



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Высшая геодезия и фотограмметрия»

Практикум
к выполнению лабораторных работ
по теме

«Работа с теодолитом»

Авторы
Гугуева О.А.,
Калачева Н.А.

Ростов-на-Дону, 2017

Аннотация

Методические указания по дисциплинам «Основы геодезии», «Геодезия и картография» на тему «Работа с теодолитом» предназначены для направлений подготовки 07.03.02 «Реконструкция и реставрация и архитектурного наследия», 07.03.04 «Градостроительство»; 07.03.01 «Архитектура», 08.03.01 «Строительство», специальности 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений».

Предназначены для изучения назначения и устройства оптических теодолитов технической точности (типа ТЗ0, на примере теодолита 4ТЗ0П), порядка выполнения поверок и юстировок, техники безопасности при работе с ними. Содержит указания по выполнению лабораторных работ по измерению горизонтальных и вертикальных углов, дальномерного расстояния.

Авторы



ассистент кафедры «ВГГФ» Гугуева О.А.,



ассистент кафедры «ВГГФ» Калачева Н.А.,



Оглавление

Введение	4
1 Правила работы с геодезическими инструментами	5
2 Устройство теодолита 4Т30П.....	6
2.1 Отчетное устройство теодолита	7
3 Установка теодолита в рабочее положение	9
4 Поверки теодолита 4Т30П	10
5 Измерение горизонтального угла способом приемов...	14
6 Измерение угла наклона линии	17
7 Измерение длины линии с помощью нитяного дальномера	18
Библиографический список	19

ВВЕДЕНИЕ

При изучении дисциплин геодезической направленности важная роль отводится лабораторным занятиям по освоению геодезических приборов.

Теодолит – это геодезический прибор, предназначенный для выполнения угловых измерений. С его помощью можно измерить и построить на местности горизонтальные и вертикальные углы. Теодолитом также можно измерить магнитный азимут, используя буссоль и расстояние, используя нитяной дальномер.

Изучение и освоение теодолита, одного из самых применяемых геодезических приборов в строительстве, необходимо студентам для усвоения последующего материала. В частности, для понимания принципов теодолитной и тахеометрической съемки.

1 ПРАВИЛА РАБОТЫ С ГЕОДЕЗИЧЕСКИМИ ИНСТРУМЕНТАМИ

Геодезические инструменты – сложные высокоточные инструменты, даже незначительные повреждения могут нарушить взаимное положение осей и привести к снижению точности и поломке.

Поэтому каждый студент обязан знать и *строго соблюдать правила работы с геодезическими инструментами*:

1. Перед началом работы с приборами необходимо изучить устройство, назначение и действие всех его частей и рукояток;

2. ознакомится и запомнить расположение и способ закрепления прибора и приспособлений в упаковочном ящике – футляре;

3. при извлечении, установке на штативе и работе с прибором категорически запрещается касаться руками оптических деталей: линз, зеркал, защитных стекол;

4. установленный на штативе инструмент сразу же закрепляют станковым винтом так, чтобы подъемные винты вращались без излишнего усилия;

5. при закреплении вращающихся частей нельзя перетягивать закрепительные винты, во избежание их поломки;

6. наводящие (микрометричные) винты должны перемещаться плавно, без усилия. При достижении упора следует немедленно прекратить вращение, установить микрометричный винт в среднее положение, затем открепить закрепительный винт и повернуть прибор;

7. начинать вращение частей прибора следует, только убедившись, что закрепительные винты откреплены. Если вращение затруднительное, то следует провести осмотр и обратиться к преподавателю;

8. при перемещении вокруг установленного на штативе прибора проявлять осторожность и не «спотыкаться» о его ножки, что может вызвать повреждение или падение прибора;

9. запрещается оставлять прибор без присмотра;

10. запрещается прислонять рейку к стенам и др., если ее не используют – следует привести ее в горизонтальное положение.

2 УСТРОЙСТВО ТЕОДОЛИТА 4Т30П

Оптический теодолит 4Т30П – оптико-механический геодезический прибор, относится к инструментам технической точности. Теодолит 4Т30П – четвертая модификация теодолита 30-ти секундной точности ($30''$) с прямым изображением предметов в зрительной трубе. В комплект теодолита входят уровень, ориентир-буссоль и окулярные насадки. Дополнительно теодолит комплектуется геодезическим штативом со станovým винтом и отвесом.

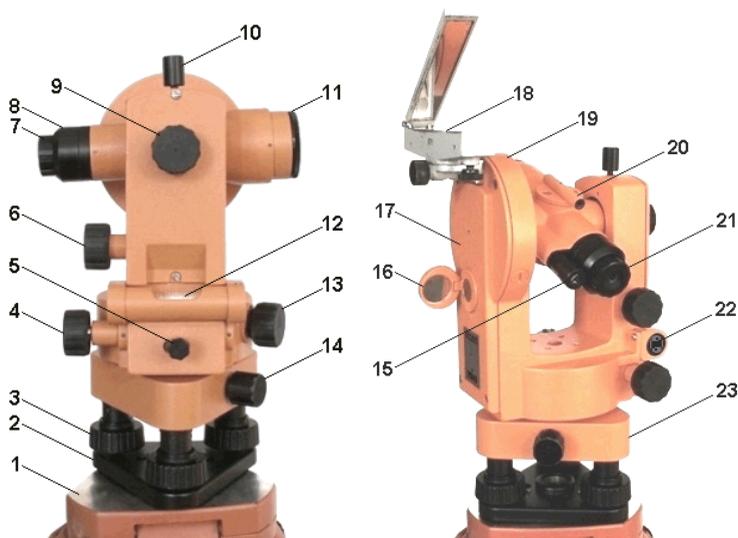


Рис. 1. Устройство теодолита 4Т30П:

1 – головка штатива; 2 – основание; 3 – подъемный винт; 4 – наводящий (микрометрический) винт алидады; 5 – закрепительный винт алидады; 6 – наводящий (микрометрический) винт зрительной трубы; 7 – окуляр зрительной трубы; 8 – предохранительный колпачок сетки нитей зрительной трубы; 9 – кремальера; 10 – закрепительный винт зрительной трубы; 11 – объектив зрительной трубы; 12 – цилиндрический уровень; 13 – кнопочный винт для поворота лимба; 14 – закрепительный винт; 15 – окуляр отсчетного микроскопа с диоптрийным кольцом; 16 – зеркальце для подсветки штрихов отсчетного микроскопа; 17 – колонка; 18 – ориентир-буссоль; 19 – вертикальный круг; 20 – визир; 21 – диоптрийное кольцо окуляра зрительной трубы; 22 – исправительные винты цилиндрического уровня; 23 – подставка

2.1 Отчетное устройство теодолита

Горизонтальный круг градуирован через один градус и оцифрован от 0° до 360° . Вертикальный круг градуирован через один градус и оцифрован от -0° до -75° и от $+0^\circ$ до $+75^\circ$.

Шкала алидады горизонтального и вертикального круга имеет угловую величину в 1° . Самым длинным штрихом шкала делится на два отрезка по $30'$. Каждый из этих отрезков, штрихами средней высоты, в свою очередь делится на три отрезка по $10'$. Наконец каждый десятиминутный отрезок, самыми короткими штрихами, делится на два отрезка по $5'$. Шкала горизонтального круга оцифрована слева направо от $0'$ до $60'$ (цифры 0 и 6). Шкала вертикального круга оцифрована слева направо от $0'$ до $60'$ (цифры 0 и 6) и справа налево от $-0'$ до $-60'$ (цифры -0 и -6) (Рис. 2). В верхнем прямоугольнике (рис. 2), под буквой «В» отсчётное устройство вертикального круга. В нижнем прямоугольнике над буквой «Г» отсчётное устройство горизонтального круга. Показания лимба горизонтального круга $295^\circ 35' 30''$.

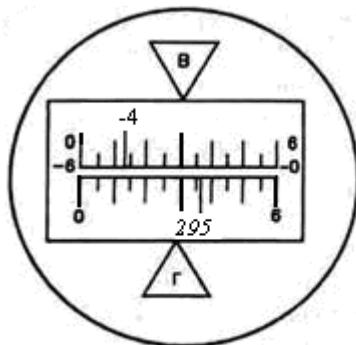


Рис. 2. Поле зрения отчетного микроскопа теодолита 4ТЗ0П

Порядок взятия отсчета по горизонтальному кругу:

1. определяют оцифровку градусного штриха, который находится в пределах шкалы алидады (295°);
2. затем считают количество минут от нулевого штриха алидады до градусного штриха лимба, находящегося внутри шкалы алидады ($35'30''$).
3. показания лимба горизонтального круга $295^\circ 35'30''$.

Порядок взятия отсчета по вертикальному кругу:

1. определяют оцифровку градусного штриха, который находится в пределах шкалы алидады (-4°);

Работа с теодолитом

2. затем считают количество минут от нулевого штриха алидады до градусного штриха лимба, находящегося внутри шкалы алидады ($46'$). Если градусный штрих оцифрован положительно, то минуты считают от $+0'$ до $+60'$ (слева направо). Если градусный штрих имеет отрицательную оцифровку, то минуты считают от $-0'$ до $-60'$ (справа налево).

3. показания лимба вертикального круга $-4^{\circ}46'$.

Значения минут, внутри пятиминутного отрезка, определяются на глаз.

3 УСТАНОВКА ТЕОДОЛИТА В РАБОЧЕЕ ПОЛОЖЕНИЕ

Установка теодолита в рабочее положение включает в себя следующие действия: центрирование; горизонтирование; установка зрительной трубы и отсчетного микроскопа по глазу.

Центрирование — процесс установки вертикальной оси теодолита на одной отвесной линии с вершиной угла или съёмочной точкой обоснования. Центрирование осуществляют с помощью нитяного отвеса. Штатив с закрепленным на нем теодолитом устанавливают таким образом, чтобы отвес оказался приблизительно над точкой, наблюдая при этом за тем, чтобы плоскость головки штатива была близкой к горизонтальной. Нажимая ногой на упоры наконечников ножек штатива и вдавливая их в грунт, добиваются более точного центрирования прибора.

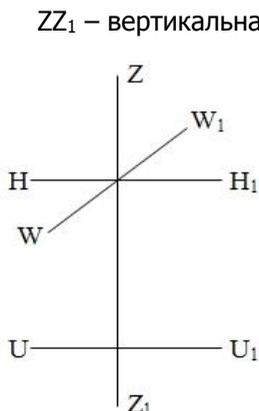
Горизонтирование – приведение оси вращения прибора в отвесное положение осуществляют по выверенному цилиндрическому уровню горизонтального круга. Для этого поворотом алидады размещают цилиндрический уровень приблизительно параллельно двум подъемным винтам и, одновременно вращая их в противоположных направлениях, выводят пузырек уровня на середину. Повернув алидаду ориентировочно на 90° по направлению третьего подъемного винта и действуя им, вновь выводят пузырек уровня на середину.

Установку зрительной трубы и микроскопа отсчетного устройства по глазу обычно осуществляют один раз перед началом работы. Для этого, вращая диоптрийное кольцо окуляра, добиваются резкого изображения сетки нитей в поле зрения трубы. Аналогичным образом вращением диоптрийного кольца отсчетного микроскопа добиваются четкого изображения делений и оцифровки на лимбах вертикального и горизонтального кругов. Необходимую яркость изображения отсчетного микроскопа (рис.2) обеспечивают соответствующим разворотом зеркала подсветки (рис.1).

4 ПОВЕРКИ ТЕОДОЛИТА 4Т30П

Поверки – процесс проверки соответствия прибора геометрическим и оптико-механическим условиям. Если в результате выполнения поверки выявляется нарушение взаимного расположения осей (рис. 3), то производят юстировку. Юстировка – процесс исправления нарушения взаимного расположения осей.

Поверка №1. *Ось цилиндрического уровня на алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна вертикальной оси вращения теодолита (UU₁⊥ZZ₁ - рис.3).*



ZZ₁ – вертикальная ось вращения теодолита;

UU₁ – ось цилиндрического уровня на алидаде горизонтального круга;
 HH₁ – горизонтальная ось вращения зрительной трубы;
 WW₁ – визирная ось зрительной трубы.

Должны выполняться следующие геометрические условия: UU₁⊥ZZ₁;
 WW₁⊥HH₁; HH₁⊥ZZ₁.

Рисунок 3 – Геометрическая схема осей теодолита

Располагают цилиндрический уровень на алидаде горизонтального круга (рис.1) по направлению двух подъемных винтов (рис.1) и, вращая их в разные стороны, приводят пузырек уровня в нуль-пункт. Поворачивают алидаду на 90° и вращением третьего винта приводят пузырек уровня в нуль-пункт. Затем, доворачивают алидаду до 90°, если пузырек уровня отклонился не более чем на одно деление, то условие выполнено. Если отклонение больше, то выполняют юстировку.

Порядок юстировки:

Необходимо на половину дуги отклонения привести пузырек уровня к нуль-пункту одним из подъемных винтов, а на вторую половину - исправительными винтами уровня (рис.1). При необходимости поверку повторяют.

Поверка №2. Горизонтальная нить сетки нитей должна быть перпендикулярна к вертикальной оси вращения теодолита.

Теодолит приводят в рабочее положение. Зрительную трубу наводят на удобную для визирования точку, ее изображение сов-

Работа с теодолитом

мещают с левым концом горизонтального штриха сетки нитей и, вращая микрометрический винт алидады (рис.1), поворачивают теодолит. Если изображение точки не сходит с правого конца горизонтальной нити, то условие выполнено. В противном случае – выполняют юстировку.

Порядок юстировки:

Снимают предохранительный колпачок сетки нитей (рис.1), ослабляют винты, которыми закреплена сетка нитей и поворачивают сетку так, чтобы при перемещении трубы горизонтальная нить не сходила с точки.

Эту же поверку можно выполнить, совмещая вертикальную нить сетки с нитью отвеса, подвешенного в 10-15 м от теодолита.

Поверка №3. *Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна к горизонтальной оси вращения трубы ($WW_1 \perp HH_1$ – рис.3).*

Угол S отклонения визирной оси трубы от перпендикуляра к горизонтальной оси вращения трубы называют коллимационной ошибкой.

Для выполнения поверки теодолит приводят в рабочее положение (п. 3), наводят зрительную трубу на удаленную точку вблизи горизонта и при «круге лево» берут отсчет по горизонтальному кругу - КЛ. Затем переводят трубу через зенит, снова визируют на точку при положении «круг право» и берут отсчет КП. Коллимационную ошибку S вычисляют по формуле:

$$S = \frac{K_{\text{П}} - K_{\text{Л}}}{2} \quad (1)$$

Если $|S| \leq 2T$, где T – точность теодолита ($30''$), то условие выполнено. При нарушении этого условия выполняют юстировку.

Порядок юстировки:

Вычисляют «правильный» отсчет по лимбу горизонтального круга по формуле:

$$K_{\text{Ппр}} = K_{\text{П}} + S \quad \text{или} \quad K_{\text{Лпр}} = K_{\text{Л}} - S \quad (2)$$

«Правильный» отсчет устанавливают микрометрическим винтом алидады;

Т.к. вертикальная нить сетки сместится с изображения наблюдаемой точки, то ее возвращают на точку, вращением пары

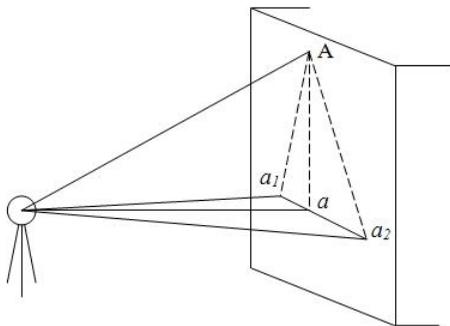
горизонтальных исправительных винтов сетки нитей.

После юстировки поверку повторяют.

Поверка №4. Горизонтальная ось вращения зрительной трубы должна быть перпендикулярна к вертикальной оси теодолита ($HH_1 \perp ZZ_1$ – рис.3).

Для выполнения поверки теодолит устанавливают в 20-30 м от стены (рис.4) и приводят в рабочее положение (п. 3), перекрестие сетки нитей при круге право наводят на высоко расположенную точку **A**, закрепляют алидаду, опускают зрительную трубу до примерно горизонтального положения и отмечают на стене точку **a₁**, на которую проецируется перекрестие сетки нитей. Затем трубу переводят через зенит и при круге лево снова визируют на точку **A**, опустив трубу, получают ее проекцию – **a₂**. Если точки **a₁** и **a₂** совпадут или отрезок **a₁a₂** не превышает ширину биссектора сетки (двойной нити), то условие выполнено. При невыполнении условия юстировку выполняют в специальных мастерских.

Рис. 4. Порядок выполнения поверки $HH_1 \perp ZZ_1$



Поверка №5. Место нуля вертикального круга должно быть постоянным и близким к нулю.

Место нуля (МО) – вычисленный отсчет по вертикальному кругу при горизонтальном положении зрительной трубы, когда пузырек уровня на алидаде горизонтального круга находится в ноль-пункте.

Теодолит приводят в рабочее положение. Наводят трубу на точку и берут отсчеты по вертикальному кругу при положениях вертикального круга КЛ и КП. МО вычисляют по формуле:

$$MO = \frac{KAK}{2} \quad (3)$$

Если $|MO| \leq T$, где T – точность теодолита, то условие выполнено. При нарушении этого условия выполняют юстировку.

Порядок юстировки:

Вычисляют «правильный» отсчет по вертикальному кругу по формуле:

Работа с теодолитом

$$KП_{пр} = KП - MO \quad \text{или} \quad KЛ_{пр} = KЛ - MO. \quad (4)$$

«Правильный» отсчет устанавливают на вертикальном круге теодолита микрометрическим винтом зрительной трубы.

Т.к. горизонтальная нить сетки сместится с изображения наблюдаемой точки, то ее возвращают на точку, вращением пары вертикальных исправительных винтов сетки нитей.

После юстировки поверку повторяют.

5 ИЗМЕРЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО УГЛА СПОСОБОМ ПРИЕМОМ

1. Теодолит устанавливают в вершине измеряемого угла (рис. 5);
2. приводят его в рабочее положение (центрируют над пунктом с точностью не менее +5 мм, нивелируют по уровню, добиваются резкого изображения сетки нитей (п.3));

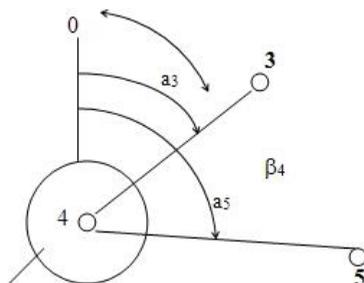


Рис. 5. Схема измерения угла

3. на предыдущем и последующих пунктах устанавливают веши позади колышков (в створе наблюдаемых направлений);
4. при положении вертикально круга «круг лево» (КЛ) снимают отсчет по горизонтальному кругу a_5 на праволежащую, затем отсчет a_3 на леволежащую веши, отсчеты записывают в журнал (табл. 1);
5. теодолит поворачивают на 180° , зрительную трубу переводят через зенит. Чтобы отсчёты отличались от взятых в первом полуприеме, смещают лимб на несколько градусов при помощи микрометричного винта лимба;
6. при положении вертикального круга «круг право» (КП) снимают отсчет по горизонтальному кругу a_5 на праволежащую, затем отсчет a_3 на леволежащую веши, отсчеты записывают в журнал;
7. не снимая теодолит, вычисляют горизонтальные углы $\beta_{кл}$, $\beta_{кп}$:

$$\begin{aligned} \beta_{кл} &= a_5^{кл} - a_3^{кл} \\ \beta_{кп} &= a_5^{кп} - a_3^{кп}. \end{aligned} \quad (5)$$

Если правый отсчёт оказался меньше левого, то к нему прибавляют 360° , тогда: $\beta = (a_5 + 360^\circ) - a_3$.

Если расхождение между $\beta_{кл}$ и $\beta_{кп}$ не превышает $1'$ (двойной точности теодолита 4Т30П), то вычисляют среднее значение угла в приеме и записывают в журнал:

$$\beta_{ср.} = (\beta_{кл} + \beta_{кп})/2. \quad (6)$$

Работа с теодолитом

В противном случае, измерения повторяют.

При наведении на веку стараются навести трубу как можно ниже, так как низ вехи всегда отклоняется меньше, чем верх.



Таблица 1

Журнал измерения горизонтальных углов теодолитного хода

Дата _____

Погода _____

Изображении _____

№ точки стояния	№ точки визирования	Круг	Отсчеты по горизонтальному кругу			Значение угла в полуприеме	Значение угла в приеме
			0	/	//		
1	2	3	4			5	6
1	5	КП	127	26	00	167 ⁰ 35'	167 ⁰ 35' 30//
	2		321	51	00		
	5	КЛ	218	31	00	167 ⁰ 36'	
	2		50	55	00		

6 ИЗМЕРЕНИЕ УГЛА НАКЛОНА ЛИНИИ

Для измерения угла наклона линии местности 4-5 теодолит устанавливают в точку 4, и приводят его в рабочее положение. При помощи рулетки или рейки измеряют высоту прибора i . В точке 5 устанавливают рейку и наводят зрительную трубу теодолита на высоту прибора i , берут отсчет по вертикальному кругу, например, при «круге лево», записывают его в табл. 2. Затем трубу переводят через зенит, поворачивают алидаду горизонтального круга на 180^0 и, при «круге право» проделывают то же самое. Вычисляют *место нуля* теодолита – $МО$ (вычисленный отсчет по вертикальному кругу при горизонтальном положении визирной оси и оси цилиндрического уровня) по формуле:

$$МО = \frac{КЛ - КП}{2}, \quad (7)$$

где КЛ и КП – отсчеты по вертикальному кругу теодолита при «круге лево» и «круге право» (табл. 2)

Угол наклона, у теодолитов 4Т30П, можно вычислить по формулам:

$$v = \frac{КЛ - М}{2}, \quad v = \frac{М - КП}{2}, \quad v = \frac{КЛ - КП}{2}. \quad (8)$$

Таблица 2

Журнал измерения углов наклона

№№ т. линии	К р у г	Отсчеты по вертикальному кругу	Место нуля	Угол наклона линии
4-5	КЛ	- 0°16'	- 1'	- 0°15'
	КП	+ 0°14'		
5-1	КЛ	+1°52'	- 1'	+1°51'
	КП	- 1°54'		

7 ИЗМЕРЕНИЕ ДЛИНЫ ЛИНИИ С ПОМОЩЬЮ НИТЯНОГО ДАЛЬНОМЕРА

Зрительные трубы геодезических приборов позволяют измерять расстояния по нитяному дальномеру. Для этого в зрительной трубе имеются дальномерные нити (рис.6)

Для измерения длины линии 4-5 необходимо выполнить действия в следующей последовательности:

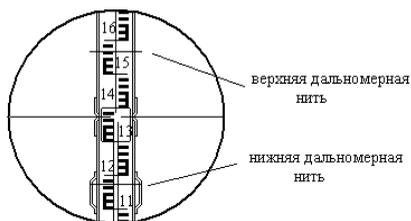


Рис.6 Поле зрение трубы

Рис. 6. Поле зрение трубы

1. в точке 4 (один конец линии) установить теодолит и привести в рабочее положение (п.3);
2. на рейке отметить высоту прибора, приставив ее к теодолиту;
3. установить рейку в отвесное положение в точку 5 (второй конец линии);
4. навести среднюю нить сетки нитей на отметку высоты прибора;
5. взять отсчеты по верхней и нижней дальномерным нитям (a , b), $a=1570$ мм, $b=1175$ мм (рис.6);
6. вычислить значение наклонного расстояния линии 4-5 по формуле:

$$D=(a-b)*K/1000, \quad (9)$$

где K – коэффициент дальномера, указанный в паспорте прибора ($K=100$, для теодолита 4Т30П),

$$D_{4-5}=(1570-1175)*100/1000=39,5\text{м.}$$

7. для контроля выполнить действия п.4-6 при другом положении вертикального круга. За окончательное значение принять среднеарифметическое.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. И. Ф. Куштин, В. И. Куштин Геодезия. Ростов н/Д: Феникс, 2009.
2. Д. Ш. Михелев [и др.]: Инженерная геодезия. 10-е изд., перераб. и доп. М.: Академия, 2010
3. В. Ф. Перфилов, Р. Н. Скогорева, Н. В. Усова Геодезия. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Высшая школа, 2008.
4. Правила по технике безопасности на топографо-геодезических работах /ПТБ-88/. М.: НЕДРА, 1991
5. Г. Г. Поклад, С. П. Гриднев Геодезия. М-во сельского хоз-ва РФ; ВГАУ. – 2-е изд. М.: Академический проект, 2008.