

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ

Факультет дистанционных форм
обучения – заочное отделение

Авакян В.В., Максимова М.В.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторным работам по курсу прикладной геодезии

*Для студентов V курса заочного отделения факультета дистанционных форм
обучения.*

Специальности «Прикладная геодезия» и «Городской кадастр»

*Подлежит возврату в деканат
заочного отделения ФДФО*

Москва 2011

Авторы: Авакян Вячеслав Вениаминович, Максимова Майя Владимировна.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ к лабораторным работам по курсу прикладной геодезии. Изд. МИИГАиК. УПП «Репрография», 2011 г., с. 38.

Рис. 15, Таблиц 4, библиография из 3 наименований

Рецензенты: доцент каф. геодезии, к.т.н. Алексашина Е.В.,
Ст. препод. каф. прикладной геодезии, Степанова Ю.А.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ЭЛЕМЕНТЫ РАЗБИВОЧНЫХ РАБОТ	
1.1. Построение проектного угла.....	3
1.2. Построение проектного отрезка.....	5
1.3. Построение проектной отметки.....	6
2. РЕШЕНИЯ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ	
2.1. Передача координат с центра геодезического пункта на точку установки спутникового приемника.....	8
2.2. Установка теодолита в створ.....	11
2.3. Построение перпендикуляра к базовой линии.....	12
2.4. Построение направления, параллельного базовой линии.....	13
3. ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОНТАЖА И ВЫВЕРКИ КОНСТРУКЦИЙ	
3.1. Общие определения.....	16
3.2. Дифракционный способ створных измерений.....	17
3.3. Выверка подкранового пути мостового крана.....	21
3.4. Микронивелирование.....	26
3.5. Нивелирование коротким лучом.....	29
3.6. Гидростатическое нивелирование.....	32
3.7. Приборы вертикального проектирования.....	35
Литература.....	38

1. ЭЛЕМЕНТЫ РАЗБИВОЧНЫХ РАБОТ

Разбивочные работы в отличие от съёмочных заключаются в реализации проектов, т.е. построении на местности того, что запроектировано на плане.

Перенесение проектов на местность в процессе разбивки сводится к элементарным построениям на местности проектных горизонтальных углов и длин линий, плоскостей и проектных отметок. Построением этих элементов определяется пространственное положение конструкций будущего сооружения.

1.1. Построение проектного угла

При построении проектного горизонтального угла, первоначально, должно быть рассчитано само значение этого угла β , должны быть заданы вершина A и исходное направление AB (рис. 1.1).

Проектные горизонтальные углы обычно рассчитывают по известным значениям дирекционных углов заданных направлений.

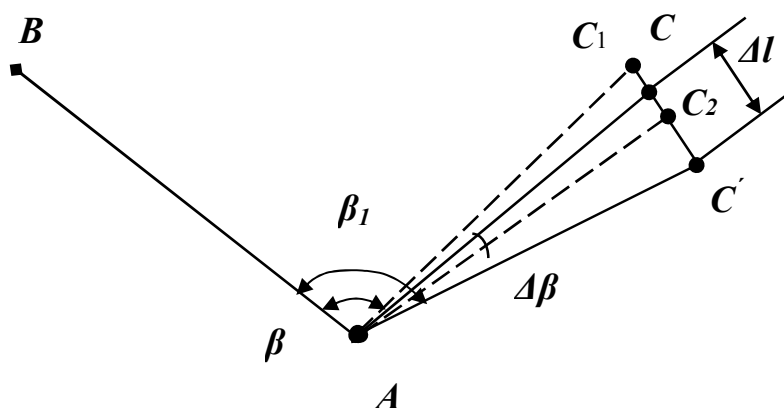


Рис. 1.1 Построение горизонтального угла

Организация лабораторной работы. Преподавателем указывается вершина угла (т. A), исходное направление AB и значение горизонтального угла, который следует построить.

Приборы и принадлежности. Теодолит электронный (цифровой) или оптический, рулетка и ученическая линейка.

Установив теодолит в точке A и, приведя его в рабочее положение, наводятся на точку B , где заблаговременно центрируется визирная марка. От-

счёт по горизонтальному кругу обнуляется (для цифрового теодолита) и, вращением алидады добиваются отсчёта, равного проектному углу. Если используется оптический теодолит, то к отсчёту на точку B прибавляют значение угла β и вращением алидады добиваются отсчёта по горизонтальному кругу, равному вычисленному. Это направление визирной оси закрепляют на местности в точке C_1 . Аналогичные действия выполняют при другом круге теодолита и отмечают на местности вторую точку C_2 . Точка C берётся как среднее из двух построенных, для чего отрезок C_1C_2 делится пополам. Полученная таким образом точка C фиксируется на местности и принимается за окончательное значение проектного угла BAC .

Для цифровых (электронных) теодолитов и тахеометров описанная методика построения горизонтального угла не будет достаточно корректной, поскольку в этих приборах предусмотрены функции исправления коллимационной ошибки автоматическим введением коррекции в измеренные направления. Компенсируются также ошибки за наклон вертикальной и горизонтальной осей вращения, исключены ошибки за влияния эксцентриситета блока датчика угла. Поэтому построение горизонтального угла электронными приборами выполняют несколько иначе. Если требования к точности построения угла не очень высокие (несколько десятков секунд), то угол строят при одном круге с контролем, описанным выше способом для электронных приборов. Однако если необходимо построить проектный угол с повышенной точностью, то независимо от конструкции прибора поступают следующим образом. Построенный на местности выше описанным или другим способом угол измеряют несколькими приёмами и определяют его наиболее вероятное значение. Необходимое число приёмов приближённо можно определить по формуле

$$n = \frac{m_0^2}{m_\beta^2}. \quad (1.1)$$

Здесь m_0 номинальная средняя квадратическая ошибка измерения угла данным прибором; m_β - требуемая средняя квадратическая погрешность построения угла.

Измерив угол, и, найдя среднее, вычисляют $\Delta\beta = \beta - \beta_1$ и находят поправку $\Delta l = l \frac{\Delta\beta}{\rho}$, где l расстояние от вершины до построенной точки. Иначе

говоря, построенный угол исправляют, редуцируют, перемещая точку C в положение C' (рис. 1.1). Для контроля угол измеряют повторно.

Точность построения угла на местности зависит от многих факторов. Основными ошибками построения являются ошибки визирования, центрирования, приборные ошибки и ошибка фиксации уже построенного угла.

1.2. Построение проектного отрезка

При построении *проектного отрезка* заданной длины необходимо от исходной точки отложить в заданном направлении расстояние, горизонтальное проложение которого равно проектному значению. При этом следует помнить, что в проектах и планах отражаются именно горизонтальные проекции линий.

Организация лабораторной работы. Организация работы зависит от наличия соответствующих мерных приборов. Это могут быть рулетка или электронный тахеометр. Преподавателем указывается исходная точка (т. A), исходное направление AB и значение горизонтальной проекции отрезка, который необходимо построить.

Приборы и принадлежности. Это может быть электронный тахеометр или рулетка.

А). Если построение отрезка производится электронным тахеометром, то необходимо отслеживать на дисплее именно горизонтальную составляющую строящегося расстояния и не забывать перед производством измерений, вводить в прибор исходные параметры атмосферы (температуру и давление), а также постоянную поправку прибора в зависимости от используемого отражателя.

Прибор устанавливается над точкой A и приводится в рабочее положение. Прибор следует подготовить к измерениям, ввести параметры атмосферы (в некоторых тахеометрах они могут учитываться автоматически) и постоянную поправку в зависимости от используемого типа отражателя.

Подготовив прибор, зрительную трубу тахеометра направляют на точку B . Помощник с отражателем (триппель призма на вехе) перемещается в направлении, указанном наблюдателем до тех пор, пока наблюдатель не получит на дисплее горизонтальное расстояние, равное проектному. В этом положении отражателя фиксируют острие его вехи на местности.

Контроль построения производят измерением полученного отрезка в режимах «без отражателя» и «на плёнку». Плёнка, при этом, крепится на учебную линейку.

В). Если построение проектного отрезка выполняется рулеткой, то подстилающую поверхность, на которую будет укладываться полотно мерного прибора необходимо предварительно подготовить: выровнять и, если необходимо, выстлать досками или другим подручным материалом. Длину реально откладываемого на местности отрезка вычисляют, введя в данный проектный отрезок поправки за компарирование мерного прибора, за температуру и наклон местности.

Уравнение мерного прибора, иначе говоря, вероятнейшая его длина на момент измерений выглядит так:

$$l_t = l_n + \Delta l_k + \alpha l_{t_0} (t - t_0) + \beta l_{t_0} (t - t_0)^2 \quad (1.2)$$

В этой формуле l_t – длина мерного прибора при температуре измерений t ; l_n – номинальная длина мерного прибора; l_{t_0} – длина мерного прибора при температуре t_0 , полученная из компарирования; α , β – коэффициенты температурного расширения мерного прибора.

Поправка за наклон местности (из-за превышения h одного конца линии над другим) вычисляется по формуле

$$l_h = h^2 / 2S + h^4 / 8S^3, \quad (1.3)$$

где S – длина откладываемого отрезка, и вводится со знаком «+».

Найдя длину мерного прибора на момент измерений и поправку за наклон местности, вычисляют длину наклонного отрезка, который следует построить, как сумму поправок к проектной длине заданного отрезка.

1.3. Построение проектной отметки

При вынесении точки с данной *проектной отметкой* должны быть известны высота исходного репера и место или конструкция, на которой отмечается эта проектная отметка (рис. 1.2).

Организация лабораторной работы. Преподавателем указывается исходный репер, его высота $H_{рен}$, проектная отметка $H_{пр}$, а также место, где эту отметку следует построить (обычно это стена в аудитории или на местности).

Приборы и принадлежности. Нивелир оптический точный или технической точности, рейка нивелирная шашечная.

Для выноса проектной отметки $H_{пр}$ устанавливают нивелир приблизительно посередине между репером с известной отметкой и выносимой точкой. На исходном репере устанавливают нивелирную рейку и производят отсчёт по этой рейке, вычисляя, таким образом, горизонт прибора:

$$H_3 = H_{реп} + a. \quad (1.4)$$

По горизонту прибора и проектной отметке вычисляют такой отсчёт по рейке, как если бы она была установлена на проектной отметке: $b = H_3 - H_{пр}$.

Далее в нужном месте (по стене) рейку перемещают вверх и вниз так, чтобы прочитанный отсчёт по ней был бы равен вычисленному. После этого под пяткой рейки отчерчивают построенную таким образом отметку.

Вынесенную отметку контролируют, определяя её высоту из нивелирования от другого репера с известной отметкой.

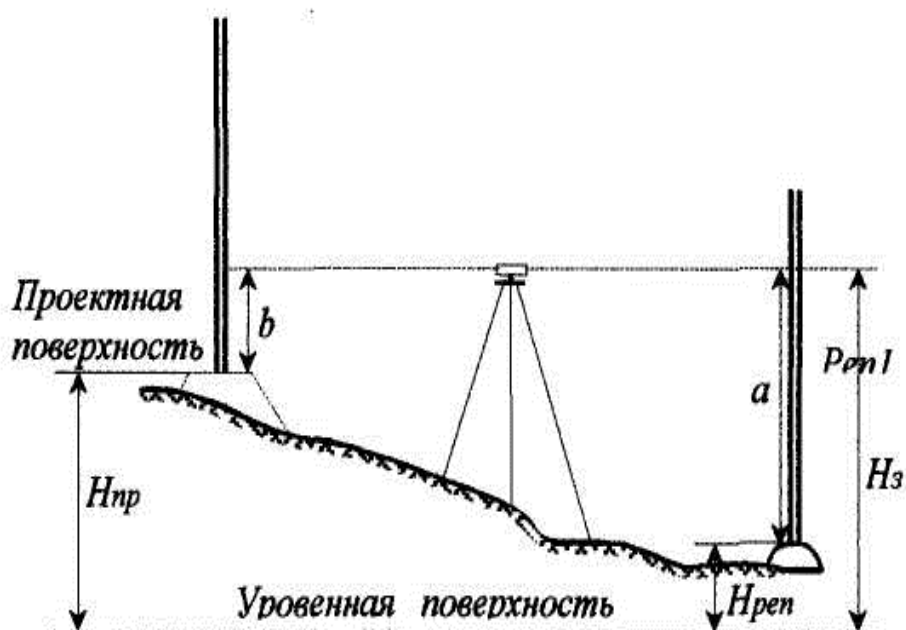


Рис. 1.2. Схема построения проектной отметки

2. РЕШЕНИЯ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ

2.1. Передача координат с центра геодезического пункта на точку установки спутникового приемника

Задача возникает, когда антенну спутникового приёмника необходимо установить над центром геодезического знака, но по причине неблагоприятных условий приёма радиосигнала, или потому что знак является настенным, или по другой причине антенну установить над пунктами не представляется возможным.

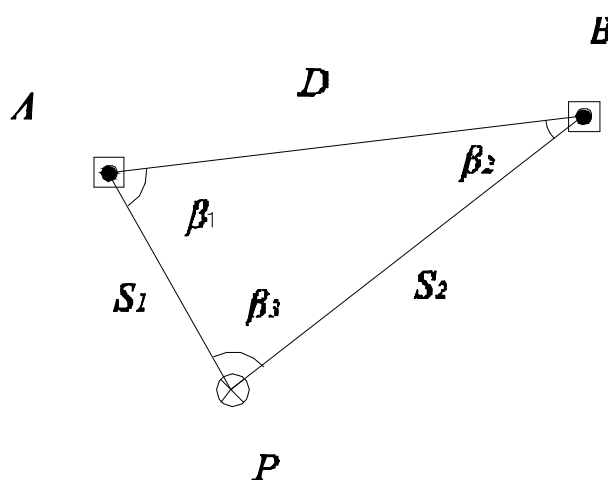


Рис. 2.1. Схема передачи координат с пункта наземной сети на рабочий центр

Организация лабораторной работы. Преподавателем указывается два исходных пункта (A и B) с известными координатами и указывается точка установки антенны (P).

Приборы и принадлежности. Электронный тахеометр, теодолит точный или высокоточный.

При передаче координат с пунктов наземной сети A или B на рабочий центр P установки антенны спутникового приемника (рис. 2.1) могут возникнуть несколько случаев.

1. На пункты наземной сети A и B можно установить теодолит и измерить горизонтальные углы β_1 и β_2 .

Горизонтальные углы β_1 и β_2 измеряют теодолитом с указанной преподавателем точностью. По координатам точек сети, решая обратную геодезическую задачу, следует найти расстояние D и дирекционный угол стороны AB .

Решая треугольник ABP по теореме синусов, находят стороны S_1 и S_2 и, найдя дирекционные углы этих сторон по горизонтальным углам β_1 и β_2 и дирекционному углу исходной стороны AB , вычисляют дважды от точек A и B координаты точки стояния антенны решением прямой геодезической задачи.

Через сторону S_1 задача решается так:

$$\begin{aligned} X_P &= X_A + S_1 \cdot \cos \alpha_{AP}; \\ Y_P &= Y_A + S_1 \cdot \sin \alpha_{AP}; \\ \alpha_{AP} &= \alpha_{AB} + \beta_1. \end{aligned} \quad (2.1)$$

2. Если на пункты A и B нет возможности установить прибор, но центры знаков видны (настенные знаки), то при наличии электронного тахеометра его устанавливают над точкой P и, войдя в режим обратной засечки, выполняют наблюдения пунктов A и B в безотражательном режиме, определяя таким образом координаты точки стояния. При отсутствии функции безотражательного режима, на центры стенных знаков следует приклеить марки катафоты. Обратная линейно-угловая засечка контролируется по наличию избыточного измерения. Для большей уверенности в результатах выполняют измерения на три пункта, т. е. необходима видимость ещё на один знак сети.

3. Пункты геодезической сети могут располагаться на крышах домов или быть просто недоступны. Здесь также возможны несколько вариантов.

Если на пункты можно установить отражатели, то электронным тахеометром решается обратная засечка, и находятся координаты точки P .

Если видны только визирные цилиндры пунктов A и B (рис. 2.2) наземной сети и измерить расстояния до этих пунктов не представляется возможным, то задача решается следующим образом.

Для вычисления координат точки P необходимо знать длину линии S и дирекционный угол направления AP .

Для этих целей в точке P разбивают два базиса b_1 и b_2 так, чтобы образовавшиеся треугольники $PA1$ и $PA2$ были бы близки равносторонним. Длины базисов измеряют рулеткой или тахеометром. Затем теодолитом или тахеометром измеряют горизонтальные углы $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ и β_5 . Количество приёмов измере-

ния определяют по приведённой ранее формуле (1.1), исходя из заданной преподавателем точности измерения угла.

По результатам измерений вычисляется длина S и дирекционный угол направления AP .

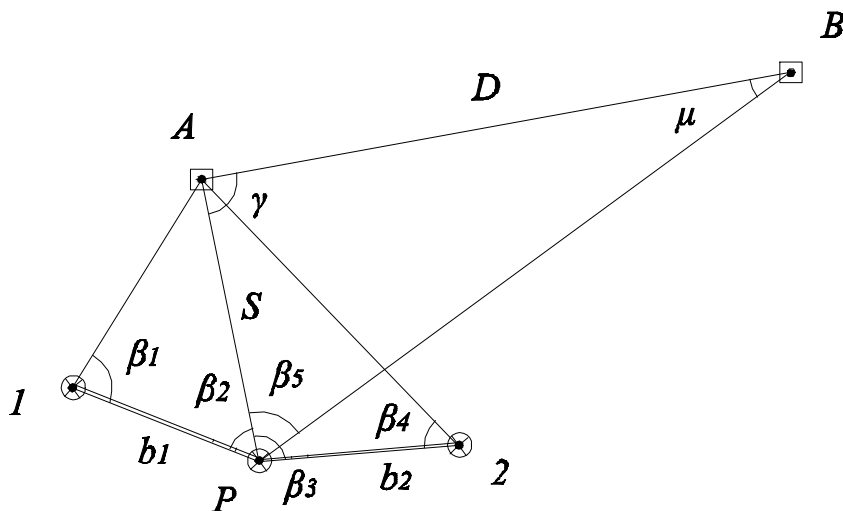


Рис. 2.2. Передача координат с вершины на землю

$$S = \frac{b_1 \sin \beta_1}{\sin(\beta_1 + \beta_2)} = \frac{b_2 \sin \beta_4}{\sin(\beta_3 + \beta_4)};$$

$$\sin \mu = \frac{S \sin \beta_5}{D}; \quad \gamma = 180^\circ - (\mu + \beta_5);$$

$$\alpha_{AP} = \alpha_{AB} + \gamma.$$
(2.2)

Здесь D – длина опорной стороны AB .

Координаты точки P вычисляются по формулам:

$$X_P = X_A + S \cdot \cos \alpha_{AP};$$

$$Y_P = Y_A + S \cdot \sin \alpha_{AP}.$$
(2.3)

Контроль найденных координат точки P можно выполнить дважды вычислив дирекционный угол стороны PB :

$$\alpha_{PB} = \alpha_{PA} + \beta_5; \quad \operatorname{tg} \alpha_{PB} = \frac{Y_B - Y_P}{X_B - X_P}.$$
(2.4)

2.2. Установка теодолита в створ.

Задача возникает чаще всего на строительной площадке, когда необходимо теодолит или тахеометр установить на какой либо строительной оси.

Организация лабораторной работы. Преподавателем указывается два исходных пункта A и B , образующих створ (две точки на противоположных стенах аудитории) и точка исходного положения теодолита (тахеометра).

Приборы и принадлежности. Электронный тахеометр или точный теодолит, рулетка, линейка ученическая.

Для того чтобы установить теодолит в створ двух исходных точек A и B поступают следующим образом.

Пусть исходное положение теодолита соответствует точке T (рис. 2.3). Теодолит приводят в рабочее положение и измеряют угол β полным приёмом. Кроме того, рулеткой (или тахеометром) измеряют расстояния S_1 и S_2 до этих точек.

Подсчитав угол $\varepsilon = 180^\circ - \beta$, находят нестворность Δ по формуле

$$\Delta = \frac{S_1 \cdot S_2}{(S_1 + S_2)} \cdot \frac{\varepsilon}{\rho}. \quad (2.5)$$

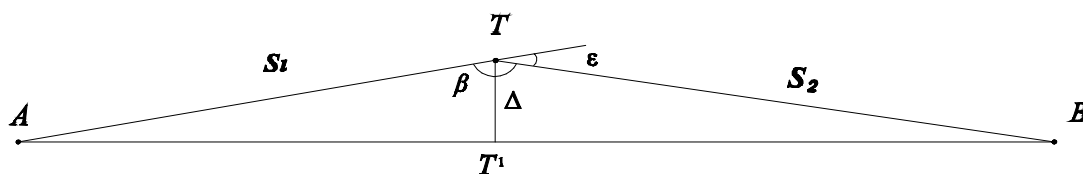


Рис. 2.3. Установка теодолита в створ

Здесь $\rho = 206265''$. При помощи оптического центрира теодолита фиксируют проекцию его оси вращения на заранее подготовленной поверхности (скажем на поверхности фанеры, закреплённой под теодолитом).

Отложив ученической линейкой в направлении предполагаемого створа значение Δ , находят точку T' , над которой заново центрируют теодолит и выполняют контрольные измерения. Контрольные измерения заключаются в по-

вторном измерении угла β , который должен быть равным 180° . Отличие от 180° может составить, скажем, для теодолита 3Т2КП, не более $10''$, что для расстояний в 50 м выразится нестворностью в 1,2 мм.

2.3. Построение перпендикуляра к базовой линии

Задача может возникнуть на строительной площадке при монтаже строительных конструкций или в цеху при монтаже технологического оборудования.

Организация лабораторной работы. Преподавателем указывается два исходных пункта A и B , образующих базовую линию (две точки на стене аудитории на уровне груди) и точка исходного положения теодолита (тахеометра).

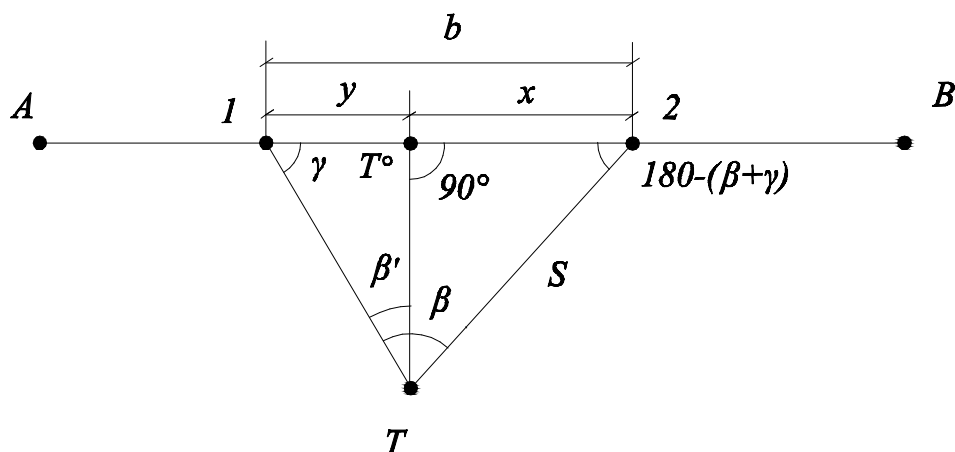


Рис. 2.4. Построение перпендикуляра к базовой линии

Приборы и принадлежности. Электронный тахеометр или точный теодолит, рулетка.

Пусть AB есть базовая линия, точки которой недоступны для установки теодолита и к этой линии необходимо построить перпендикуляр с точки T , где установлен теодолит (рис. 2.4).

Задача сводится к отысканию основания перпендикуляра (точка T°), опущенного с точки стояния теодолита на базовую линию. Для этих целей на базовой линии выбирают и намечают на некотором удалении друг от друга две точки 1 и 2 . Рулеткой измеряют расстояние между этими точками, а также изме-

ряют расстояние S от точки 2 до оси вращения теодолита. Измеряется также угол β в точке стояния прибора.

Очевидно

$$\begin{aligned}\gamma &= \arcsin\left(\frac{S}{b} \sin \beta\right); \\ x &= S \cdot \cos[180^\circ - (\beta + \gamma)]; \\ y &= S \cdot \sin[180^\circ - (\beta + \gamma)] \cdot \operatorname{ctg} \gamma.\end{aligned}\tag{2.6}$$

Найдя отрезки x и y , находят положение точки T° на базовой линии, построением этих отрезков соответственно от точек 2 или 1. Очевидно, контролем будет служить равенство $x + y = b$. Расхождение между суммой вычисленных значений x и y и измеренной величиной b может составить 2-3 мм.

Кроме этого контроля, следует проверить выполнение условия $\gamma + \beta' = 90^\circ$, для чего необходимо измерить угол β' .

2.4. Построение направления, параллельного базовой линии

В протяжённых направляющих со сложным креплением и с большими пролётами (подкрановые пути) выверку параллельности производят от двух параллельных створов. При исполнительной съёмке конструкций, установленных по монтажной оси, также возникает задача построения створа, параллельного оси, с целью производства съёмки методом бокового нивелирования. Часто в таких случаях створ задаётся коллимационной плоскостью теодолита, ориентированного параллельно базовой линии.

Организация лабораторной работы. Преподавателем указывается два исходных пункта, образующих базовую линию (две точки на уровне груди вдоль стены аудитории) и указывается точка установки теодолита.

Приборы и принадлежности. Теодолит точный или технической точности, рейка нивелирная шашечная, рулетка.

Ориентировать коллимационную плоскость теодолита параллельно базовой линии можно несколькими способами. Рассмотрим два из них.

На рисунке 2.5 а) приведён способ построения параллельного направления путём введения поправки в отсчёт по горизонтальному кругу теодолита,

коллимационная плоскость которого ориентирована приблизительно (на глаз) параллельно базовой линии.

Теодолит устанавливают в точке T на некотором удалении от базовой линии, заданной точками A и B и приводят в рабочее положение. Предположим, зрительная труба теодолита занимает некоторое положение, близкое к искомому (визирная ось Tab составляет небольшой угол $\Delta\alpha$ с параллелью Tx к базовой линии AB).

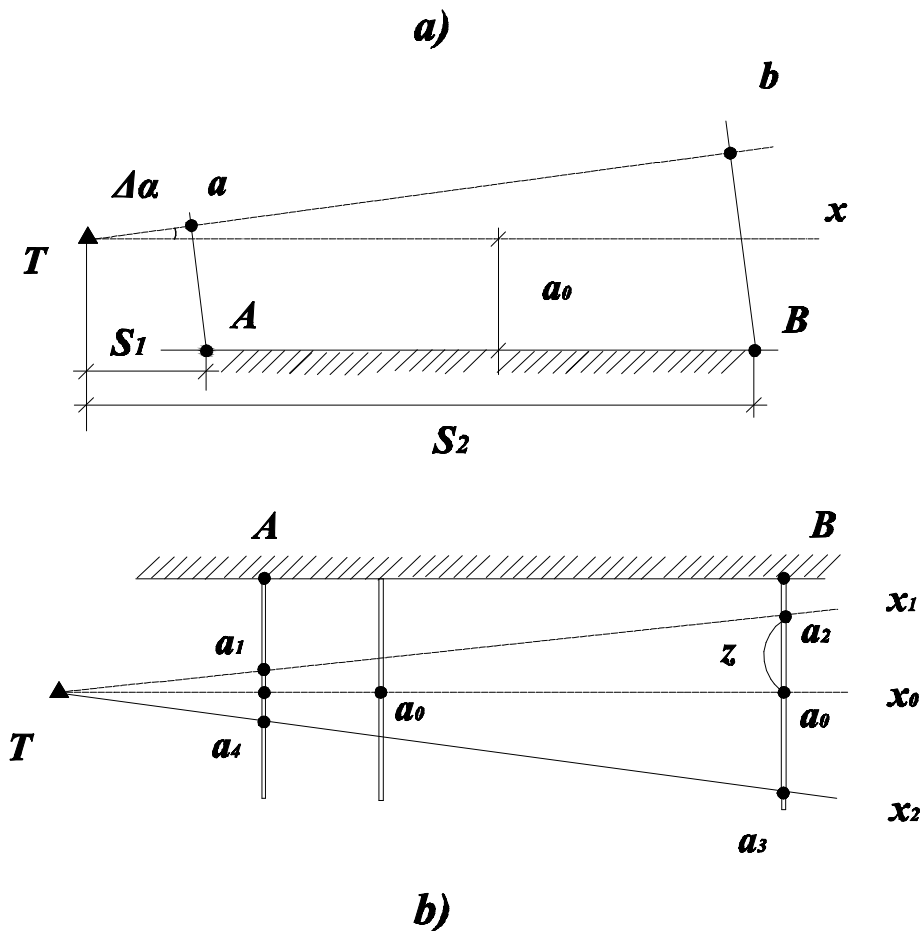


Рис. 2.5. Построение направления, параллельного базовой линии

К базовой линии в точках A и B последовательно прикладывается (перпендикулярно плоскости стены) нивелирная шашечная рейка и производятся отсчёты a и b по рейке относительно вертикальной нити сетки нитей теодолита. Если разность отсчётов $\Delta = b - a$ не равна нулю, то трубу теодолита следует повернуть на угол $\Delta\alpha$, значение которого вычисляют по формуле

$$\Delta\alpha = \frac{b-a}{S_2-S_1} \cdot \rho, \quad (2.7)$$

где S_1 и S_2 горизонтальные расстояния от проекции точки стояния теодолита на створ, образованный базовой линией до точек, определяющих базовую линию. Расстояния (горизонтальные проекции) измеряются рулеткой.

Для контроля отложения угла $\Delta\alpha$ целесообразно вычислить отсчёт a_0 по рейкам, соответствующий параллельному положению коллимационной плоскости теодолита к заданной базовой линии:

$$a_0 = b - \frac{b-a}{S_2-S_1} \cdot S_2 = a - \frac{b-a}{S_2-S_1} \cdot S_1. \quad (2.8)$$

Этот отсчёт должен сохраняться в точках A и B в пределах 2-3 мм.

Задача может быть решена без линейных измерений рулетками, а при помощи только нивелирных реек, прикладываемых горизонтально в исходных точках A и B приблизительно перпендикулярно (на глаз) к базовой линии.

Установив теодолит в точку T , на некотором удалении от базовой линии (рис. 1.7, b), приводят его в рабочее положение и зрительную трубу визуальнo ориентируют по направлению Tx_1 так, чтобы её коллимационная плоскость в перспективе пересеклась с направлением базовой линии. В этом положении зрительной трубы относительно вертикальной нити сетки производят отсчёты по рейке a_1 и a_2 , последовательно прикладываемой к точкам A и B .

При следующем положении зрительной трубы, когда её коллимационная плоскость ориентирована по направлению Tx_2 на удаление от базовой линии, по рейкам, приложенным к тем же точкам, последовательно читают отсчёты a_3 и a_4 . Далее вычисляется отсчёт по рейке $a_0 = a_2 + z$, соответствующий параллельному положению визирной плоскости к базовой линии. Здесь z вычисляют по формуле

$$z = \frac{(a_1 - a_2)(a_3 - a_2)}{(a_1 - a_2) + (a_3 - a_4)}. \quad (2.9)$$

Вычислив отсчёт a_0 , устанавливают рейку на одну из исходных точек (естественно на дальнюю) и, наведя вертикальную нить сетки на этот отсчёт, закрепляют трубу. Это и есть искомое положение трубы. Контролируют построенное направление по другим точкам (т. A), задающим базовую линию.

3. ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОНТАЖА И ВЫВЕРКИ КОНСТРУКЦИЙ

3.1. Общие определения

Установка или монтаж конструкций и технологического оборудования в проектное положение осуществляется относительно их монтажных осей, которые размечаются на конструкциях или их расположение оговаривается в рабочих чертежах и в проектной документации. Установка конструкций производится от строительных осей и от пунктов их закрепляющих в *плане* по *высоте* и по *вертикали*.

Задача *плановой* установки или контроля положения конструкций и оборудования относительно монтажных осей решается путем раздельного определения *нестворностей* контролируемых точек и их положения по *высоте*. Под *створом* понимают вертикальную плоскость, проходящую через точки начала A и конец B прямой AB (рис. 3.1).

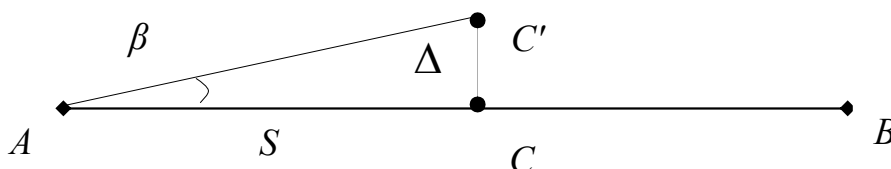


Рис. 3.1. Схема створных измерений

Нестворность $\Delta=C'C$ определяется длиной перпендикуляра, опущенного из контролируемой точки C' на вертикальную плоскость заданного створа. Условно принимают, что нестворность положительна, если контролируемая точка расположена вправо от створа AB , и отрицательна – если влево.

Нестворности могут быть определены или измерены непосредственно (способ подвижной марки) или вычислены по результатам измерения других величин: малых углов β и расстояний S . Створ AB может быть задан струной, оптически – при помощи визирной оси зрительных труб, коллиматоров и др., лучом света, в том числе и осью лазерного луча, а также осью симметрии интерференционной картины от когерентного источника света. В связи с этим различают как способы створных измерений, так и разнообразные программы из-

мерений.

На лабораторных занятиях студентами изучается дифракционный способ створных измерений. Кроме того, изучается струнно-оптический метод створных измерений, в котором центрирование струны над опорными знаками створа и измерение нестворностей промежуточных точек осуществляется при помощи оптических центрировочных (ОЦП) и проектирующих (ОПП) приборов различной конструкции или отсчетных микроскопов с вертикальной оптической осью.

При *высотной* установке и выверке конструкций и оборудования применяют, в основном, три метода нивелирования: геометрическое, микро nivelирование и гидронивелирование.

Контроль *вертикальности* конструкций может быть выполнен обыкновенным нитяным отвесом, при помощи коллимационной плоскости зрительной трубы теодолита, а также используя специальные приборы вертикального проектирования.

3.2. Дифракционный способ створных измерений

Назначение и краткие основы способа. Дифракционный способ применяется при высокоточных створных измерениях для установки и выверки специального оборудования. Способ основан на опытах Юнга для дифракции света от двух щелей.

Луч света от источника (лампа накаливания) A через коллиматор проходит через узкую щель марки M_1 , и попадает на марку M_2 с двумя щелями a_1 и a_2 .

На экране L в зоне наложения световых потоков возникает система полос, образующих интерференционную картину. При наблюдении в белом свете центральная полоса картины легко определяется, так как она будет белой (максимум) или голубой (минимум). Цвет любой другой полосы изменяется от фиолетового к красному, проходя через всю гамму цветов.

При перемещении марки M_2 перпендикулярно к оси AB происходит перемещение картины в плоскости экрана L . Именно эта особенность и положена в основу дифракционного способа створных наблюдений.

Конструкция дифракционного прибора. Как отмечалось выше, в комплект дифракционного прибора входят источник света A , однощелевая

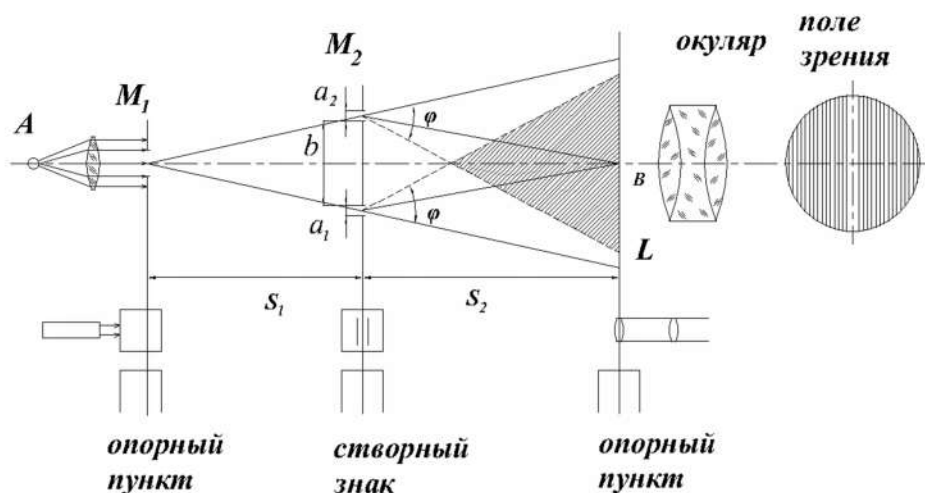


Рис. 3.2. Схема дифракционного способа.

марка M_1 , двухщелевая марка M_2 , приемник света L .

В лабораторной установке в качестве источника света используется проекционная лампа накаливания мощностью 30 - 50 Вт с коллимирующей оптической системой.

Однощелевая марка выполняет две функции:

- Ось щели марки является линией, фиксирующей начальное положение створа.
- При использовании ламп накаливания узкая щель необходима для получения когерентного светового потока.

Двухщелевая марка необходима для получения интерференционной картины разделением светового потока на два. С помощью подвижной двухщелевой марки определяется отклонение точек от створа.

Приемник света служит для наблюдения интерференционной картины. Интерференционная картина формируется в плоскости сетки нитей приемника света и рассматривается глазом наблюдателя с помощью линзы с увеличением $2\times - 3\times$.

Организация лабораторной работы. Преподавателем указываются два опорных пункта, образующих базовую линию (источник и приёмник света), створный знак с подвижной двухщелевой маркой, демонстрируется интерферен-

ционная картина.

Программа наблюдений. Наблюдения выполняются бригадой по способу подвижной марки. Один прием наблюдений включает два полуприема и состоит из следующих действий.

В первом полуприеме наблюдатель рассматривает интерференционную картину в окуляре приемника света и, заметив, что центр интерференционной картины не совпадает с осью симметрии сетки нитей, заключает, что двухщелевая марка смещена со створа.

Для того чтобы двухщелевая марка находилась на створе, необходимо, чтобы помощник по команде наблюдателя микрометрическим винтом марки перемещал ее до тех пор, пока наблюдатель не определит, что центральный максимум интерференционной картины совпал с осью симметрии сетки нитей приемника света.

В этот момент по команде наблюдателя помощник берет отсчет $a_{Л1}$ по отсчетному устройству марки. После снятия отсчета $a_{Л1}$ экран двухщелевой марки выводится из створа и снова вводится в створ и в момент введения берется второй отсчет $a_{Л2}$. Из двух отсчетов вычисляется средний.

Далее необходимо двухщелевую марку повернуть во втулке на 180° и снова сделать два введения в створ, взяв отсчеты $v_{Л3}$ и $v_{Л4}$ по отсчетному устройству.

Разворот марки на 180° дает возможность в процессе наблюдений контролировать место нуля двухщелевой марки, т.е. такой отсчет по отсчетному устройству марки, при котором ось симметрии щелей совпадает с осью вращения марки. Если на марке поставить отсчет, равный МО, то марка будет центрирована на знаке. Все эти действия составляют один полуприем.

Перед началом второго полуприема необходимо для исключения эксцентриситета повернуть на 180° во втулках знаков однощелевую марку и приемник света и затем выполнить действия, описанные выше в первом полуприеме. В каждом полуприеме вычисляется МО марки:

$$MO = \frac{a_{cp.} + v_{cp.}}{2} \quad (3.1)$$

и нестворность q , равная

$$q = MO - a_{cp.} = v_{cp.} - MO, \quad (3.2)$$

или

$$q = a_{cp.} - MO = MO - v_{cp.} \quad (3.3)$$

Применение формулы (3.2) или (3.3) зависит от принятого правила знаков и начала счета делений на отсчетном устройстве микрометра подвижной марки.

Журнал и оценка результатов наблюдений. Каждый член бригады выполняет по три приема наблюдений. Прием записи результатов наблюдений и их обработка приведены в таблице 1.

Средняя квадратическая ошибка уклонения знака от створа (нестворность) из одного приема вычисляется по формуле:

$$m_q = \sqrt{\frac{[V^2]}{n-1}}, \quad (3.4)$$

где n - количество приемов наблюдений; V - уклонение от среднего значения.

Средняя квадратическая ошибка определения нестворности из n приемов вычисляется по формуле:

$$M_q = \frac{m_q}{\sqrt{n}}. \quad (3.5)$$

Таблица 3.1. Журнал наблюдений нестворностей

Наблюдатель: Суханов Д.В.

Дата: 25.11.10

№ приема	№ полу-приема	Отчеты по микрометру марки		МО, м м	q, мм	q _{cp.} , мм
		a _л	v _п			
1	1	3,68 (1)	6,21 (3)	4,97	-	-
		3,72 (2)	6,26 (4)			
	ср	<u>3,70</u>	<u>6,24</u>			
	2	4,20 (5)	5,70 (7)			
		<u>4,15 (6)</u>	<u>5,72 (8)</u>			
	ср.	4,18	5,72			

Примечание: расхождение значений а и в в приемах, в полуприёме и МО в приемах не более 0,05 мм.

3.3. Выверка подкранового пути мостового крана

Формулировка задачи. Мостовые краны предназначены для перемещения грузов на небольшие расстояния в пределах цеха или площадки. Такие краны являются обязательным оборудованием в сборочных цехах промышленных предприятий, ГЭС, научных лабораторий и др.

Для обеспечения нормальных условий эксплуатации рельсовый путь, по которому перемещается кран, должен отвечать определенным требованиям:

- правая и левая нитки рельсового пути должны быть прямолинейны и должны находиться на одной высоте;
- расстояние между левой и правой ниткой рельсов должно быть равно проектной ширине колеи.

В процессе эксплуатации названные требования нарушаются в силу деформации несущих колонн и подкрановых балок, износа рельсов и пр. В этой связи возникает необходимость повторных выверок пути.

Студентам предлагается произвести съемку одной нитки макета рельсового пути, расположенного на одной из стен лаборатории. При этом необходимо проверить выполнение лишь первых двух требований: определить величины отклонений рельсового пути от прямолинейности и горизонтальность рельсового полотна.

Организация лабораторной работы. Преподавателем указывается два исходных пункта, образующих базовую линию и указывается точка установки теодолита.

Приборы и принадлежности. Теодолит точный или технической точности, рейка нивелирная шашечная, рулетка.

Описание оборудования. Рельсы подкранового пути располагаются на кронштейнах, закрепленных в стене лаборатории. Нитка пути состоит из четырех отрезков рельса разной длины. На концах каждого отрезка замаркированы точки наблюдений (№ 11-12, 13-14, 15-17, 18-19); дополнительно отмечена точка № 16 в середине одного из отрезков.

Примерно параллельно рельсовой нитке, на расстоянии около трех метров от нее, закреплена двумя стенными марками (c_a, c_b) и центром A в полу лаборатории ось пути (рис. 3.3). Для фиксации точки B на створе оси пути используется переносной центр.

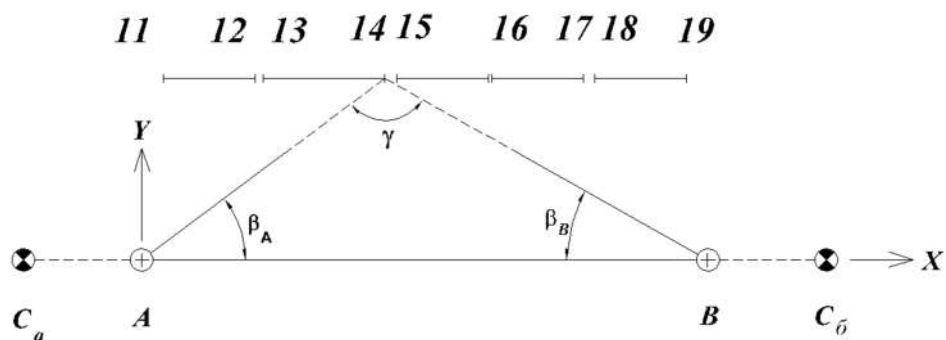


Рис. 3.3. Съёмка прямой угловой засечкой

Методика съёмки с помощью теодолита. В качестве одного из методов съёмки предлагается использовать метод прямой угловой засечки (для определения координат точек на рельсе) и метод тригонометрического нивелирования (для определения высот снимаемых точек).

Базисом засечки $AB = b$ является расстояние между центрами A и B , которое следует измерить рулеткой (рис. 3.3). Направление AB принимается за ось абсцисс.

В точках A и B измеряются горизонтальные углы β_A и β_B на каждую из маркированных точек на рельсе. Зная $AB = b$, а также горизонтальные углы β_A и β_B вычисляются координаты каждой из наблюдаемых точек рельса. Приняв координату «у» одной из точек (например 15) в качестве проектной, неизменной (т.е. $y_{15} = y_0 = const$) определяют отклонение каждой точки $y - y_0 = \Delta y$ от проектного положения и, следовательно от прямой, параллельной AB .

По известным координатам точек на рельсовом полотне и точек A и B из решения обратной геодезической задачи находят расстояния между снимаемыми точками и концами базиса. Далее по измеренным в точках A и B зенитным расстояниям (или углам наклона) и вычисленным расстояниям нахо-

дят превышения между осью вращения зрительной трубы теодолита и наблюдаемыми точками. Превышения каждой точки определяются дважды: с точки A и с точки B . Для получения высот (условных отметок) точек рельса необходимо на точках A и B дополнительно определить горизонт инструмента. Горизонт инструмента определяется по известной высоте репера известным способом.

Контроль выполненных измерений и вычислений прямолинейности следует выполнить методом бокового нивелирования или повторить измерения электронным тахеометром, а горизонтальность пути следует проверить методом геометрического нивелирования.

Организация лабораторной работы. Преподавателем указывается два исходных пункта A и B , образующих базовую линию, координаты точки A , указывается репер и его отметка.

Приборы и принадлежности. Теодолит точный (ЗТ2КП), рейка нивелирная шашечная, рулетка, электронный тахеометр.

Порядок проведения наблюдений. Теодолит тщательно центрируют над точкой A (или B). В створе оси пути ($A - C_0$) на расстоянии около 8 м, фиксируют переносной центр B . Рулеткой тщательно измеряют базис засечки AB и записывают результат в журнал. После этого приступают к измерению горизонтальных углов β_A , при этом, для сокращения времени, ограничиваются наблюдением четырех-пяти точек на рельсе. Углы измеряют способом круговых приемов, отсчеты по лимбу производят при однократном совмещении штрихов, округляя их до 10".

Выполнив наблюдения при круге лево (КЛ) и при круге право (КП), переходят на наблюдения зенитных расстояний z . Зенитные расстояния, для ускорения измерений, целесообразно измерить сначала на все точки (11, 12, 13,...) при (КЛ), а затем - в обратном порядке (19,18,17,...) при (КП). Завершив эту часть работы, переносят теодолит в т. B , где выполняют аналогичные наблюдения. Следует помнить, прежде чем снять теодолит с т. A , а по завершении наблюдений с т. B , что необходимо определить высоту оси вращения трубы теодолита – горизонт инструмента. Это позволит вычислить высоты точек на рельсе.

Для определения горизонта инструмента ($H_{ГИ}$) необходимо установить на вертикальном круге теодолита отсчет, равный $z = 90^\circ + MZ$ и, визируя на

рейку, установленную на репере, произвести отсчёт a по шкале рейки.

Горизонт инструмента находят по формуле: $H_{ГИ} = H_M + a$, где H_M - условная отметка репера (ее можно принять равной например 100,000 м); a - отсчет по рейке. Результаты измерения углов заносят в журнал измерений горизонтальных углов круговыми приёмами.

Порядок обработки. Обработку результатов измерений следует вести, используя следующие формулы.

Координаты точек (P) на рельсе вычисляют, по формулам прямой угловой засечки

$$X_P = X_A + \frac{(X_B - X_A)ctg\beta_A + (Y_B - Y_A)}{ctg\beta_A + ctg\beta_B}, \quad (3.6)$$

$$Y_P = Y_A + \frac{(Y_B - Y_A)ctg\beta_A - (X_B - X_A)}{ctg\beta_A + ctg\beta_B}. \quad (3.7)$$

Для нахождения расстояний от точек A или B до наблюдаемых точек (P) на рельсе используют формулу

$$S_P = \sqrt{(X_P - X_A)^2 + (Y_P - Y_A)^2}. \quad (3.8)$$

Отметка точек рельса находится из соотношений

$$H_P = H_{ГИ} + h_P = H_M + a + h_P, \quad (3.9)$$

где H_M - отметка стенной марки; a - отсчет по шкале нивелирной рейки. Превышение h_P вычисляют по формуле

$$h_P = S_P ctgz. \quad (3.10)$$

Из предварительной оценки точности результатов измерений для наиболее неблагоприятно расположенной точки (19) в условиях лаборатории можно получить ошибку около 0,5 мм. Грубые ошибки в координатах легко обнаружить по резким их отклонениям от проектных значений.

Высоты точек на рельсе определяются дважды (с т. A и т. B). Оценку точности определения высот следует выполнить по разностям двойных измерений.

Методика съёмки с помощью тахеометра. При работе с электронным тахеометром (рис. 3.4) на уровне пола цеха разбивается базис, параллельно несущим конструкциям путей.

Приняв первую точку базиса за начало координат, направление базиса совмещают с направлением одной из осей координат (например, с осью Y), тогда вторая точка базиса будет иметь координаты $X = 0,000$; $Y = S_b$, где S_b – длина

базиса. Таких базисов может быть несколько.

Электронный тахеометр устанавливают на первую точку базиса, приводят в рабочее положение и, войдя в режим съёмки, вводят координаты точки стояния. Ориентируют тахеометр по второй точке базиса, установив отсчёт равный $90^{\circ}00'00''$.

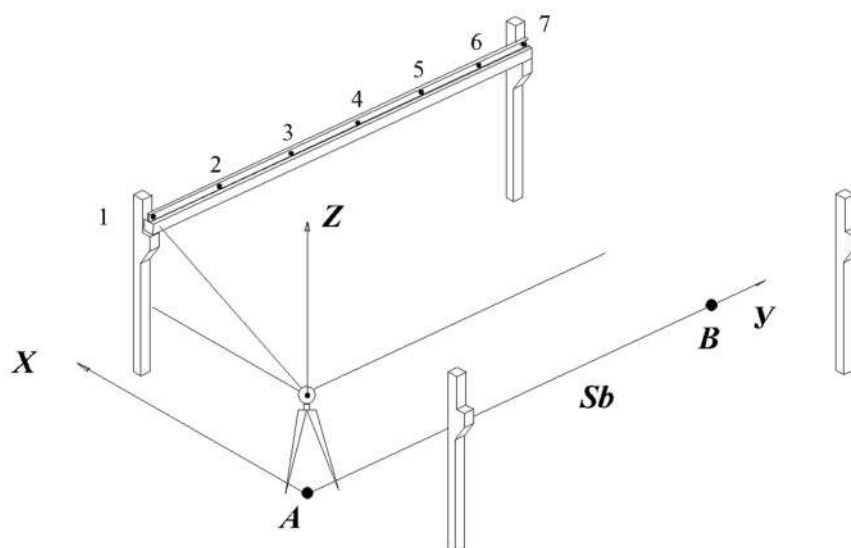


Рис. 3.4. Исполнительная съёмка подкрановых путей

Последовательно наводясь на снимаемые точки, выполняют съёмку, т.е. определяют координаты этих точек, включая режим измерений. Снимаемые точки должны быть каким-либо образом закреплены (отмечены). Так, если съёмка выполняется «на плёнку», то в съёмочных точках должны быть приклеены марки катафоты (светоотражающая плёнка). Если светоотражающей плёнки нет, то в снимаемых точках устанавливается уголкового отражатель. Если электронный тахеометр обладает режимом безотражательных измерений, то снимаемые точки просто помечают краской. В зависимости от выбранного отражателя следует установить соответствующую постоянную поправку прибора.

Закончив работу на первой точке базиса, тахеометр устанавливают на вторую точку и приводят в рабочее положение. В режиме съёмочных работ вво-

дят координаты точки стояния $X = 0,000$; $Y = S_b$. Ориентируют тахеометр по первой точке базиса и устанавливают значение $270^{\circ}00'00''$. Съёмку повторяют, вторично определяя координаты снимаемых точек.

Третья координата H определяется одновременно с координатами X и Y через высоту прибора H_n . Высота прибора вычисляется по строительному реперу, на который устанавливают нивелирную рейку, а зрительную трубу тахеометра выставляют в горизонтальное положение по отсчету вертикального круга (0° или 270°). Прибавив отсчет по рейке к высоте репера, получают высоту прибора. Высота прибора используется для вычисления высот снимаемых точек.

Результаты съёмки могут явиться, как свидетельством окончательного планово-высотного положения рельсовых путей, но также исходной информацией для производства рихтовки, т.е. исправления положения рельсов.

3.4. Микронивелирование

Назначение и устройство прибора. Микронивелирование применяется для высотной выверки оборудования, строительных конструкций, направляющих и т. д., т. е. там, где решается задача определения горизонтальности поверхностей.

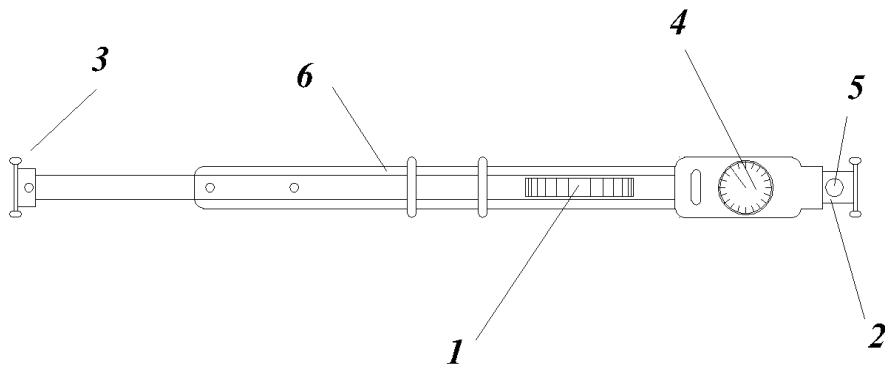


Рис. 3.5. Микронивелир

Микронивелир (рис. 3.5) представляет собой прибор, состоящий из жесткого основания $б$, вдоль которого установлен цилиндрический уровень 1 с ценой деления $5''$, и имеет по краям две опоры: подвижную 2 и неподвижную 3 , расстояние между которыми называется шагом или базой микронивелира.

Подвижная опора 2 жестко связана с индикатором часового типа 4, который позволяет определить превышение непосредственно в миллиметрах.

Прежде чем приступить к работе с микронивелиром, необходимо на проверяемой поверхности разметить места постановки опор микронивелира, откладывая и фиксируя расстояния, равные базе микронивелира. Фиксированные точки отмечают кружками диаметром 6-8 мм. При работе опоры микронивелира ставят в центр размеченных кружков.

Производство наблюдений начинают с установки подвижной опоры на точку 1 (рис.3.6).

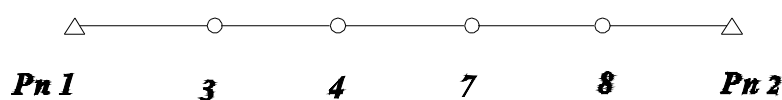


Рис. 3.6. Нивелирный ход

Подъемным винтом 5 приводят пузырек уровня в нуль-пункт и берут отсчет по индикатору, что будет соответствовать заднему отсчёту “З”. Затем переставляют нивелир на 180°, снова приводят пузырек уровня в нуль-пункт и берут второй отсчет по индикатору “П”.

$$h = \frac{\Pi - 3}{2} \quad (3.5)$$

Одновременно с определением превышения на каждой станции определяют место нуля прибора.

Место нуля – это отчет по индикатору, при котором ось уровня параллельна линии, соединяющей опоры микронивелира, и его значение может быть вычислено по формуле:

$$MO = \frac{3 + \Pi}{2} \quad (3.6)$$

Тогда (3.5) с учетом (3.6) можно записать следующим образом:

$$h = MO - 3 \quad (3.7)$$

Место нуля прибора должно быть постоянным, непостоянство MO может колебаться в пределах $\pm 0,05$ мм.

Если же колебание $МО$ превышает указанное значение, то это является свидетельством того, что прибор необходимо отъюстировать, либо устранить неровности на нивелируемой поверхности.

Журнал, контроль наблюдений и оценка точности. При выполнении работы бригаде необходимо произвести нивелирование направляющей (швеллерная балка) в ходе “прямо” и “обратно”. Записи производятся в журнале. Форма журнала приведена ниже (табл. 3.2).

Таблица 3.2. Журнал наблюдений микронивелиром

Наблюдатель: Егоров К.Г.

Дата: 05.12.10

№ точ	Прямой ход, мм				Обратный ход, мм				$h_{ср.}$ мм	d , мм
	З	П	МО	$h_{пр}$	З	П	МО	$h_{обр.}$		
1-2	5,34	5,43	5,38	+0,04	5,40	5,34	5,37	- 0,03	+0,04	+0,01
2-3	4,45	6,39	5,42	+0,97	6,38	4,39	5,38	-1,00	+0,98	-0,03

При измерении превышений в прямом и обратном направлениях оценка точности результатов может быть выполнена по разностям двойных измерений:

$$d = h_{пр.} - h_{обр.} \quad (3.8)$$

В этом случае средняя квадратическая ошибка m_1 превышения, измеренного на одной станции в прямом или обратном ходе, может быть вычислена по формуле:

$$m_1 = \sqrt{\frac{[d^2]}{2n}}, \quad (3.9)$$

где n - число разностей (или станций в ходе).

Если превышения на станции $m_{ст.}$ вычисляются по формуле:

$$h_{cp.} = \frac{1}{2}(h_{np.} - h_{обр.}), \quad (3.10)$$

то средняя квадратическая ошибка m_1 будет равна $m_{cm.} = \frac{m_1}{\sqrt{2}}$.

Тогда средняя квадратическая ошибка передачи отметки в микролирином ходе определится формулой: $m_{хода} = m_{cm.} \sqrt{n}$.

3.5. Нивелирование коротким лучом

Назначение, особенности выполнения измерений.

Геометрическое нивелирование, как оперативный способ, является наиболее распространенным, обеспечивающим требуемую точность практически для любого вида строительства. При высотной установке конструкций в настоящее время больше применяют оптические нивелиры с компенсаторами, т.е. с самоустанавливающейся линией визирования. Зрительные трубы современных нивелиров имеют, в основном, прямое изображение. Увеличение зрительных труб высокоточных оптических нивелиров может составлять около 40^x , для технических $20 \div 30^x$.

Геометрическое нивелирование широко применяется для наблюдений за осадками, при выверке и монтаже различного инженерного оборудования. Для получения высоких результатов придерживаются следующих принципов.

1. Применяются цифровые нивелиры, нивелиры с самоустанавливающейся линией визирования или с контактными цилиндрическим уровнем с ценой деления не более 8-10".
2. Нивелир должен иметь оптический микрометр (кроме цифровых).
3. Рейки должны быть оборудованы подпятником специальной конструкции (например, конструкции МИИГАиК) Наиболее целесообразно применять малогабаритные штриховые реечки (не для цифровых нивелиров).
4. Нивелирование должно выполняться строго из середины. В этом случае ослабляется влияние вертикальной рефракции и почти полностью исключается влияние кривизны Земли и угла i нивелира.
5. Допустимая длина визирного луча должна быть не более 20 м.

Схема и порядок наблюдений. В лаборатории каждой бригаде необходимо выполнить нивелирование по замкнутому ходу (рис. 3.7).

Перед началом работ нивелиром с оптическим микрометром для удобства и быстроты необходимо определить и установить нулевой отсчет на элевационном винте нивелира. Для этого подсчитывают количество оборотов винта, при котором пузырек уровня из крайнего левого положения переместится в крайнее правое положение (12 оборотов). Эта величина делится пополам (6 оборотов) и от начального положения вращением элевационного винта устанавливают винт на нулевой отсчет (6 оборотов). Поворачивают зрительную трубу нивелира на 180° и, если контакт концов пузырька уровня нарушится, добиваются контакта, перемещая пузырек уровня на половину дуги отклонения подъемными винтами и на другую половину - элевационным винтом.

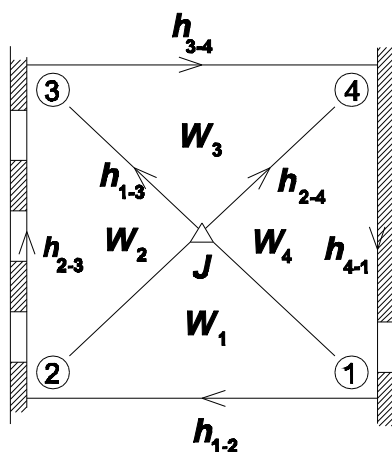


Рис. 3.7. Схема нивелирования

При необходимости снова поворачивают зрительную трубу на 180° и действия повторяют, добиваясь, чтобы пузырек все время находился в нуль-пункте. Это положение элевационного винта отмечают на нивелире, и перед началом наблюдений винт должен быть установлен на полученный (отмеченный) нулевой отсчет.

Наблюдения на станции в ходе прямо выполняется последующей программой:

1. Задняя основная Z_0
2. Передняя основная P_0
3. Передняя дополнительная P_d
4. Задняя дополнительная Z_d .

В обратном ходе наблюдения выполняются по следующей программе:

P_0, Z_0, Z_d, P_d (нумерация шкал принята по прямому ходу).

Поправка вводится только в превышение, полученное по дополнительной шкале, так как деления дополнительной шкалы на 1/20 больше цены деления основной шкалы.

Таблица 3.3. Журнал нивелирования коротким лучом

Наблюдатель: Илюхин И.Л.

Дата: 30.09.10

Но- мер марки	Обозна- чения	Отсчеты по шкалам (в полудециметрах)							
		Прямой ход				Обратный ход			
		основная		дополнитель- ная		основная		дополни- тельная	
		Ш	Б	Ш	Б	Ш	Б	Ш	Б
1	З	2,3	88	61,7	51				
2	П	0,3	21	59,5	77				
	З-П	2,0	67	2,2	-26				
	Поправ- ка	+2,067		+2,174					
				-0,108					
		+2,067		+2,066					
		+206,65		+103,325					

В процессе наблюдений выполняется следующий контроль:

1) Допустимая разность превышений h' на станции, полученная по основной и дополнительной шкале, не должна превышать: $\text{доп.}d_A = h'_0 - h'_d \leq 6$ делений головки барабана.

2) Допустимая разность превышений, полученных при первом и втором горизонте (или ход прямо и обратно), не должна превышать: $\text{доп.}h_B = h_1 - h_2 \leq 0,21$ мм.

3) Допустимая невязка, подсчитанная по замкнутому полигону (треугольнику), не должна превышать: $\text{доп.}W_B \leq 0,18$ мм, если нивелирование велось при двух горизонтах, и $\text{доп.}W_B \leq 0,25$ мм, если нивелирование выполнялось при одном горизонте (или в ходе одного направления) инструмента.

По полученным невязкам W в полигонах подсчитывается средняя квадратическая ошибка измеренного на станции превышения $h_B = \frac{1}{2}(h_0 + h_D)$

$$m_h = \sqrt{\frac{[W^2]}{3n}}, \quad (3.11)$$

где n - количество полигонов.

Нивелирование считается выполненным удовлетворительно, если $m_h \leq 0,1$ мм.

3.6. Гидростатическое нивелирование

Назначение и устройство прибора. В настоящее время гидростатическое нивелирование применяется при выверках по высоте технологического оборудования при наблюдении за осадками инженерных сооружений. Оно успешно применяется в стесненных условиях закрытых помещений, где геометрическое нивелирование применить трудно или невозможно.

Метод гидростатического нивелирования основан на системе сообщающихся сосудов. В такой системе мениск жидкости устанавливается на одной

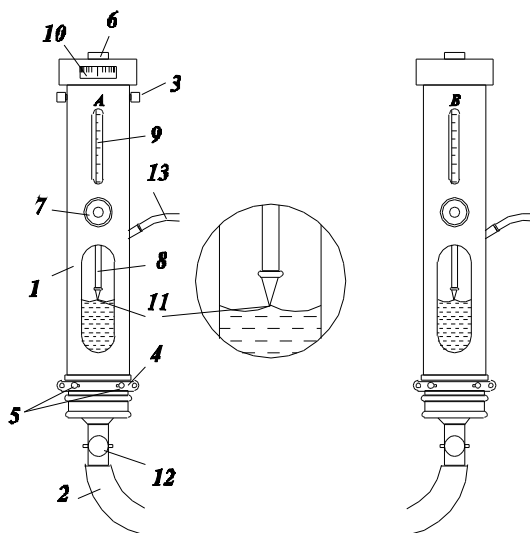


Рис. 3.8. Гидростатическая система

уровенной поверхности. Это дает возможность использовать ее в качестве

отсчетной поверхности при определении превышений.

На практике используют переносные и стационарные гидростатические системы. Первая предназначена для производства выверок, вторая для наблюдений за осадками инженерных сооружений,.

Переносная гидростатическая система Фрайберга (рис.3.8) состоит из двух сосудов - пьезометров *1*, соединенных шлангом *2*. В процессе работ пьезометры навешиваются на специальные стенные реперы и фиксируются ручкой *3* и скобой *4*. Вертикальность пьезометра обеспечивается регулировочными винтами *5* и круглым уровнем *6*.

Измерение превышения осуществляется с помощью винтового микрометра, вращением штурвала *7* до момента соприкосновения острия измерительного штока *8* с мениском жидкости *11*. Снятие отсчетов производится в окошке *9* (целые мм) и *10* (сотые доли мм). Для включения системы при ее переносе служит кран *12*. Для исключения влияния разности давлений гидростатическая система может быть герметизирована, для этого штуцеры *13* должны быть соединены воздушным шлангом.

Порядок производства наблюдений. Гидростатический прибор не требует каких-либо предварительных проверок. Работоспособность прибора проверяется изменением высоты одного из пьезометров. Изменится уровень жидкости в обоих сосудах. Пьезометры подвешиваются на стенные реперы и контролируется их вертикальность по круглому уровню *6*.

Начинают наблюдения с открытия обоих кранов *12*. После этого необходимо выждать 1,5-2 мин, чтобы вода в системе пришла в равновесие. Процесс измерений заключается в одновременном опускании штоков до момента контакта с мениском жидкости в обоих пьезометрах. Как уже говорилось, достигается это вращением в соответствующую сторону штурвала *7*, делается это под команду одного из наблюдателей.

Шток пьезометра опускают до момента контакта с мениском жидкости, но не наоборот. При приближении острия штока к поверхности воды вращение штурвала должно быть медленным. Благодаря хорошему смачиванию металла водой момент контакта штока легко обнаруживается по резкому поднятию мениска. Это является гарантией малой величины ошибки контакта (менее 2 мкм). Расхождение в моментах контакта в одном и другом пьезометрах не должно превышать 5 с.

Таблица 3.4. Журнал нивелирования гидросистемой

Наблюдатели: Кожухов А.В., Большов Е.Г., Андреев А.В. Дата: 09.10.10.

№ станции	№ репера	З	№ репера	II	II-3	(II-3)	h	МО
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	$\frac{1}{A}$	46,56 ,58 ,58	$\frac{2}{B}$	61,17 ,20 ,19	12,61 ,62 ,61	12,61	12,81	-0,20
	$\frac{1}{B}$	49,01 ,05 ,00	$\frac{2}{A}$	62,06 ,05 ,00	13,04 ,00 ,00	13,01		

Выполнив контактирование, наблюдатели берут отсчеты по шкалам обоих пьезометров и записывают результаты в журнал. После этого штоки приподнимают над менисками и, вновь опуская их, производят новое контактирование. Таких контактов делается не менее трех. Если расхождения между результатами этих трех измерений оказываются в допустимых пределах, то наблюдатели закрывают краны 12 системы, откидывают скобы 4 и, освободив ручки 3, снимают пьезометры с реперов и меняют их местами. После подвешивания пьезометров открывают краны системы, контролируют правильность подвески по уровню 6 и, выждав положенные 2 минуты, процесс измерений повторяют.

Закончив наблюдения на первой паре реперов, наблюдатель снимает свой пьезометр и вешает его на следующий по ходу репер, передний наблюдатель вместе со своим пьезометром остается на месте. В такой последовательности измерения ведутся по всему намеченному ходу.

Каждая бригада должна обеспечивать измерения в замкнутом ходе между четырьмя реперами; полученная при этом невязка будет характеризовать точность измерений.

В процессе измерений необходимо аккуратно обращаться с пьезометра-

ми, особенно при их перевешивании, следить за состоянием шланга, не допускать, чтобы он раскачивался в момент контактирования, был сильно перекручен и образовывал мелкие петли, на шланг не следует наступать, класть на батареи отопления.

Желательно, чтобы превышение между мениском жидкости в пьезометрах и шлангом было минимальным. Это уменьшает влияние разницы температур в шланге на точность нивелиров.

Превышение на станции вычисляют с учетом того, что нули шкал в пьезометрах располагаются сверху, по формуле:

$$h = \Pi - 3, \quad (3.12)$$

где Π и 3 - соответственно отсчеты по переднему (по ходу) и заднему пьезометрам.

О контроле качества наблюдений судят по результатам измерений в графах 6 и 9; максимальные расхождения между тремя превышениями (гр.6) не должны превышать 0,07 мм. В графе 9 контролируется постоянство места нуля прибора.

$$MO = d_1 - d_2 = \frac{(\Pi - 3)_{cp.1} - (\Pi - 3)_{cp.2}}{2}, \quad (3.13)$$

где d_1 и d_2 - расстояния от нулей шкал пьезометров до точек их подвеса на реперах. Колебания в значениях MO не должны превышать 0,15 мм.

При аккуратном исполнении наблюдений невязка в сумме превышений по полигону обычно не превышает $f_h \leq 0,4$ мм.

3.7. Приборы вертикального проектирования

При возведении высотных зданий и сооружений повышенной этажности, а также в условиях стесненной строительной площадки перенесение осей или точек внутренней разбивочной сети (базисных фигур) на высшие монтажные горизонты производят методом вертикального проектирования. Для этих целей в перекрытиях верхних монтажных горизонтов над переносимыми точками следует заблаговременно предусмотреть сквозные отверстия размером около 200×200 мм. Перенесение осуществляется специальными приборами, которые называются приборами вертикального проектирования (ПВП). Они могут быть

лазерными и оптическими.

Если прибором производится вертикальное проектирование плановой точки с нижнего горизонта на верхний, то такой прибор иногда называют зенит-прибор (рис. 3.9). При обратном проектировании прибор называется надир-прибор. Некоторые приборы несут в себе обе функции.



Рис. 3.9. Оптический прибор вертикального проектирования FG-L100

Процесс перенесения точки по вертикали на верхние монтажные горизонты при помощи зенит прибора состоит в следующем. Прибор центрируется над точкой, которую предстоит спроектировать, приводится в рабочее положение. На нужном монтажном горизонте над технологическим отверстием устанавливается палетка на прозрачной основе. На палетке нанесена сетка прямоугольных координат (рис. 3.10). Процесс перенесения точки заключается в определении координат центра проекции визирной оси зенит прибора на палетке. Эту точку отмечают на палетке, и над ней центрируется нужный геодезический прибор – теодолит или тахеометр.

Для уменьшения влияния ошибок компенсатора, иначе говоря, ошибок, возникающих из-за неvertикальности визирной оси, каждую из координат на палетке фиксируют дважды через 180° .

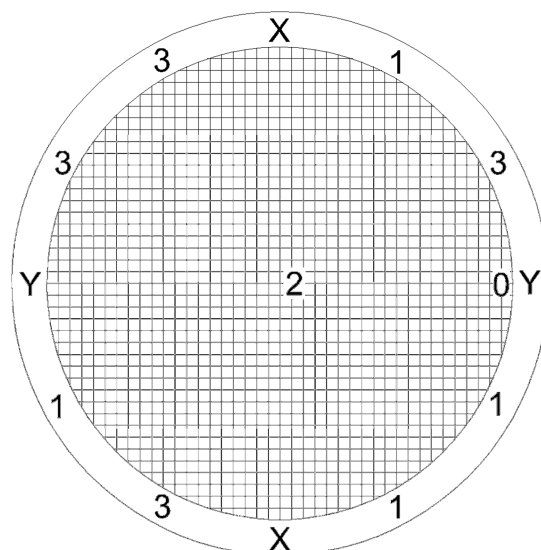


Рис.3.10. Палетка

Для уменьшения влияния ошибок центрирования, вызванных несовпадением визирной оси и оси вращения прибора, проекцию визирной оси отмечают на палетке при трех положениях подставки на штативе через каждые 120° . Образец записи в журнале измерений приведен в таблице 3.5.

Таблица 3.5. Журнал записи результатов измерений прибором FG-L100

Приёмы	Ось X			Ось Y		
	a_o	b_{180}	c_x	a_{90}	b_{270}	c_y
I	6,7	6,6	6,65	17,1	17,0	17,05
II	7,2	7,1	7,15	16,8	16,7	16,75
III	6,0	5,9	5,95	17,4	17,3	17,35
Среднее			6,58			17,05

Литература

1. Инженерная геодезия. Под ред. Михелева Д.Ш., М., Академия, 2009.
2. Авакян В.В. Прикладная геодезия: Геодезическое обеспечение строительного производства. М.: Вузовская книга, 2011.-256 с.: ил.
3. Практикум по прикладной геодезии. Геодезическое обеспечение строительства и эксплуатации инженерных сооружений. Ключин Е.Б., Михелев Д.Ш., Барков Д.П. и др. М., Недра, 1993.