.

7. Требования к сетке нитей нивелира:

- 1) горизонтальная нить сетки должна быть горизонтальна, а вертикальная – вертикальна; сетка нитей не должна иметь разворота;
- 2) расстояние между средней нитью и верхней, между средней и нижней должны быть равны;
- 3) коэффициент дальномера должен быть равен 100;
- 4) должны быть равны разности отсчётов по рейке между верхней и средней нитью; нижней и средней нитью.

Тема 9. ВЫНОС В НАТУРУ ПРОЕКТНЫХ ОТМЕТОК ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКИМ НИВЕЛИРОВАНИЕМ

Практическое занятие 12

Цель работы – усвоить принцип выноса отметок от репера на проектные точки с помощью теодолита.

Студент должен

знать:

- порядок работы при выносе отметок от репера на проектную точку с помощью теодолита;
- применяемые инструменты и технологию выполнения инженерной задачи в соответствии с требуемой точностью;

уметь выполнить все необходимые измерения, обеспечивая требуемую точность выноса отметок от репера на проектную точку с помощью теодолита;

владеть навыками выполнения работы с теодолитом и методами вычисления превышений, горизонта прибора и отметки проектной точки.

Инструменты: теодолит, штатив, мерная лента (рулетка), нивелирная рейка.

Основные положения

Тригонометрическое нивелирование применяют при монтаже проводов, тросов и т. п., когда требуется вынести проектные отметки в недоступные для геометрического нивелирования места.

Для этого перпендикулярно к оси опоры ЛЭП и на расстоянии D от нее на точку A с известной отметкой ставят теодолит, приводят в рабочее положение и определяют горизонт инструмента (отметку оси вращения зрительной трубы):

$$ГП = H_A + i, \quad (9.1)$$

где i – высота инструмента (измеряют рулеткой); H_A – отметка точки (репера). $H_{\text{проект}}$ – проектная отметка, на которую должен «выйти» провод при натяжении в точке провиса.

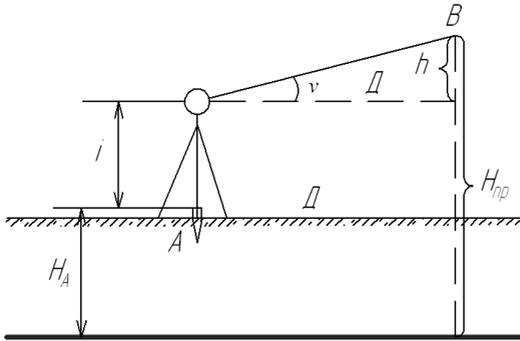


Рис. 9.1. Схема выноса проектной отметки теодолитом

Вычисляют превышение между горизонтом прибора и проектной точкой

$$h = H_{np} - ГП. \quad (9.2)$$

Для того чтобы визирный луч теодолита проходил через точку B (точка провиса провода на проектной отметке), необходимо зрительную трубу теодолита наклонить на угол v , который вычисляют

$$v = \arctg \frac{h}{D} = \arctg \cdot \frac{(H_{np} - ГП)}{D}, \quad (9.3)$$

где D – горизонтальное расстояние, измеряемое на местности.

Для наклона визирной оси зрительной трубы на угол v необходимо установить на вертикальном круге вычисленный отсчет: при

$$КЛ = v + МО, \quad (9.4)$$

где $МО$ – место нуля ВК, определяемое заранее.

Если наклон зрительной трубы осуществляется при КП, то

$$КП = МО - v. \quad (9.5)$$

Устанавливают вычисленный отсчет по ВК; визирный луч пройдет через точку с проектной отметкой.

При монтаже провод натягивают до тех пор, пока его изображение в зрительной трубе не будет касаться горизонтальной нити сетки.

Если отметки выносят тригонометрическим нивелированием на стену сооружения, то на стене отмечают изображение центра сетки нитей.

Однако точность выноса в натуру отметок тригонометрическим нивелированием значительно ниже, чем геометрическим, и составляет 3–5 см на расстоянии 50–100 м.

Задание к практическому занятию 12: выполнить вынос в натуру проектных отметок тригонометрическим нивелированием.

Вопросы для самоконтроля

1. В чем сущность тригонометрического нивелирования?
2. Какова точность измерительных и разбивочных работ, выполняемых методом тригонометрического нивелирования?
3. Как вычислить превышения в методе тригонометрического нивелирования (при строительстве ЛЭП)?
4. В чем заключается приведение теодолита в рабочее положение?
5. Что называется горизонтом прибора?
6. Как вычисляют отметки точек через превышение?
7. Как вычисляют отметки точек через горизонт прибора?

Тесты

1. Тригонометрическое нивелирование — это

- 1) определение превышений между точками местности методом наклонного луча;
- 2) определение превышений между точками местности методом горизонтального луча;
- 3) определение отметок точек тригонометрическими способами;
- 4) определение превышений по формуле Герона.

2. Высота инструмента — это

- 1) расстояние по отвесной линии от верха головки штатива до верха кольшшка, над которым установлен теодолит;
- 2) расстояние по вертикали от земли до подставки теодолита;
- 3) расстояние по отвесной линии от центра окуляра или объектива до верха кольшшка, над которым установлен теодолит;
- 4) высота штатива плюс высота теодолита до верха зрительной трубы.

3. Приведение теодолита в рабочее положение:

- 1) установить штатив и на штативе теодолит;
- 2) установить теодолит на штативе;

- 3) установить теодолит на штативе и вывести пузырёк цилиндрического уровня на середину; отфокусировать зрительную трубу;
- 4) отфокусировать зрительную трубу.

4. Горизонт прибора – это

- 1) высота теодолита над станцией;
- 2) высота теодолита над точкой, где установлен теодолит;
- 3) отметка визирной оси зрительной трубы теодолита;
- 4) отметка верха зрительной трубы теодолита.

5. Условные отметки точек – это

- 1) величины, получаемые как среднее арифметическое из измеренных превышений;
- 2) высоты точек, отсчитываемые от мысленно продолженного под материк среднего уровня Балтийского моря, принятого за ± 0.00 ;
- 3) высота второй точки, отсчитываемая от первой проектной точки;
- 4) высоты точек, отсчитываемые от условно принятой уровенной поверхности для конкретного объекта.

6. Репер – это

- 1) блокнот для записей при нивелировании;
- 2) устройство для хранения теодолита;
- 3) устройство для хранения нивелирных реек;
- 4) капитально закрепленный на местности знак, имеющий абсолютную или условную отметку.

7. Как измерить превышение между двумя точками, если разность отметок этих точек больше длины нивелирной рейки?

- 1) измерить превышение методом тригонометрического нивелирования;
- 2) нарастить длину рейки, если позволяют условия и требования к точности измерений невысокие;
- 3) назначить дополнительную, а при необходимости – несколько дополнительных связующих точек, называемых икс-точками;
- 4) измерить с помощью рулетки.

Тема 10. ПЕРЕНЕСЕНИЕ НА МЕСТНОСТЬ ЛИНИИ С ЗАДАНЫМ ПРОЕКТНЫМ УКЛОНОМ

Практическое занятие 13

Цель работы — научиться выносить на местность линии с заданным проектным уклоном.

Студент должен

знать:

- способы выноса наклонной линии;
- применяемые инструменты и технологию выполнения инженерной задачи в соответствии с требуемой точностью;

уметь:

- выполнить расчет разбивочных элементов для каждого способа;
 - вынести на местность линию с заданным проектным уклоном;
- владеть** навыками выполнения работ с геодезическими приборами и инструментами.

Инструменты: теодолит, нивелир, штатив, рейка, колья, рулетка.

Основные положения

При строительстве дорог, водопроводов, канализации, водоотводных каналов и т. д. задача разбивки линии с заданным проектным уклоном имеет наибольшее применение. Для решения этой задачи вначале разбивают на местности крайние точки A и B отрезка линии так, чтобы прямая, соединяющая верхние срезы колышков, имела заданный проектом уклон линии AB . После этого между точками A и B для выполнения земляных работ на этом участке устанавливают промежуточные, примерно через 5–10 м, колышки, верхние срезы которых должны быть на прямой, имеющей тот же уклон, что и линия AB . Для этого пользуются нивелирами, теодолитами или визирками.

Построение линии заданного уклона на местности при небольших превышениях выполняют с помощью нивелира. Допустим, требуется от точки A местности с отметкой H_A разбить линию AB с уклоном i .

Проектная отметка точки B равна:

$$H_B = H_A + id, \quad (10.1)$$

где d — длина линии AB .

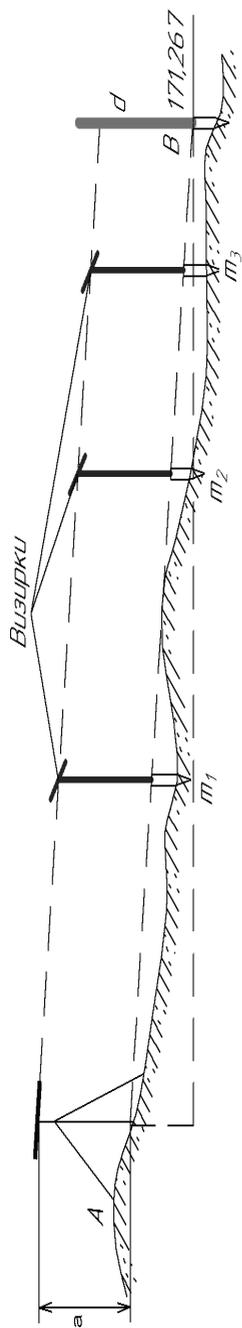


Рис. 10.1. Схема построения линии с заданным уклоном

В точке B забивают кольшечек с проектной отметкой.

Промежуточные точки m_1, m_2, m_3 разбивают при помощи наклонного луча нивелиром.

Нивелир устанавливают в точке A так, чтобы один из подъемных винтов был расположен по линии AB , а линия, соединяющая два других винта, была перпендикулярна к линии BA . На рейке, установленной в точке B , откладывают отрезок d , равный высоте инструмента a . Высота инструмента измеряется рейкой от центра объектива до земли. Для этого на объектив надевают крышку с отверстием, рейку приставляют к объективу. Через окуляр отсчитывают высоту инструмента. При помощи подъемного винта, расположенного на линии AB , ставят трубу на отсчет по рейке в точке B , равной высоте инструмента a . После этого в точках m_1, m_2, m_3 забивают колья такой высоты, чтобы отсчет по рейке, поставленной на эти колья, равнялся высоте инструмента. Вместо рейки можно применять визирку (деревянный шест) длиной, равной или большей высоты инструмента. В этом случае на визирке отмечается высота инструмента.

Построение линии заданного уклона на местности при больших превышениях выполняют с помощью теодолита. В этом способе поступают так. Теодолит устанавливают в одной из крайних точек проектной линии (в точке A) и измеряют высоту инструмента a . Высота инструмента измеряется рулеткой от центра кремальеры до поверхности земли. В другом конце проектной линии (в точке B) ставят рейку. Приводят теодолит в рабочее положение, визируют на рейку на отсчет, равный высоте инструмента a , и закрепляют зрительную трубу теодолита. В этом случае визирная ось зрительной трубы теодолита будет параллельна оси AB , проходящей через верхние срезы кольшечков, находящихся в точках A и B , т. е. будет иметь заданный проектом уклон для линии AB . Затем рейку последовательно ставят на кольшечки промежуточных точек линии (строго в створе AB), забивая каждый в землю до тех пор, пока крест сетки нитей зрительной трубы не будет проектироваться на рейке на отсчет, равный высоте инструмента.

Задание к практическому занятию 13: вынести на местность линию с заданным проектным уклоном.

Вопросы для самоконтроля

1. Как проводится на местности разбивка линии заданного уклона нивелиром?
2. Как определяется высота нивелира?
3. Как вычисляется отметка проектной точки через заданный уклон?
4. Как определяется высота теодолита?
5. Как проводится на местности разбивка линии заданного уклона теодолитом?
6. Приборы и инструменты, применяемые для выноса проектной длины.

Тесты

1. Как проводится юстировка круглого уровня?

- 1) только исправительными винтами уровня;
- 2) исправительными винтами уровня на половину отклонения и подъёмными винтами доводится до нуля-пункта;
- 3) только подъёмными винтами подставки нивелира;
- 4) винтом крепления нивелира в подставке.

2. Основное условие поверки сетки нитей нивелира:

- 1) горизонтальная нить сетки должна быть горизонтальна, а вертикальная – вертикальна; сетка нитей не должна иметь разворота;
- 2) расстояние между средней нитью и верхней, между средней и нижней должны быть равны;
- 3) коэффициент дальномера должен быть равен 100;
- 4) должны быть равны разности отсчётов по рейке между верхней и средней нитью; нижней и средней нитью.

3. Высота инструмента – это:

- 1) расстояние по отвесной линии от верха головки штатива до верха колышка, над которым установлен нивелир;
- 2) расстояние по вертикали от земли до подставки нивелира;
- 3) расстояние по отвесной линии от центра окуляра или объектива до верха колышка, над которым установлен нивелир;
- 4) высота штатива плюс высота нивелира до верха зрительной трубы.

4. Длина линии $AB = 80$ м, точка A имеет отметку $171,267$ м, уклон 10 промилле. Какова проектная отметка точки B ?

- 1) $H_B = 170,280$;
- 2) $H_B = 172,067$;
- 3) $H_B = 169,157$;
- 4) $H_B = 171,568$.

5. Назовите уклон линии AB , если проектные отметки точек $A = 183,252$ и $B = 179,176$, длина линии $AB = 120$ м.

- 1) $i = 0,034$;
- 2) $i = 0,30$;
- 3) $i = 0,029$;
- 4) $i = 0,050$.

6. При вращении нивелира вокруг своей оси наклонная визирная ось описывает плоскость:

- 1) заданного проектного уклона;
- 2) горизонтальную;
- 3) вертикальную;
- 4) переменного наклона.

7. При вращении теодолита вокруг вертикальной оси, при положении пузырька уровня в нуль-пункте на горизонтальном круге наклонная визирная ось описывает:

- 1) горизонтальную плоскость;
- 2) конусообразную плоскость;
- 3) вертикальную плоскость;
- 4) плоскость заданного проектного уклона.

Тема 11. ПЕРЕНЕСЕНИЕ НА МЕСТНОСТЬ ПРОЕКТНОЙ ЛИНИИ

Практическое занятие 14

Цель работы – научиться выносить на местность линию проектной длины.

Студент должен

знать:

- порядок выноса проектной линии;
- применяемые приборы и технологию выполнения инженерной задачи в соответствии с заданной точностью;

уметь:

- выполнять расчеты для выноса проектной длины;
- вынести на местность расчетную проектную длину;

владеть навыками камеральной обработки вычислений и выноса проектной длины на местность.

Инструменты: нивелир, штатив, рейка, колья, мерная лента (рулетка).

Перенесение на местность проектной длины линии

На проектном чертеже, с которого переносят отрезки линий на местность, задано их горизонтальное проложение.

Поэтому для определения их длины в натуре необходимо к полученному (заданному) горизонтальному проложению d прибавить с соответствующим знаком поправки за компарирование и температуру мерного прибора, а также за угол наклона местности, на которой строят заданный отрезок.

Наклонное расстояние вычисляют по формуле

$$D = d + \Delta, \quad (11.1)$$

где D – наклонное расстояние; d – длина проектной линии; Δ – сумма поправок за наклон линии, компарирование мерного прибора и температуру.

Поправку за наклон линии вычисляют по формуле

$$\Delta d_v = 2D \sin^2 \frac{v}{2}, \quad (11.2)$$

где $D = d/\cos v$; v – угол наклона линии.

Поправку за наклон можно также вычислить по известному превышению h :

$$\Delta d_v = \frac{h^2}{2d}. \quad (11.3)$$

Поправка за наклон должна вводиться в результат измерений со знаком «плюс».

Поправка к длине линии за компарирование определяется по формуле

$$\Delta d_k = \frac{d}{l}(l_\phi - l), \quad (11.4)$$

где l – номинальная длина мерного прибора; l_ϕ – фактическая длина мерного прибора.

Поправку за температуру вычисляют по формуле

$$\Delta d_t = \alpha d(t - t_0), \quad (11.5)$$

где α – температурный коэффициент мерного прибора, для стали $\alpha = 12,5 \cdot 10^{-6}$; t – температура при измерении линии; t_0 – температура при компарировании мерного прибора.

Для получения на местности отрезка, горизонтальное проложение которого равно D , от заданной точки на местности и по соответствующему направлению откладывают длину проектного отрезка d и конец его закрепляют кольшком (шпилькой). Затем от этой точки откладывают величину суммарной поправки.

Пример. При разбивке цеха требуется отложить проектную линию 200,00 м. Вычисленные поправки оказались равны: за наклон 20,2 см; за компарирование 2,0 см; за температуру 2,4 см.

Общая поправка будет равна, см:

$$\Delta = 20,2 + 2,0 + 2,4 = 24,6.$$

Поправка за компарирование и температуру вводится с обратным знаком. Таким образом, на местности следует отложить, м:

$$D = 200,00 + 0,246 = 200,246.$$

Задание к практическому занятию 14: вынести на местность линию заданной проектной длины в заданном проектном направлении.

Вопросы для самоконтроля

1. Из каких действий состоит подготовка линии для ее выноса?
2. Какие поправки вводят в проектные длины линий?
3. Как вычисляется поправка за компарирование?
4. Как вычисляется поправка за температуру?
5. Как вычисляется поправка за угол наклона линии местности?
6. По какой формуле вычисляется горизонтальное проложение?
7. Какими инструментами пользуются при выносе проектной длины на местность?

Тесты

1. Средства для непосредственного измерения расстояний:

- 1) лазерные дальномеры;
- 2) оптические дальномеры;
- 3) светодальномеры и радиодальномеры;
- 4) мерные ленты и рулетки.

2. Компарированием мерных приборов называется:

- 1) процесс закаливания стальных мерных приборов;
- 2) процесс сравнения мерных приборов с эталоном;
- 3) процесс нанесения делений на стальные ленты и рулетки;
- 4) процесс установки мерных лент и рулеток в специальные корпуса или крестовины для удобного использования в работе.

3. В каком направлении идёт провешивание линий между двумя точками A и B перед началом непосредственного измерения, если теодолит установлен в точке A ?

- 1) в направлении от точки A к точке B ;
- 2) в направлении от точки B к точке A ;
- 3) в любом направлении;
- 4) из середины створа в том и другом направлении.

4. Какое количество шпилек входит в комплект для непосредственного измерения расстояний мерной лентой?

- 1) произвольное;
- 2) 5 или 10;
- 3) 10;
- 4) 6 или 11.

5. Как распределяется комплект шпилек между «передним» и «задним» мерщиками перед началом измерений?

- 1) одна шпилька у «заднего» мерщика, остальные у «переднего»;
- 2) весь комплект шпилек у «переднего» мерщика;
- 3) весь комплект шпилек у «заднего» мерщика;
- 4) поровну.

6. При непосредственном измерении расстояния между точками *A* и *B* применялся комплект из 6 шпилек, расстояние измерялось 20-метровой мерной лентой. При измерении было сделано 2 передачи, а перед взятием остатка, равного 12,63 м, у заднего мерщика было 4 шпильки. Назовите полученный результат измерений:

- 1) 312,63 м;
- 2) 323,63 м;
- 3) 292,63 м;
- 4) 272,63 м.

7. С какими знаками вводятся поправки за компарирование и температуру при разбивке проектной линии?

- 1) за компарирование – плюс, за температуру – плюс;
- 2) за компарирование – минус, за температуру – плюс;
- 3) за компарирование – плюс, за температуру – минус;
- 4) за компарирование – минус, за температуру – минус.

Тема 12. ЗНАКОМСТВО С ЭЛЕКТРОННЫМ ТЕОДОЛИТОМ 2Т5ЭН

Практическое занятие 15

Цель работы — знакомство студентов с новым точным геодезическим прибором для угловых измерений.

Теодолит электронный 2Т5ЭН предназначен для измерения горизонтальных и вертикальных углов (зенитных расстояний).

Преимущественная область применения теодолита — создание плано-высотного геодезического обоснования, геодезических сетей сгущения, проведение строительных и изыскательских работ.

Результаты измерений будут записаны во внутреннюю память теодолита.

Теодолит соответствует требованиям ГОСТ 10529–96 и выполнен в виде единого электронно-оптического блока.

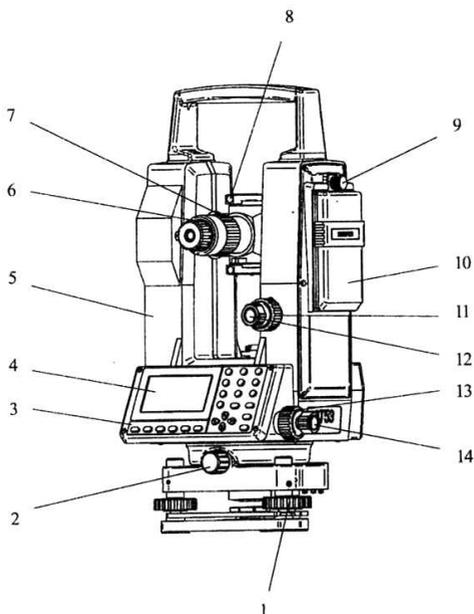


Рис. 12.1. Теодолит 2Т5ЭН, вид 1:

- 1 — подъемные винты теодолита;
- 2 — закрепительный винт подставки теодолита;
- 3 — цифровое табло; 4 — дисплей; 5 — колонка;
- 6 — окуляр с окулярным кольцом;
- 7 — кремальера; 8 — коллимационный визир;
- 9 — винт для закрепления источника питания;
- 10 — источник питания;
- 11, 12 — закрепительный и наводящий винты зрительной трубы; 13, 14 — закрепительный и наводящий винты алидады

Для угловых измерений теодолит снабжен растровым датчиком. Датчик угла имеет стеклянный лимб с дорожками грубого и точного отсчета.

Внешний вид теодолита 2Т5ЭН показан на рис. 12.1 и 12.2.

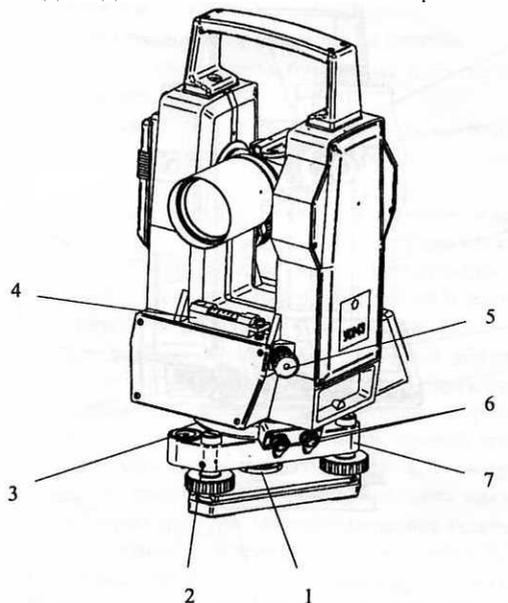


Рис. 12.2. Теодолит 2Т5ЭН, вид 2: 1 – оптический центрир; 2 – винты закрепления подъемных винтов; 3 – круглый уровень; 4 – цилиндрический уровень; 5 – окуляр оптического центрира; 6 – клеммы для подключения к компьютеру; 7 – подставка теодолита

Подготовка к работе

Перед началом работы необходимо зарядить источник питания.

В теодолите при измерении горизонтальных углов автоматически вводится поправка за коллимационную погрешность, значение которой определяется в процессе определения погрешностей теодолита и хранится в памяти до переопределения значений поправок.

При измерении вертикальных углов автоматически вводится поправка за место нуля вертикального круга. В режиме измерения углов с учетом угла наклона вертикальной оси автоматически вво-

дится поправка за наклон вертикальной оси. Если угол наклона вертикальной оси более $5'$, выдается звуковой прерывистый сигнал. Для продолжения работы необходимо провести точное горизонтирование теодолита.

Во время работы теодолита постоянно контролируется напряжение источника питания. При напряжении питания менее 6,5 Вt на табло высвечивается мигающий символ  (разряд аккумулятора), выдается звуковой прерывистый сигнал. Дальнейшая работа теодолитом невозможна, необходимо заменить источник питания.

Установка на штативе, центрирование

Установить штатив над точкой, повесить нитяной отвес и провести предварительное центрирование отверстия головки штатива. Вдавить ножки штатива и отрегулировать их высоту так, чтобы плоскость головки штатива расположилась горизонтально.

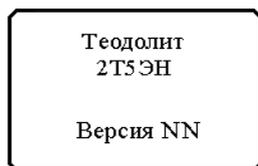
Теодолит с подставкой извлечь из футляра, установить на штативе и закрепить станovým винтом. Повторить центрирование с помощью нитяного отвеса, затянуть становой винт.

Привести прибор в горизонтальное положение, для этого повернуть его так, чтобы ось цилиндрического уровня расположилась параллельно прямой, соединяющей два подъемных винта подставки, и, вращая их в противоположных направлениях, вывести пузырек уровня на середину. Повернуть теодолит на 90° и третьим подъемным винтом вывести пузырек уровня на середину. Повернуть теодолит на 180° относительно последнего положения и оценить смещение пузырька уровня. Смещение не должно быть более одного деления.

Включение теодолита 2Т5Э

Отвести зрительную трубу теодолита от горизонтального положения вниз на угол 20° .

Включить теодолит кратковременным нажатием кнопки  Вкл.



где NN – номер версии (уточнить включением теодолита).

Через 1 секунду высвечивается одно из сообщений о состоянии внутренней памяти теодолита: «Память в норме»; «Память не форматирована»; «Память заполнена».

Надпись через 3 секунды гаснет, выдается звуковой сигнал о готовности теодолита, и на табло высвечивается «Индекс не определен». Плавно качнуть зрительную трубу вверх, затем вниз относительно горизонта на угол 20°. Сообщение гаснет и на табло высвечивается главное меню.

При высвечивании сообщения «Память не форматирована» отформатировать память, для этого установить режим форматирования в меню. Нажать кнопку **5** или с помощью кнопок **▼**, **▲** установить курсор на строке ПАМЯТЬ и нажать кнопку **ВВОД**. Из меню ПАМЯТЬ кнопкой **4** или кнопками **▼**, **▲** установить курсор на строке ФОРМАТ и нажать кнопку **ВВОД**.

На табло появится сообщение «Форматировать память? Подтвердите». Если форматирование не требуется, выйти из режима нажатием кнопки **СБРОС**.

При нажатии кнопки **ВВОД** произойдет форматирование и на табло высветится сообщение «Форматирование выполнено».

Для выхода из режима нажать кнопку **СБРОС**.

При высвечивании сообщения «Память заполнена» переписать информацию из внутренней памяти на компьютер и удалить файлы.

Обмен данными с компьютером осуществляется с помощью программы «GEO2T5.exe».

Для этого подсоединить теодолит к компьютеру при помощи кабеля и установить режим обмена данными с компьютером.

Нажать кнопку **5** или при помощи кнопок **▼**, **▲** установить курсор на строке ПАМЯТЬ и нажать кнопку **ВВОД**.

Нажать кнопку **6** или при помощи кнопок **▼**, **▲** установить курсор на строке СВЯЗЬ и нажать кнопку **ВВОД**.

На табло высвечивается сообщение «СВЯЗЬ С РС». Запустить программу «GEO2T5.exe».

Для выхода из режима нажать кнопку **СБРОС**.

Задание к практическому занятию 15: ознакомиться с новым геодезическим инструментом для угловых измерений.

Основные требования техники безопасности при выполнении геодезических работ

К геодезическим работам допускаются студенты, прошедшие инструктаж и проверку знаний по технике безопасности.

При перенесении штатива необходимо следить за тем, чтобы он находился в отвесном положении, крепежные винты ножек должны быть затянуты. Во избежание толчка и повреждения глаза при наблюдении в зрительную трубу за спиной наблюдателя никто не должен находиться.

При работе на проезжей части дороги или при работе на строительной площадке с большим числом работающих механизмов необходимо назначать наблюдателя, освобожденного от всех обязанностей, кроме наблюдения за движущимся транспортом и механизмами.

При работе с геодезическими лазерными приборами необходимо соблюдать меры предосторожности: лазерный луч не должен попадать в глаза студентам и выходить за пределы участка работы.

Не допускается проведение геодезических работ в опасных зонах: вблизи работающих механизмов (экскаваторов, подъемных кранов), воздушных и кабельных линий электропередач. При необходимости электролинию отключают. Нельзя проводить геодезические работы в глубоких котлованах, вблизи нависших стенок, на краю незакрепленных откосов.

В ходе геодезических работ при строительстве зданий и сооружений следует руководствоваться правилами техники безопасности и другими нормативными документами, утвержденными в установленном порядке применительно к конкретным условиям работы. Например, при проведении геодезических работ на стройплощадках соблюдаются правила техники безопасности, принятые для данного строительного объекта.

Библиографический список

1. Инженерная геодезия : учеб. для вузов / Е.Б. Ключин [и др.] ; под ред. Д.Ш. Михелева. – 6-е изд., стер. – М. : Academia, 2006. – 479 с.
2. Федотов, Г.А. Инженерная геодезия : учеб. / Г.А. Федотов. – 5-е изд., стер. – М. : Высш. шк., 2009. – 463 с.
3. Хаметов, Т.И. Геодезическое обеспечение проектирования, строительства и эксплуатации зданий, сооружений : учеб. пособие / Т.И. Хаметов. – М. : АСВ, 2002. – 200 с.
4. Мальцева, Т.Г. Инженерная геодезия : сборник задач / Т.Г. Мальцева ; ТГУ ; каф. «Промышленное и гражданское строительство». – 2-е изд., перераб. и доп. – Тольятти : ТГУ, 2007. – 96 с.

Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	3
Общие положения.....	4
Тема 1. Поверки теодолита. Практическое занятие 1.....	6
Тема 2. Поверки нивелира. Практическое занятие 2.....	14
Тема 3. Расчет разбивочных элементов, составление схемы разбивки и вынос проекта сооружения на местность. Практическое занятие 3.....	20
Тема 4. Определение высоты и вертикальности сооружения. Практические занятия 4, 5.....	36
Тема 5. Передача отметок на дно котлована и на монтажные горизонты с помощью нивелира. Практические занятия 6, 7.....	46
Тема 6. Детальная разбивка круговых кривых способом прямоугольных координат и способом полярных координат. Практические занятия 8, 9.....	54
Тема 7. Построение проектного горизонтального угла с точностью инструмента и с повышенной точностью. Практическое занятие 10.....	61
Тема 8. Вынос в натуру проектных отметок геометрическим нивелированием. Практическое занятие 11.....	67
Тема 9. Вынос в натуру проектных отметок тригонометрическим нивелированием. Практическое занятие 12.....	71

Тема 10. Перенесение на местность линии с заданным проектным уклоном. Практическое занятие 13.....	75
Тема 11. Перенесение на местность проектной линии. Практическое занятие 14.....	80
Тема 12. Знакомство с электронным теодолитом 2Т5ЭН. Практическое занятие 15.....	84
Основные требования техники безопасности при выполнении геодезических работ.....	88
Библиографический список.....	89

Учебное издание

Мальцева Тамара Геннадьевна
Грицкив Любовь Николаевна

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПОВ
ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА
Практикум

Редактор *О.И. Елисеева*
Технический редактор *З.М. Малявина*
Вёрстка: *Л.В. Сызганцева*
Дизайн обложки: *Г.В. Карасева*

Подписано в печать 28.10.2013. Формат 60×84/16.

Печать оперативная. Усл. п. л. 5,34.

Тираж 100 экз. Заказ № 1-68-12.

Издательство Тольяттинского государственного университета
445667, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14

