

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Горные работы»

В. А. Кузьмич
Е. В. Бильдюк
А. А. Кологривко

МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Пособие

для студентов направления специальности 1-51 02 01-05
«Разработка месторождений полезных ископаемых
(маркшейдерское дело)»

*Рекомендовано учебно-методическим объединением по образованию
в области горнодобывающей промышленности*

Минск
БНТУ
2022

УДК 622+528.521
ББК 26.11я7
К89

Р е ц е н з е н т ы:

кафедра «Маркшейдерское дело»
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»
(зав. кафедрой, д-р техн. наук, доцент *А. В. Жабко*);
кафедра «Управление охраной труда»

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
(доцент кафедры, канд. техн. наук, доцент *А. Н. Гурина*);
директор представительства в Республике Беларусь
ООО «ПроТех Лаб» *С. С. Хвесеня*

Кузьмич, В. А.

К89 Маркшейдерские работы при эксплуатации месторождений :
пособие для студентов направления специальности 1-51 02 01-05
«Разработка месторождений полезных ископаемых (маркшейдер-
ское дело)» / В. А. Кузьмич, Е. В. Бильдюк, А. А. Кологривко. –
Минск : БНТУ, 2022. – 44 с.
ISBN 978-985-583-837-2.

В пособии изложено содержание и порядок проведения практических занятий, выполняемых студентами по дисциплине «Маркшейдерские работы при эксплуатации месторождений».

Пособие предназначено для закрепления практических навыков работы с измерительным прибором при выполнении угловых и линейных измерений и является базой для выполнения студентами различных видов инструментальных наблюдений в области маркшейдерского обеспечения горного предприятия.

В подготовке графического материала принимал участие студент кафедры «Горные работы» факультета горного дела и инженерной экологии Белорусского национального технического университета А. Г. Антоненко.

УДК 622+528.521
ББК 26.11я7

ISBN 978-985-583-837-2

© Кузьмич В. А., Бильдюк Е. В.,
Кологривко А. А., 2022
© Белорусский национальный
технический университет, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

Организация выполнения практических занятий	4
Практическое занятие № 1. Установка прибора	5
Практическое занятие № 2. Поверка работоспособности электронного теодолита	13
Практическое занятие № 3. Измерения горизонтальных углов электронным теодолитом.....	25
Практическое занятие № 4. Измерения вертикальных углов электронным теодолитом	32
Практическое занятие № 5. Измерение расстояний электронным теодолитом.....	34
Практическое занятие № 6. Вешение линий на местности.....	37
Практическое занятие № 7. Вертикальное проецирование осевых точек наклонным лучом	40
Библиографический список	44

ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Пособие разработано для специальности 1-51 02 01 «Разработка месторождений полезных ископаемых (по направлению)» для направления 1-51 02 01-05 «Маркшейдерское дело».

Целью пособия является развитие навыков самостоятельного решения маркшейдерских задач.

Пособие содержит семь занятий, направленных на изучение работы электронных теодолитов Leica T105S и Leica T107S, закрепление и систематизацию знаний студентов, полученных на лекционных и практических занятиях при изучении дисциплин «Маркшейдерские работы при эксплуатации месторождений», «Геодезия, маркшейдерское дело, геометризация недр».

При выполнении заданий рекомендуется самостоятельная работа группами студентов (как правило, по 2–3 человека) под контролем преподавателя в соответствии с расписанием, а также выполнение дополнительных (при необходимости) индивидуальных расчетных заданий с консультацией преподавателя.

Все результаты выполненных заданий (расчеты, схемы, графики и т. д.) с описанием аккуратно оформляются на листах формата А4, подшиваются в отдельную папку-скоросшиватель и сдаются преподавателю. Допускается оформление «письменно от руки» и с применением графических редакторов. Текст рекомендуется оформлять в соответствии с ГОСТами 2.004, 2.105, 2.106, 7.103.

Проведение занятий осуществляется в закрытых помещениях и на открытых площадках Белорусского национального технического университета.

После выполнения всех заданий проводится групповая и индивидуальная защита практических работ для оценки достижений каждого студента. Защита подразумевает проверку полученных результатов, теоретический опрос, решение индивидуальной задачи.

Практическое занятие № 1

УСТАНОВКА ПРИБОРА

Цель: освоить методику установки электронного теодолита.

Приборы и инструменты, необходимые для выполнения заданий: электронный теодолит Leica T105S / Leica T107S, штатив раздвижной (переменной длины) с тремя составными ножками.

Теоретические сведения

Швейцарская компания Leica Geosystems имеет почти 200-летнюю историю и является ведущим производителем геодезического оборудования. Предприятие разрабатывает приборы для выполнения топографической и кадастровой съемки, картографирования, а также спутниковой навигации.

Теодолит – геодезический прибор, предназначенный для измерения горизонтальных и вертикальных углов [1]. Электронные теодолиты позволяют получать результаты измерений на цифровом табло.

Ход работы

1. Установка штатива.

1.1. Расчехлить штатив. Расстегнуть ремень, соединяющий ножки.

1.2. Ослабить зажимные винты, фиксирующие выдвижную часть штатива и вытянуть ножки на необходимую высоту, закрепить зажимные винты (рис. 1.1). Высота выдвижения ножек корректируется под рост наблюдателя.

1.3. Развести ножки штатива и установить на поверхность. Утопить ножки в грунт, проверить устойчивость штатива (рис. 1.1).

1.4. Установить ножки таким образом, чтобы головка штатива была горизонтальна. Если головка штатива наклонена, необходимо исправить наклон путем изменения длины ножек штатива.

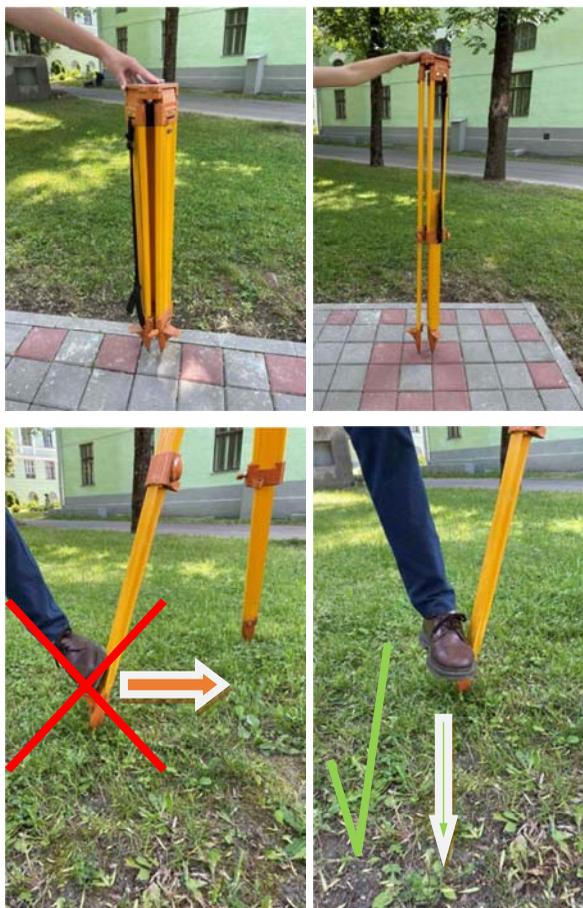


Рис. 1.1. Установка штатива

2. Установка электронного теодолита.

2.1. Вынуть теодолит из транспортного футляра и проверить комплектность. В комплект входят шестигранный ключ (2 шт.), регулировочный штифт (1 шт.), съемный трегер, зарядное устройство и аксессуары (не обязательно), аккумулятор, рулетка для измерения высоты прибора, кронштейн для фиксации рулетки, теодолит, руководство пользователя, защитный чехол / бленда объектива (рис. 1.2) [2].



Рис. 1.2. Комплектация прибора

2.2. Установить теодолит на штатив, затянуть центральный становой (крепежный) винт треноги (рис. 1.3). Становой винт штатива для теодолитов Leica T105S и Leica T107S должен иметь дюймовую резьбу 5/8”.



Рис. 1.3. Становой винт треноги

3. Установка / замена аккумулятора в приборе.

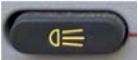
Снять держатель батареи, извлечь аккумулятор, вставить новый аккумулятор в держатель (рис. 1.4) [2].

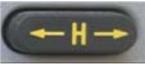


Рис. 1.4. Смена аккумулятора

4. Включение прибора.

Нажать на кнопку  для модели электронного теодолита Leica T105S или кнопку  для Leica T107S.

В приборе предусмотрена подсветка дисплея . Данная кнопка активна в режиме съемки (при отображении на дисплее значений измеряемых углов).

Также есть возможность регулировки контрастности дисплея. В режиме съемки, зажав кнопку , нажать на . С помощью кнопки  выбрать изображение на дисплее (рис. 1.5). С помощью кнопки  настроить необходимую контрастность и нажать на ОК .

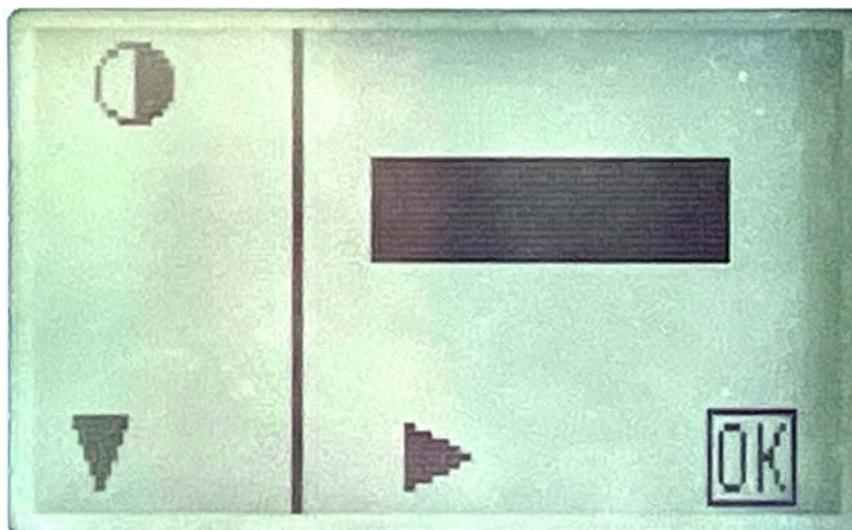


Рис. 1.5. Регулировка контрастности дисплея

5. Центрирование прибора.

5.1. Включить лазерный отвес с помощью кнопки



. На дисплее появится электронный уровень (рис. 1.6) [2].

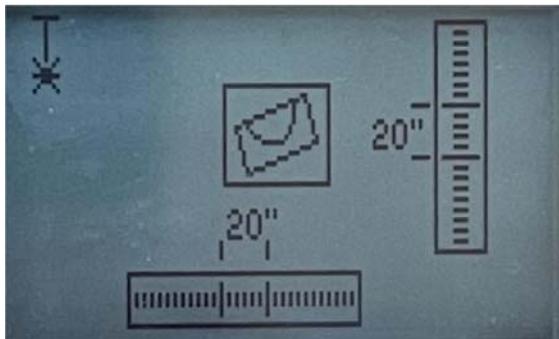


Рис. 1.6. Регулировка электронного уровня

Если лазерный луч не отображается на поверхности земли, необходимо ослабить винт трегера (рис. 1.7) и сдвинуть прибор с исходного положения. После отображения луча на поверхности земли закрепить винт.



Рис. 1.7. Регулировка винта трегера

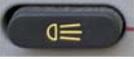
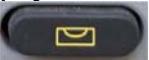
В зависимости от условий внешней среды возникает необходимость регулировки интенсивности лазера. Зайти в режим измерения углов . Нажать на  и отрегулировать яркость лазерного пятна кнопкой  (рис. 1.8).



Рис. 1.8. Регулировка яркости лазерного пятна

5.2. Центрирование лазерным отвесом (грубое выравнивание):

а) вернуться в режим включения / выключения лазерного отвеса  ;

б) меняя положение ног штатива, добиться максимально точного попадания лазерного луча на пункт;

в) с помощью подъемных винтов трегера довести лазерный луч в центр;

г) с помощью изменения длины ног штатива привести пузырек круглого уровня в центр;

д) если центрир сбился, действия б и в повторить.

Также грубо центрировать можно, открыв становой винт и водя прибор по площадке штатива.

В некоторых случаях лазерного падения не видно. На объект необходимо поместить прозрачную пластину. В результате, очертания объекта остаются видимыми, а пятно отражается пластиной.

6. Точное выравнивание с помощью электронного уровня.

6.1. Включить электронный уровень . Если прибор недостаточно выровнен, то на дисплее появится символ наклона уровня (рис. 1.6).

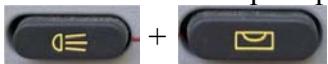
6.2. Установить прибор таким образом, чтобы дисплей был расположен параллельно двум подъемным винтам. Одновременно поворачивая винты в противоположные стороны, вывести пузырек электронного уровня на середину. Далее повернуть прибор перпендикулярно этим же винтам и третьим винтом снова вывести пузырек электронного уровня в середину (рис. 1.9). Вернуть прибор в первоначальное положение. Если пузырек находится не в центре, повторить действия.



Рис. 1.9. Выставление прибора в нуль-пункт

7. Выключение прибора.

Выключить прибор, нажав на комбинацию кнопок



Форма отчетности: показать результат работы преподавателю.

Практическое занятие № 2

ПОВЕРКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЭЛЕКТРОННОГО ТЕОДОЛИТА

Цель: освоить методику выполнения технических поверок электронного теодолита средней точности в полевых условиях.

Приборы и инструменты, необходимые для выполнения заданий: теодолит Leica T105S / Leica T107S, штатив, рейка с сантиметровыми делениями.

Теоретические сведения

Под *поверкой геодезических приборов* понимают контроль метрологической исправности и определение конкретных значений метрологических характеристик, нормированных в технической документации. Рабочие теодолиты должны проходить государственную поверку в специализированных метрологических центрах.

Для геодезических приборов выполняют следующие проверки: первичную, периодическую, внеплановую. Для электронных теодолитов периодическая поверка основных электронных узлов выполняется не реже одного раза в год. Объем поверочных работ устанавливается в зависимости от типа прибора. Применяемые методы и средства поверки выбирают с учетом специфических особенностей и назначения прибора. По результатам поверки оформляется протокол, выдается свидетельство о поверке прибора [3].

По классу точности теодолит Leica T105S / Leica T107S относится к приборам средней точности. Среднеквадратическая погрешность теодолита при измерении горизонтальных углов составляет 5'' (1,5 мгон), увеличение зрительной трубы 30х, диаметр входного зрачка объектива 40 мм, минимальное расстояние визирования 1,6 м, вес до 4,7 кг (без футляра).

Для проведения поверок приборов необходимы эталоны, испытательное оборудование, измерительные системы. Поэтому в учебных целях необходимо выполнить технические поверки работоспособности прибора:

- поверка внешнего вида и комплектности прибора;
- поверка работоспособности электронного дисплея;
- поверка уровней;
- поверка правильности установки сетки нитей;
- поверка перпендикулярности визирной, горизонтальной и вертикальной осей;
- определение места нуля вертикального круга;
- поверка перпендикулярности горизонтальной и вертикальной осей;
- определение диапазона и погрешности работы компенсатора;
- поверка работы лазерного отвеса.

Перед проведением поверок необходимо установить прибор на штатив, включить и привести его в рабочее положение (см. ПЗ № 1).

Ход работы

1. Техническая поверка электронного уровня (рис. 2.1).

1.1. Нажав на , войти в меню настроек электронного уровня.

1.2. Установить приборную панель параллельно любым двум подъемным винтам. Вращая эти винты в противоположные стороны, вывести пузырек электронного уровня на середину.

1.3. Повернуть прибор вокруг вертикальной оси так, чтобы приборная панель стала перпендикулярно тем же двум подъемным винтам, и третьим винтом снова вывести пузырек уровня на середину.

1.4. Вернуть теодолит в исходное положение, проверить положение пузырька на дисплее (должен прийти в нуль-пункт).

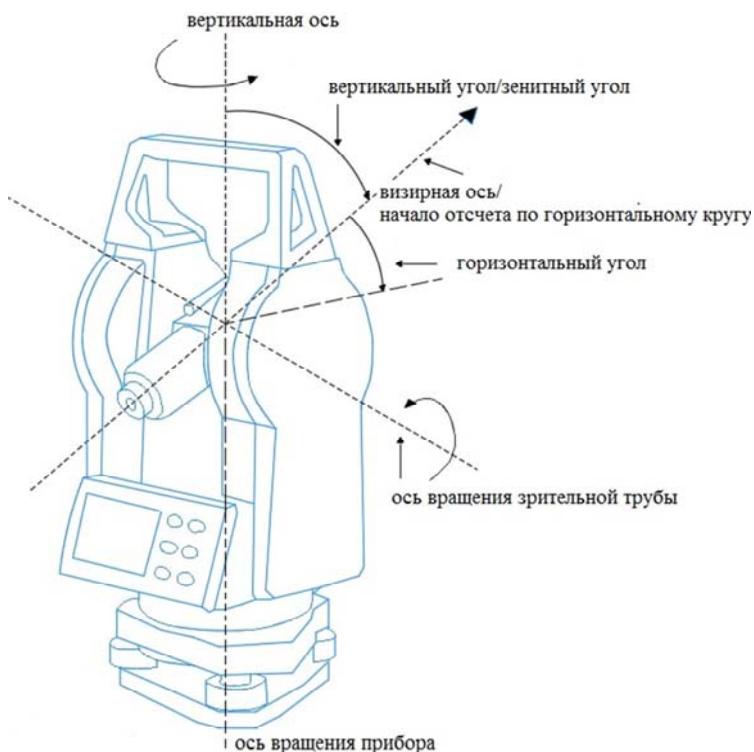


Рис. 2.1. Оси теодолита

1.5. Повернуть теодолит вокруг вертикальной оси на 180° . Если пузырек уровня отклонился не более чем на 1 деление, то поверка выполнена.

2. Техническая поверка круглого уровня. Данная поверка проводится при условии выполнения первой поверки. Если при вращении теодолита пузырек круглого уровня находится в центре, то поверка пройдена.

3. Техническая поверка оптического визира. Проекция центра сетки коллиматорного визира должна совпадать с проекцией центра сетки нитей зрительной трубы.

3.1. Установить визирную марку на расстоянии 50 м от прибора.

3.2. Навестись на центр марки перекрестием сетки нитей зрительной трубы прибора (рис. 2.2).



Рис. 2.2. Сетка нитей

3.3. Посмотреть в оптический коллиматорный визир. Если он наведен на центр марки, то условие поверки соблюдено (рис. 2.3).



Рис. 2.3. Коллиматорный визир

4. Техническая поверка лазерного отвеса. Луч лазерного отвеса должен совпадать с вертикальной осью вращения теодолита.

4.1. Установить прибор на высоту примерно 1,5 м, привести его в рабочее положение. Включить лазерный отвес.

4.2. Повернуть теодолит на 360° вокруг вертикальной оси. Если центр лазерного пятна остается на месте или не удаляется более чем на 3 мм, то поверка пройдена (рис. 2.4).

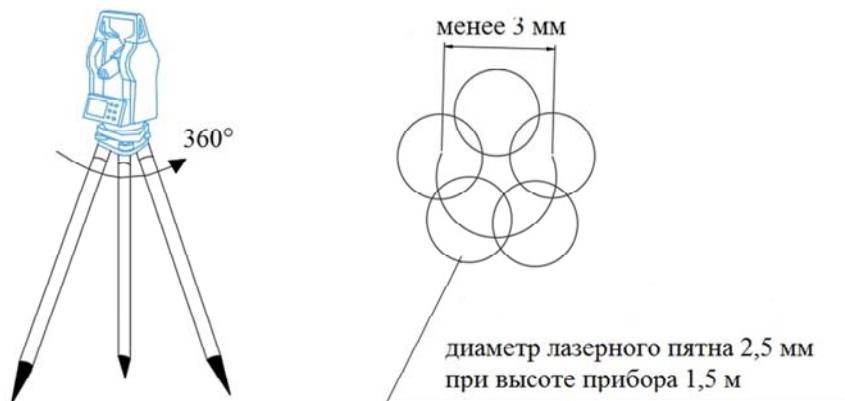


Рис. 2.4. Техническая поверка лазерного отвеса

Осмотр пятна лазерного отвеса должен проводиться на яркой гладкой и горизонтальной поверхности (лист бумаги).

5. Техническая поверка сетки нитей зрительной трубы. Вертикальная нить сетки нитей должна быть перпендикулярна к горизонтальной оси теодолита.

5.1. Найти удаленную четко видимую точку.

5.2. Навести вертикальную нить сетки нитей на эту точку.

5.3. Поворачивая наводящий винт вертикального круга теодолита, проверить прохождение вертикальной нити через точку (рис. 2.5). Если отклонение не замечено, поверка пройдена.

6. Определение коллимационной ошибки горизонтального круга. Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна к горизонтальной оси теодолита.

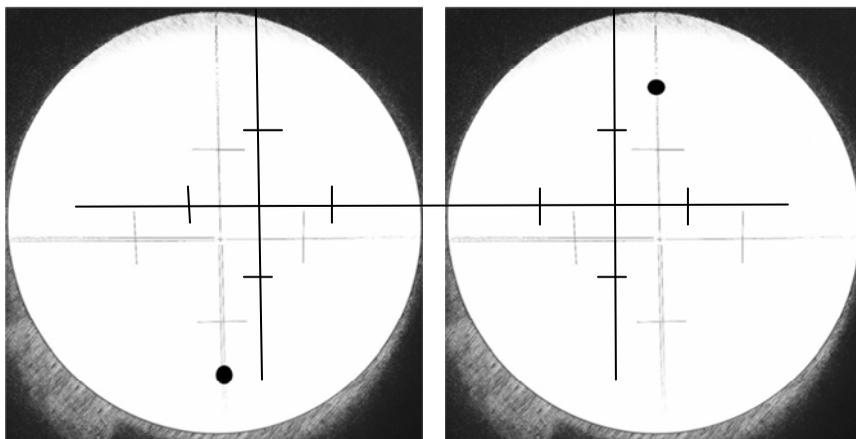


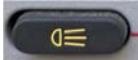
Рис. 2.5. Техническая поверка сетки нитей зрительной трубы

6.1. Перейти в режим измерений, нажав на кнопку .

6.2. Зрительную трубу теодолита центром сетки нитей навести на удаленную точку (100 метров) вблизи горизонта ($\pm 5^\circ$). Горизонт проконтролировать можно отсчетом по вертикальному кругу. Нажать на кнопки  + , на экране отобразится «с» – коллимационная ошибка (рис. 2.6).



Рис. 2.6. Определение коллимационной ошибки

6.3. Взять отсчет по горизонтальному кругу *H*. Сохранить отсчет в памяти прибора, нажав на  (рис. 2.7).

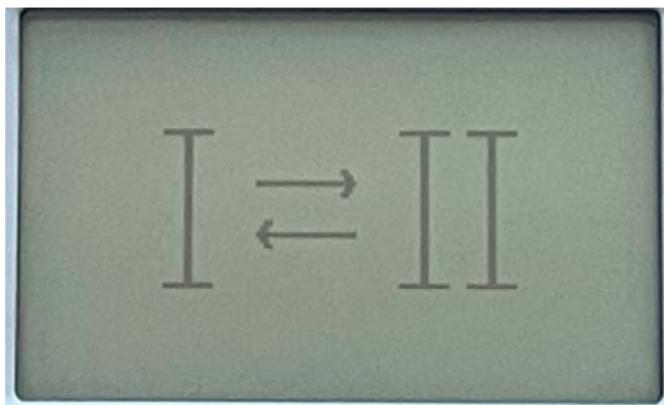
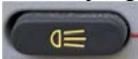


Рис. 2.7. Промежуточное изображение на дисплее при определении коллимационной ошибки и места нуля

6.4. Повернуть прибор на 180° и перевести трубу через зенит.

6.5. Навести зрительную трубу на ту же точку, взять отсчет по горизонтальному кругу. Сохранить отсчет в памяти прибора, нажав на .

6.6. На дисплее отобразятся два значения коллимационной ошибки (рис. 2.8). Верхнее значение – сохраненное ранее (если его не меняем, то выходим из меню, нажав на крестик). Нижнее значение – вновь вычисленное прибором. Его можно проконтролировать, произведя вычисления по формуле:

$$c = \frac{КЛ - КП \pm 180^\circ}{2},$$

где КЛ и КП – отсчеты при «круге лева» и при «круге право», соответственно.

6.7. ОК – принять новое значение коллимационной ошибки.

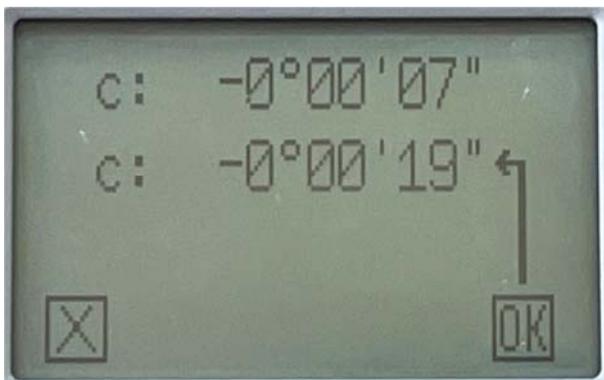
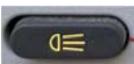


Рис. 2.8. Выбор значения коллимационной ошибки

6.8. Коллимационная ошибка должна быть меньше двойной величины точности считывания отсчета ($5''$). При вычислении коллимационной ошибки может выскочить ошибка (рис. 2.9). Это предупреждение появляется, если новое значение ошибки превышает предел $5''$. Активными остаются кнопки  и выключение  + . Нажать на  – действие завершается и старое значение коллимационной ошибки остается активным.

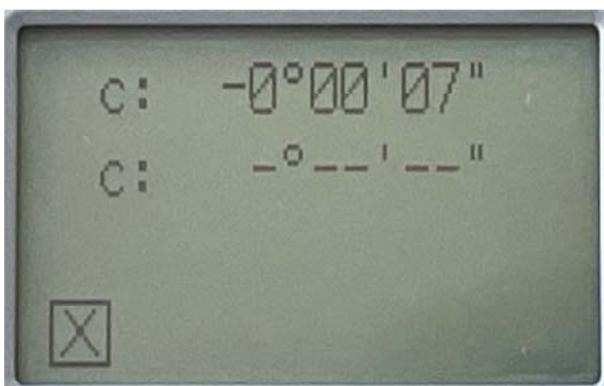


Рис. 2.9. Ошибка при определении коллимационной ошибки

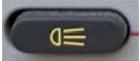
7. Определение места нуля (МО) вертикального круга теодолита. При горизонтальном положении зрительной трубы отсчет по вертикальному кругу должен быть равен нулю.

7.1. Активировать меню измерений вертикального круга, нажав на  +  (рис. 2.10).

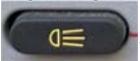


Рис. 2.10. Определение места нуля (МО) вертикального круга теодолита

7.2. Перекрестие сетки нитей навести на удаленную (100 м) четко видимую точку в пределах $\pm 5^\circ$ от горизонтального положения визирной оси зрительной трубы теодолита. Данное условие проверяется по отсчету вертикального угла.

7.3. Сохранить значение измеренного вертикального угла, нажав на кнопку  (рис. 2.7).

7.4. Перевести трубу через зенит. Снова визировать на ту же точку.

7.5. Аналогично внести в память прибора измеренное значение вертикального угла, нажав на .

7.6. На дисплее отобразится два значения МО (рис. 2.11). Верхнее значение – прежнее. Нижнее – новое, вычисленное

прибором по фиксированным отсчетам; проконтролировать можно, вычислив по формуле

$$MO = \frac{KЛ + KП - 360^\circ}{2},$$

где КЛ и КП – отсчеты при «круге лева» и при «круге право», соответственно.

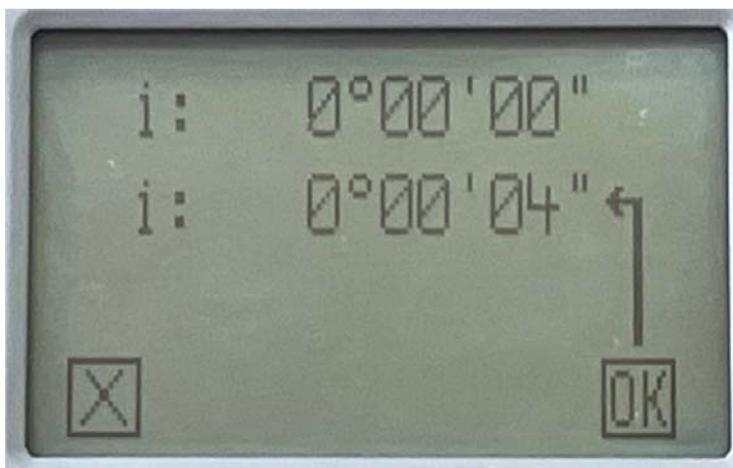


Рис. 2.11. Выбор значения МО

7.7. Крестик – оставить старое значение. ОК – фиксировать новое.

7.8. Значение МО должно быть в пределах 5". При вычислении места нуля (МО) вертикального круга теодолита может выскочить ошибка (рис. 2.12). Это предупреждение появляется, если новое значение ошибки превышает предел 5". Активными остаются кнопки  и выключение  + . Нажать на  – действие завершается и старое значение МО остается активным.

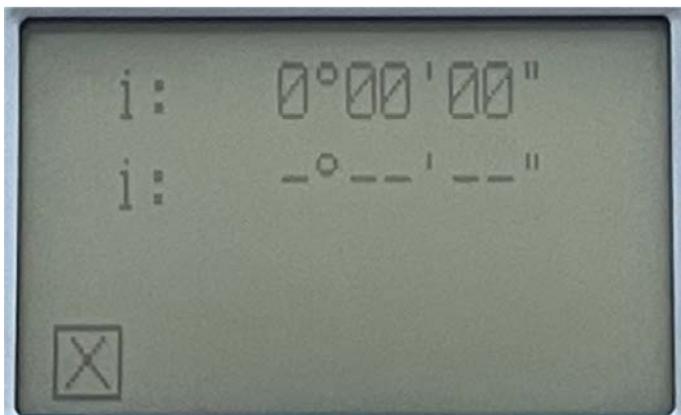


Рис. 2.12. Ошибка при определении МО

8. Техническая поверка компенсатора.

8.1. Привести теодолит к горизонту с помощью электронного уровня.

8.2. Прибор повернуть так, чтобы дисплей располагался параллельно двум любым подъемным винтам.

8.3. Установить визирную марку в пределах $\pm 10^\circ$ от горизонтального положения визирной оси зрительной трубы.

8.4. Взять отсчет по вертикальному кругу V_1 .

8.5. Увеличить или уменьшить вертикальный угол на $3''$ с помощью наводящего винта.

8.6. Навести зрительную трубу на точку с помощью третьего подъемного винта.

8.7. Взять отсчет по вертикальному кругу V_2 .

8.8. Разница между отсчетами $V_1 - V_2$ не должна превышать $3''$.

Форма отчетности: результаты всех измерений оформить в виде таблицы (табл. 2.1). После проведения технических поверок необходимо показать результат преподавателю. Если условия каких-либо поверок не выполнены, прибор необходимо юстировать. *Самостоятельно юстировать прибор запрещено.*

Таблица 2.1

Результат выполненной работы

Задание	Проделанная работа	Результат
1	Проверка электронного уровня	Уровень исправен
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		

Практическое занятие № 3

ИЗМЕРЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ УГЛОВ ЭЛЕКТРОННЫМ ТЕОДОЛИТОМ

Цель занятия: освоить методику измерения горизонтальных углов электронным теодолитом.

Приборы и инструменты, необходимые для выполнения заданий: электронный теодолит Leica T105S / Leica T107S, штатив, марки.

Теоретические сведения

Существует несколько способов измерения горизонтальных углов. В данной практической работе предлагается измерить горизонтальные углы между визирными целями теодолитом Leica T105S / Leica T107S способом отдельного угла, способом круговых приемов, способом «от нуля».

Ход работы

Для выполнения заданий необходимо установить прибор, привести в рабочее положение (см. ПЗ № 1). Точка *A* будет называться точкой стояния. Визирные цели представлены в виде марок (рис. 3.1).

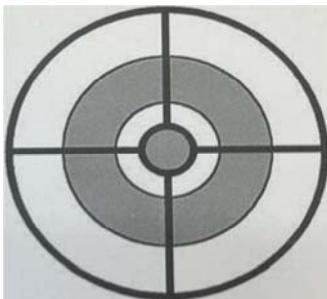


Рис. 3.1. Визирная цель

1. *Способ отдельного угла.* Данный способ применяется в случае, когда на точке имеется два направления.

1.1. Установить две визирные цели *B* и *C* на разных расстояниях от прибора (рис. 3.2). Горизонтальный угол *BAC* рассмотрим, как правый по ходу. В этом случае точку *C* называют задней, а точку *B* – передней по отношению к вершине *A* [4]. Угол измеряется двумя полуприемами.

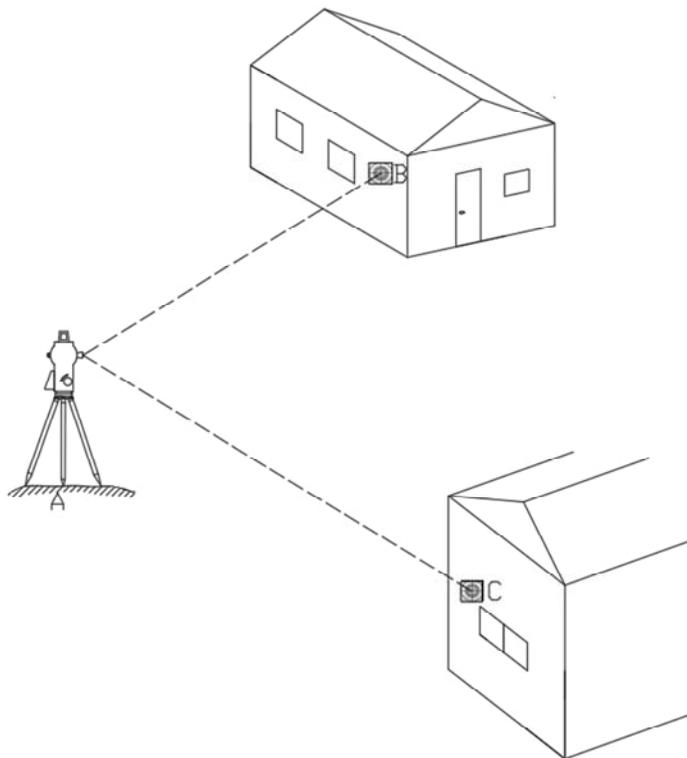


Рис. 3.2. Способ измерения отдельного угла

1.2. Зайти в меню измерения углов, нажав кнопку



На дисплее появится два варианта картинки (либо отображается только горизонтальный угол *H*, либо горизонтальный *H*

и вертикальный V), вертикальный угол можно убрать, нажав на комбинацию кнопок  +  (рис. 3.3).



Рис. 3.3. Настройка отображения вертикального угла на дисплее

1.3. *Первый полуприем.* Навестись на точку C . Взять отчет по горизонтальному кругу. Навестись на точку B и аналогично взять отчет по горизонтальному кругу. Разница отчетов будет равна измеренному углу.

1.4. *Второй полуприем.* Зрительную трубу перевести через зенит и повторить действия первого полуприема. Результаты вычислений занести в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Результат измерения горизонтального угла
способом отдельного угла

Точки		Отчеты по горизонтальному кругу	Угол	Средний угол
стояние	визирование			

На приборе можно задать точность взятия отсчета. Необходимо зайти в меню настроек прибора  + . Кнопкой  выставить необходимое нам значение 1", 5" или 10" и нажать ОК  (рис. 3.4).

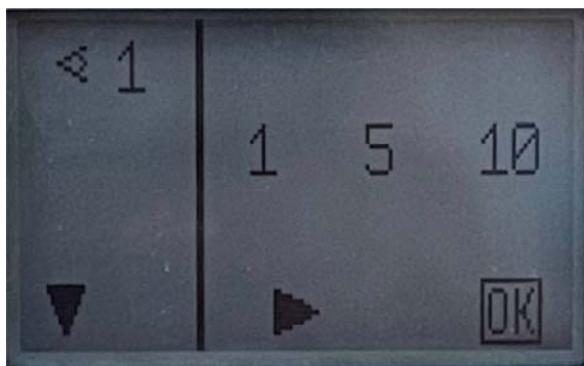
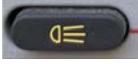


Рис. 3.4. Настройки горизонтального угла

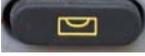
На приборе можно задать единицы измерения горизонтального угла. Зайти в меню настроек, нажав  + . Переключать меню кнопкой , пока на экране не появятся единицы измерения углов (рис. 3.5). Кнопкой  выбрать необходимые единицы измерения: 360s – 76° 35' 55"; 360d – 76,599°; gon – 85,101 g; mil – 1361,77 mil.

Для справки: 1° = 17,77 mil, 100 gon = 90°.

Теодолитом Leica T105S/ Leica T107S измерение горизонтального угла полуприемом может производиться также следующим образом: точно навестись на заднюю точку, на теодолите нажать , кнопкой  выбрать «0», далее навестись на переднюю точку. Значение *H* и будет измеряемый угол.



Рис. 3.5. Настройка единиц измерения угла

Можно изменить направление измерения горизонтального угла. Необходимо нажать кнопку  и выбрать нужное направление: кнопка  – против часовой стрелки, кнопка  – по часовой.

2. Способ круговых приемов.

2.1. Для осуществления данных измерений необходимо поместить еще одну визирную цель (рис. 3.6). Теодолит остается над пунктом *A*. Угол измеряется двумя полуприемами.

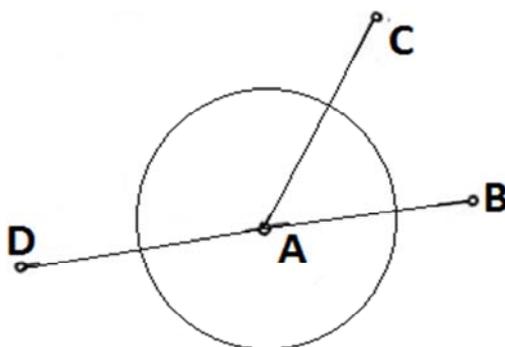


Рис. 3.6. Схема к измерению горизонтальных углов способом круговых приемов

2.2. *Первый полуприем.* Навестись на точку D и выставить отчет, близкий к нулю. Сделать оборот теодолита вокруг своей оси по часовой стрелке 1–2 раза. В следующей последовательности визировать на точки $D-C-B-D$. Отчеты записать в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Результаты измерения горизонтальных углов
способом круговых приемов

Точки		Отчеты по горизонтальному кругу	Угол	Средний угол	Схемы направлений
стояние	визирование				

Разность конечного и начального отчетов на точку D характеризует устойчивость прибора. Допустимое значение составляет двойную точность отчетного устройства.

2.3. *Второй полуприем.* Зрительную трубу перевести через зенит, теодолит вращать на 1–2 оборота против часовой стрелки. Снова визировать на точки $D-C-B-D$. Измеренные значения записать в табл. 3.2. Если разность начального и конечного отсчетов на точку D в допуске (допуск – двойная точность отчетного устройства), вычислить значение двойной коллимационной ошибки: $2c = \text{КЛ} - \text{КП}$; среднее значение начального отсчета a_n по четырем значениям отсчетов в направлении $A-D$. Окончательный результат полного приема – это приведенное направление [4]:

$$A_i = \frac{(\text{КЛ} - \text{КП})}{2} - a_n,$$

где КЛ и КП – отсчеты при «круге лева» и при «круге право», соответственно;

a_n – среднее значение начального отсчета.

Для уменьшения приборных и внешних погрешностей выполняют 2–3 круговых приема.

3. *Способ «от нуля»*. На практике в ряде маркшейдерских задач необходимо устанавливать горизонтальный круг теодолита на отсчет $00^{\circ}00'00''$.

3.1. Дополнительно разместить визирные марки.

3.2. Установить прибор в точке *A*.

3.3. Зайти в меню измерения углов, нажав на .

Выбрать кнопкой  H_0 .

3.4. По заданию преподавателя измерить горизонтальные углы. Результаты занести в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Результат измерения горизонтальных углов
способом «от нуля»

Точки		Отчеты по горизонтальному кругу	Угол	Средний угол	Схемы направлений
стояние	визирование				

В маркшейдерии традиционно измеряют левые по ходу углы способом приемов или повторений. При этом должна быть предусмотрена возможность исключения влияния основных погрешностей прибора на точность измерения угла.

Форма отчетности: отчет о проделанной работе оформить в виде табл. 3.2 и 3.3 со схемами измерений.

Практическое занятие № 4

ИЗМЕРЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНЫХ УГЛОВ ЭЛЕКТРОННЫМ ТЕОДОЛИТОМ

Цель занятия: освоить методику измерения горизонтальных углов электронным теодолитом.

Приборы и инструменты, необходимые для выполнения заданий: электронный теодолит Leica T105S / Leica T107S, штатив, марки.

Ход работы

1. Установить теодолит над точкой *A* (точкой стояния), привести в рабочее положение (см. ПЗ № 1).

2. На разной высоте на стене вывесить марки и по заданию преподавателя измерить вертикальные углы. Результаты измерений занести в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Результат измерения вертикальных углов

Точки		Отчеты по вертикальному кругу	Угол	Схемы направлений
стояние	визирование			

3. Зайти в меню измерения углов

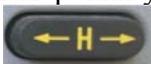


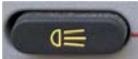
Если значение вертикального угла не отображается, нажать



и



Также можно изменить единицы измерения углов. Для этого необходимо зайти в меню  + . Переключать

меню кнопкой  пока на экране не появятся единицы измерения углов (см. рис. 3.5). Кнопкой  выбрать необходимые единицы измерения (см. ПЗ № 3).

4. Навестись на точку визирования. Значение вертикального угла V , которое отобразится на дисплее, будет измеренным вертикальным углом.

Наведение на визирную цель производят средней горизонтальной нитью визирной сетки зрительной трубы.

Вертикальный угол на данном приборе может измеряться от зенита и от горизонта. Для этого, нажав  + , зайти в меню настроек. Кнопкой  выбрать настройку вертикального угла. Нажав на кнопку , выбирать необходимую настройку.

Нажав  на приборе, можно настроить единицы измерения вертикального угла (% или градусы).

Форма отчетности: результаты измерений оформить в виде табл. 4.1.

Практическое занятие № 5

ИЗМЕРЕНИЕ РАССТОЯНИЙ ЭЛЕКТРОННЫМ ТЕОДОЛИТОМ

Цель занятия: освоить методику измерения расстояний электронным теодолитом.

Приборы и инструменты, необходимые для выполнения практического задания: электронный теодолит Leica T105S / Leica T107S, штатив, рейка с сантиметровыми делениями.

Теоретические сведения

В данной практической работе необходимо измерять расстояния при помощи теодолита и рейки.

Ход работы

1. Установить прибор над точкой стояния (пункт *A*) и привести в рабочее положение (см. ПЗ № 1).
2. Рейкой измерить высоту прибора и запомнить это значение или отметить его на рейке (например, яркой резинкой) (рис. 5.1).

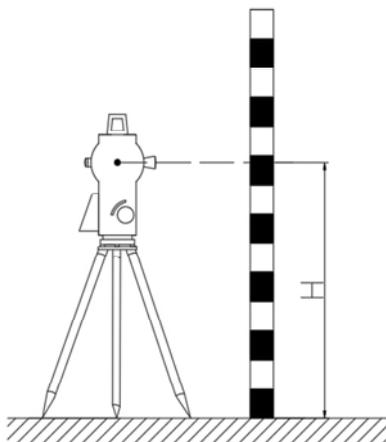


Рис. 5.1. Измерение высоты прибора

3. Установить рейку на пункт, до которого нам необходимо измерить расстояние (рис. 5.2).

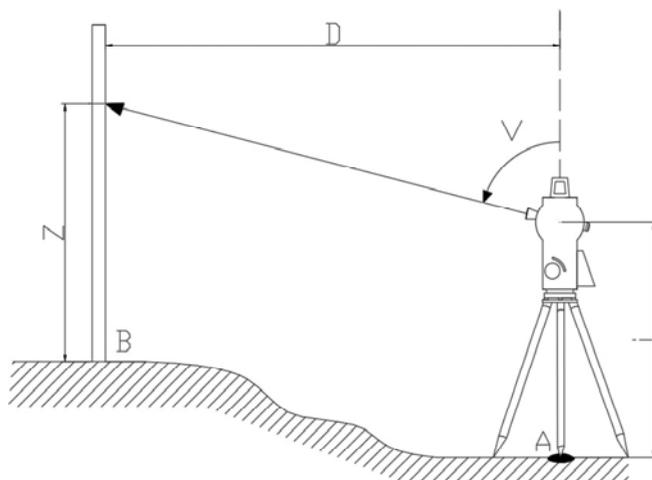


Рис. 5.2. Определение расстояния по нитяному дальномеру

4. Перекрестием сетки нитей зрительной трубы навестись на рейку, на отмеченную высоту прибора. Взять отчет по верхней нити сетки нитей и по нижней нити, разность отчетов L будет в сантиметрах (рис. 5.3).

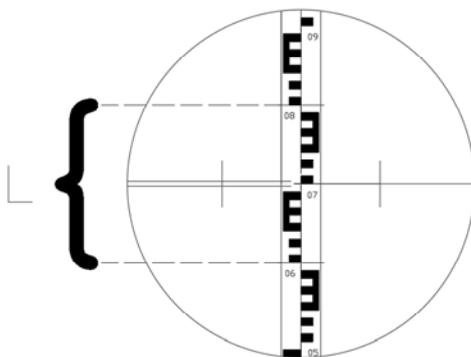


Рис. 5.3. Отчет по дальномерным штрихам

5. Горизонтальное расстояние от прибора до пункта находится по формуле

$$D = 100L \sin^2 V,$$

где D – горизонтальное расстояние от точки стояния прибора до пункта;

L – разность отчета между верхней и нижней нитями сетки;

V – вертикальный угол от зенита.

Если угол $V \approx 90^\circ$, то горизонтальное расстояние от прибора до рейки находится по формуле $D = 100L$ (рис. 5.4).

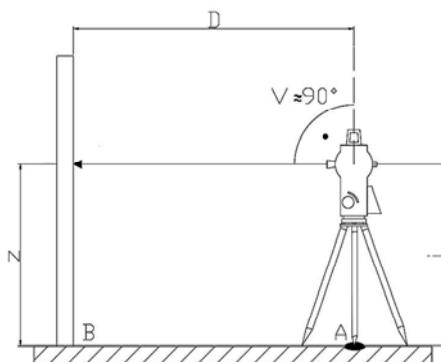


Рис. 5.4. Частный случай определения горизонтального проложения по нитяному дальномеру

Форма отчетности: по заданию преподавателя необходимо определить несколько расстояний. Полученные расстояния проконтролировать путем измерения их рулеткой. Результаты оформить в виде табл. 5.1.

Таблица 5.1

Пример оформления результатов измерений

Измерения теодолитом	Измерения рулеткой
15 м 20 см	15 м 23 см

Практическое занятие № 6

ВЕШЕНИЕ ЛИНИЙ НА МЕСТНОСТИ

Цель занятия: освоить процесс вешения линий на местности.

Приборы и инструменты, необходимые для выполнения задания: электронный теодолит Leica T105S / Leica T107S, штатив, вехи.

Теоретические сведения

В ходе изысканий для проектирования и строительства линейных инженерных объектов, необходимо устанавливать положение отрезков прямых линий с их обозначением и последующим закреплением на местности.

Вешением называют процесс установки вех в вертикальной плоскости между крайними точками прямой.

Вешение с помощью теодолита используют, когда положение точек прямых на местности нужно обозначать с высокой точностью.

В зависимости от рельефа местности и наличия различных препятствий используют различные способы вешения линий [5]:

1. *Вешение «на себя»* – осуществляют между крайними точками отрезка линии AB , находящимися на расстоянии прямой видимости (рис. 6.1).

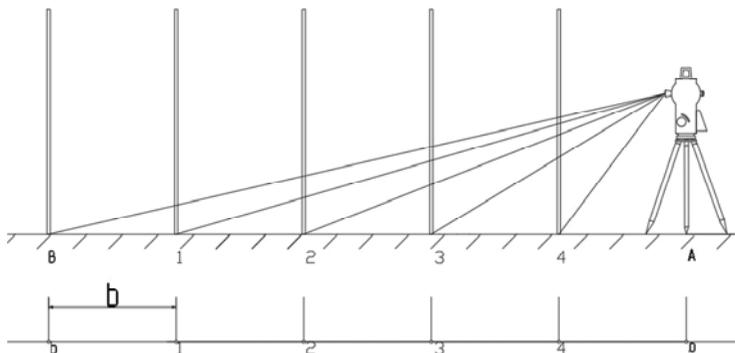


Рис. 6.1. Схема вешения линий «на себя»

2. Вешение «от себя» – линию AB необходимо продлить (рис. 6.2). Данный метод является менее точным, так как каждая последующая веха устанавливается по створу с меньшей точностью, чем предыдущая.

В данной работе студентам предлагается продлить прямую, заданную преподавателям на местности, способом вешения «от себя».

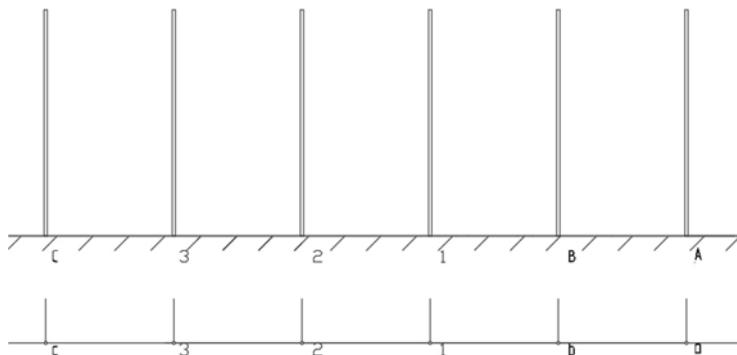


Рис. 6.2. Схема вешения линий «от себя»

Ход работы

1. Установить прибор над пунктом A и привести в рабочее положение (рис. 6.3). Повернуть теодолит дисплеем к себе. Выставить отсчет горизонтального угла «относительно горизонта».

2. Навестись перекрестием сетки нитей на точку B . Записать значение вертикального угла.

3. Перевести трубу через зенит и установить под таким же вертикальным углом (т. е. из 180° вычесть наше первое измерение) в положение в точке C (рис. 6.3). Более точно довести значение угла наводящим винтом вертикального круга. Необходимо следить за тем, чтобы значение горизонтального угла не изменялось. Далее необходимо смотреть в трубу, а второму исполнителю по командам устанавливать точку таким образом, чтобы она попала в перекрестие сетки нитей

(соответственно, расстояние AB равно AC). Это простой метод вешения «от себя».

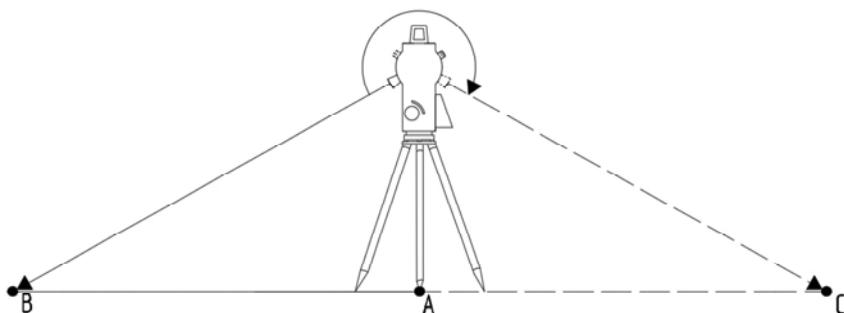


Рис. 6.3. Простой метод вешения линий теодолитом

Если отчет по вертикальному кругу взят «от горизонта», тогда необходимо установить значение вертикального угла на точку C : 180° минус значение вертикального угла при наведении на точку A .

Если отчет по вертикальному кругу взят «от зенита», тогда необходимо установить значение вертикального угла на точку C : 360° минус значение вертикального угла при наведении на точку A .

В учебных целях точки могут закрепляться канцелярскими кнопками.

4. Для более точного выставления линии вешения (точный метод) необходимо изменить круг (повернуть теодолит вокруг своей оси) и повторить действия, оставляя прежние точки на своих местах. В результате получится две точки C_1 и C_2 , а искомая точка C будет между ними.

Форма отчетности: показать преподавателю результат работы на местности и оформить вычисления.

Практическое занятие № 7

ВЕРТИКАЛЬНОЕ ПРОЕКЦИРОВАНИЕ ОСЕВЫХ ТОЧЕК НАКЛОННЫМ ЛУЧОМ

Цель занятия: задать с помощью теодолита вертикальность конструкции (здания, сооружения).

Приборы и инструменты, необходимые для выполнения заданий: теодолит Leica T105S, штатив, рейка с сантиметровыми делениями.

Теоретические сведения

Вертикальность конструкций высотой до 50 м можно задавать и проверять с помощью теодолита способом вертикальной плоскости [4]. При выполнении данной работы преподаватель указывает конструкцию, здание (сооружение), вертикальность которых необходимо задать, принимая во внимание безопасность выполнения данного вида работ.

Ход работы

1. Обозначить пункт A на расстоянии $(1,2-1,5)H$ от объекта таким образом, чтобы обеспечить беспрепятственное наведение на пункт B и C_1 (рис. 7.1). H – высота конструкции (высота проектируемого горизонта). Пункт A при выполнении данной работы является закрепляющим основную продольную ось объекта.

2. Установить прибор над пунктом A .

3. Внизу заданной конструкции отметить риску пункт B .

4. Выверенным прибором навестись на риску B . Пункт A и осевая риска определяют направление вертикальной створной (осевой) плоскости, где лежит и проектируемая осевая точка C_1 (рис. 7.1) [3].

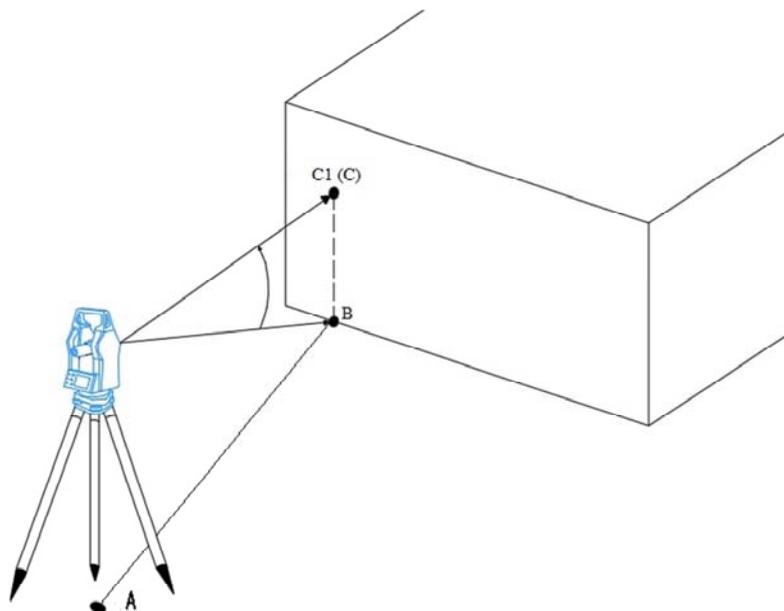


Рис. 7.1. Построение вертикальной плоскости

5. Проверить правильность установки прибора (пузырек уровня и центрир). Далее визировать (вертикальной нитью визирной сетки) на проектируемый горизонт. По указаниям наблюдателя второму исполнителю рисккой закрепить точку C_1 (это и будет проектируемая осевая точка C).

6. Для более точного выполнения данного вида работ построения производят дважды. Необходимо перевести трубу теодолита через зенит и повторить пп. 4–5. Отметить рисккой точку C_2 (рис. 7.2). В результате определяемая осевая точка C на проектируемом горизонте находится посередине отмеченных точек C_1 и C_2 .

7. Для выполнения данного вида работ можно использовать рейку с сантиметровыми делениями. Это повысит условия безопасности труда на проектируемом горизонте [4].

Рейку закрепить горизонтально на проектируемом горизонте (рис. 7.3).

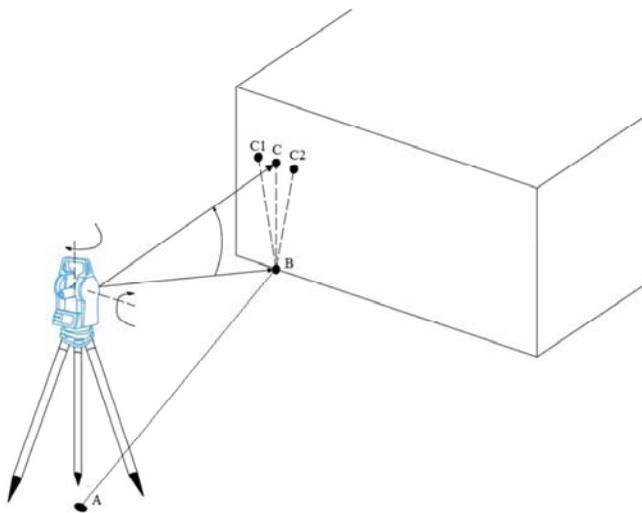


Рис. 7.2. Точное построение вертикальной плоскости

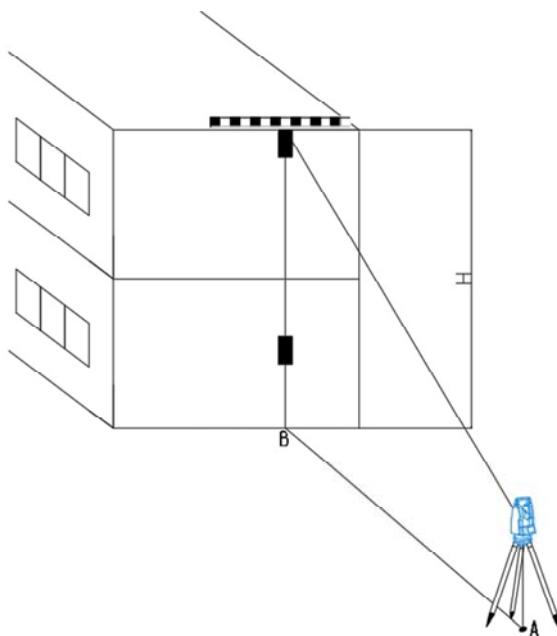


Рис. 7.3. Построение вертикальной плоскости с использованием рейки

Произвести действия, описанные в пп. 4–6, проецирование необходимо вести на шкалу рейки. Место проекции точек на рейку отсчитывают по ее шкале при КП и КЛ, расхождения между отсчетами допускаются до $1/3$ ширины биссектора визирной сетки трубы. Результат – среднее из отчетов. Соответствующую осевую риску перенести на конструкцию с погрешностью 1–1,5 мм [5].

Форма отчетности: показать преподавателю результат работы на местности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Приборы геодезические. Термины и определения: ГОСТ 21830-76. – Введ. 17.05.76. – М. : Издательство стандартов, 1986. – 88 с.

2. User Manual T105/T110. Version 1.3. Theodolite 100 Series. Printed in Switzerland – Copyright Leica. Geosystems AG, Heerbrugg, Switzerland, 2004.

3. Запевалов, В. Н. Практикум по высшей геодезии и основам координатно-временных систем : учебное пособие для студентов, обучающихся по специальности 21.05.01 «Прикладная геодезия» / В. Н. Запевалов, А. М. Олейник // Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Тюменский индустриальный университет. – Тюмень: ТИУ, 2020. – 75 с.

4. Подшивалов, В. П. Инженерная геодезия : учебник / В. П. Подшивалов, М. С. Нетеренок. – 2-е изд., испр. – Минск: Выш. шк., 2014. – 463 с. : ил.

5. Шумаев, К. Н. Геодезия. Электронный теодолит ТЕО-5В : методические указания к выполнению лабораторных работ / К. Н. Шумаев, А. Я. Сафонов, Ю. В. Горбунова // Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2018. – 62 с.

6. Кологривко, А. А. Маркшейдерское дело. Подземные горные работы : учебное пособие / А. А. Кологривко. – Минск : Новое знание; М. : ИНФРА-М, 2020. – 412 с.

Учебное издание

КУЗЬМИЧ Валентина Андреевна
БИЛЬДЮК Егор Викторович
КОЛОГРИВКО Андрей Андреевич

**МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ
ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Пособие

для студентов направления специальности 1-51 02 01-05
«Разработка месторождений полезных ископаемых
(маркшейдерское дело)»

Редактор *Е. И. Бенищевич*
Компьютерная верстка *Е. А. Беспанской*

Подписано в печать 27.12.2022. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 2,61. Уч.-изд. л. 1,53. Тираж 100. Заказ 626.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.