

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Емец Валерий Сергеевич  
Должность: Директор филиала  
Дата подписания: 18.10.2023 18:52:04  
Уникальный программный ключ:  
f2b8a1573c931f1098cfe699d1debd94fcff35d7

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Рязанский институт (филиал)  
федерального государственного автономного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Московский политехнический университет»

Кафедра «Архитектура и градостроительство»

Л. В. Алексеенко

## **ОПТИЧЕСКИЕ ТЕОДОЛИТЫ**

Учебное пособие

Рязань  
2022

УДК528  
ББК26.12  
А47

**Алексеевко Л.В.**

**А47** Оптические теодолиты: учебное пособие / Л.В. Алексеевко – Рязань: Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета, 2022. – 20 с.

Учебное пособие содержит указания по освоению учебной дисциплине «Геодезия» для изучения оптического теодолита. В пособии содержатся краткие теоретические сведения и справочные данные, необходимые для успешного освоения практических и самостоятельных работ с инструментом.

Пособие предназначено для студентов всех форм обучения направлений подготовки 07.03.01 Архитектура, 08.03.01 Строительство.

Печатается по решению методического совета Рязанского института (филиала) Московского политехнического университета.

УДК528  
ББК26.12

©Алексеевко Л.В., 2022  
© Рязанский институт (филиал)  
Московского политехнического  
университета, 2022

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Классификация теодолитов.....	5
2 Устройство теодолита.....	7
3 Поверки и юстировки теодолита.....	9
3.1 Поверка цилиндрического уровня.....	11
3.2 Поверка визирной оси трубы.....	11
3.3 Поверка сетки нитей зрительной трубы.....	12
4 Измерение горизонтальных углов.....	13
5 Измерение вертикальных углов.....	16
Библиографический список.....	19

## Введение

При составлении карт, планов и профилей на местности приходится измерять горизонтальные и вертикальные углы, расстояния и превышения между точками. При выносе запроектированных сооружений на местность и при строительстве нужно уметь построить на местности заданные горизонтальные и вертикальные углы, расстояния и превышения. Горизонтальные и вертикальные углы можно измерить и построить при помощи теодолита. Теодолитом можно также измерять расстояния, используя нитяной дальномер, и превышения, если на трубе теодолита имеется высокоточный цилиндрический уровень. Но все-таки главное назначение теодолита – измерение и построение на местности горизонтальных и вертикальных углов. Устройство теодолита и работу с ним необходимо знать инженеру-строителю. Поэтому ниже в указаниях приводятся сведения о типах теодолитов, устройстве теодолита (например, 4Т30П), его поверках и юстировках, и методике измерения горизонтальных и вертикальных углов.

# 1 Классификация теодолитов

Главной частью теодолита является угломерный круг, который может быть металлическим либо стеклянным. Согласно ГОСТ 10529-96 от 07.01.98, отечественная промышленность выпускает **оптические теодолиты** со стеклянными кругами. В зависимости от допускаемой погрешности измерения горизонтального угла одним приемом теодолиты подразделяют на следующие типы:

T1 – высокоточные; T2, T5 – точные; T15, T30, T60 – технические.

В зависимости от конструкции различают следующие теодолиты:

с уровнем при вертикальном круге (традиционные, обозначение не применяется); К – с компенсатором углов наклона (компенсатор углов наклона применяется вместо уровня при вертикальном круге); А – с автоколлимационным окуляром; М – маркшейдерские; Э – электронные; П – теодолит имеет трубу прямого изображения.

Для современных модификаций теодолитов перед обозначением типа теодолита указывается порядковый номер модели, например 4Т30П.

В таблице 1.1 приведены основные параметры выпускаемых теодолитов.

Таблица 1.1 - Параметры теодолитов

№ п/п	Параметр	Значения для теодолитов типа:					
		T1	T2	T5	T15	T30	T60
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Средняя квадратическая погрешность измерения угла одним приемом:						
	- горизонтального угла	1"	2"	5"	15"	30"	60"
	- вертикального угла	1,2"	2,5"	8"	25"	45"	90"
2	Увеличение зрительной трубы, не менее	40 <sup>x</sup>	30 <sup>x</sup>	30 <sup>x</sup>	25 <sup>x</sup>	20 <sup>x</sup>	15 <sup>x</sup>
3	Диаметр входного зрачка, мм, не менее	50	35	35	35	25	25
4	Наименьшее расстояние визирования, м, не более	1,0	1,0	1,0	0,8	0,5	0,5

Продолжение таблицы 1.1 - Параметры теодолитов

1	2	3	4	5	6	7	8
5	Цена деления цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга	10"	15"	20"	30"	45"	60"
6	Масса, кг, не более	11	4,7	4,3	3,5	2,5	2,0

Оптические теодолиты зарекомендовали себя, как приборы, обеспечивающие высокую стабильность результатов измерения, надежность в работе, имеющие малую массу и размеры, простоту в обращении.

В настоящее время крупные зарубежные приборостроительные фирмы (Nikon, Sokkia, Topcon и др.) выпускают в основном **цифровые (электронные) теодолиты**. Цифровые теодолиты не требуют визуального снятия отсчетов. Наблюдателю требуется навести теодолит на визирную цель, отсчет будет показан на дисплее, тем самым, исключается ошибка при снятии отсчетов, повышается производительность и качество полевых работ. Эти приборы имеют водонепроницаемый корпус.

**Лазерные теодолиты** помимо стандартных функций теодолита имеют возможность задавать визирную линию узким пучком лазерного излучения, что используется, например, при автоматизации геодезического контроля при управлении строительными машинами и механизмами.

**Электронные тахеометры** позволяют выполнять как угловые, так и линейные измерения, так как они имеют электронную систему отсчитывания углов, встроенные светодальномер и компьютер. Такие электронные тахеометры позволяют полностью отказаться от ведения полевого журнала, с помощью программного обеспечения компьютера решать типовые геодезические задачи. В последние годы появились электронные тахеометры, работающие без отражателя с дальностью действия более 1 км, когда с прибором работает 1 человек. Измерения при этом выполняются до вертикально стоящих объектов (здания, деревья, столбы).

## 2 Устройство теодолита

Рассмотрим устройство теодолита на примере прибора типа 4Т30.

Теодолит 4Т30 – это сложный и дорогостоящий прибор. Он состоит из следующих частей (рисунок 2.1): горизонтального (21) и вертикального (5) стеклянных кругов с градусными делениями (под кожухом), по которым и измеряются углы; зрительной трубы (8), вращающейся вокруг горизонтальной оси, укрепленной на колонках (10); подставки (2) с тремя подъемными винтами (1, 17), при вращении которых ось вращения теодолита приводится в отвесное положение. Смотреть при этом надо на цилиндрический уровень (14) на алидаде горизонтального круга. Для предварительного наведения зрительной трубы на цель на трубе закреплен визир (17); с другой стороны зрительной трубы находится высокоточный цилиндрический уровень (20), позволяющий использовать теодолит 4Т30 в качестве нивелира. Рядом со зрительной трубой находится отсчетный микроскоп (4), в который передаются изображения отсчетов по вертикальному (В) и горизонтальному (Г) кругам. Для считывания этих отсчетов нужно при помощи зеркала подсветки, находящегося на одной из колонок, запустить свет в оптическую систему теодолита.

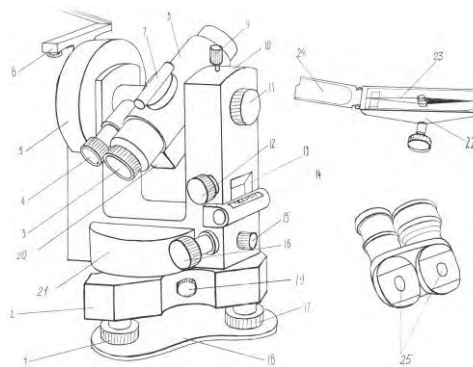


Рисунок 2.1 - Теодолит 4Т30

В комплекте теодолита имеются: штатив, ориентир-буссоль (6, 22), окулярные насадки (25). Штатив нужен для установки теодолита. Ориентир-буссоль позволяет на местности измерять магнитные азимуты линий. Окулярные насадки, надеваемые на окуляры зрительной трубы и отсчетного

микроскопа, позволяют наблюдать предметы, расположенные под углом более  $45^{\circ}$  к горизонту.

Зрительная труба теодолита может переводиться через зенит. Ее фокусирование на цель осуществляется вращением кремальеры (11). Вращением диоптрийного кольца (3) добиваются резкой видимости сетки нитей (рисунок 2.2). Два горизонтальных коротких штриха сетки нитей выше и ниже перекрестия горизонтальной и вертикальной нитей представляют собой нитяной дальномер. Корпус зрительной трубы составляет единое целое с горизонтальной осью, установленной в лагерах колонок (10).

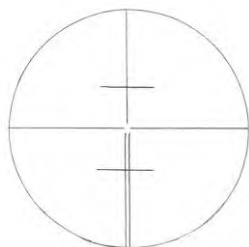


Рисунок 2.2 - Сетка нитей

Коллиматорный визир (7) предназначен для грубой наводки трубы на цель. При пользовании визиром глаз должен быть на расстоянии 25-30 см от него. Точное наведение зрительной трубы на предмет в горизонтальной плоскости осуществляется наводящим винтом (16) после закрепления алидады винтом (15), а в вертикальной плоскости – наводящим винтом (12) после закрепления трубы винтом (9).

Для того чтобы теодолит плавно поворачивался вместе с горизонтальным кругом (лимбом), необходимо вращать наводящий винт лимба на подставке. При этом закрепительный винт лимба (19) должен быть зажат.

Горизонтальный и вертикальный круги разделены через  $1^{\circ}$ . Горизонтальный круг (лимб) имеет круговую оцифровку от  $0^{\circ}$  до  $359^{\circ}$  по направлению часовой стрелки, а вертикальный – секторную, от  $0^{\circ}$  до  $75^{\circ}$  и от  $-0^{\circ}$  до  $-75^{\circ}$ .



Изображение штрихов и цифр обоих кругов передаются в поле зрения отсчетного микроскопа, окуляр (4) которого устанавливается по глазу до появления четкого изображения шкал вращением диоптрийного кольца микроскопа. Отсчет по кругам производится по соответствующим шкалам микроскопа (В – вертикальная, Г – горизонтальная). Пример отсчета по шкале горизонтального круга (лимба) приводится на рисунке 2.3. Отсчет берется следующим образом. Количество градусов соответствует надписи штриха лимба, который проецируется на шкалу. А количество минут отсчитывается как дуга от нулевого деления шкалы до градусного штриха лимба. При этом нужно помнить, что цена деления шкалы равна 5 минутам. На рисунке 2.3 отсчет равен  $124^{\circ}37'$ .

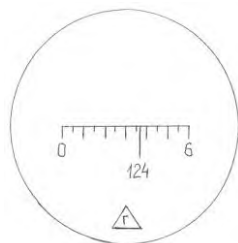


Рисунок 2.3 - Отсчет по горизонтальному кругу

Установка теодолита в рабочее положение, когда ось вращения теодолита становится отвесной, производится вращением подъемных винтов подставки (1, 17) с использованием цилиндрического уровня на алидаде (14).

### **3 Поверки и юстировки теодолита**

Все теодолиты созданы по одной геометрической схеме, основанной на принципе раздельного измерения горизонтальных и вертикальных углов. Для верного измерения углов необходимо, чтобы у теодолита в рабочем положении выполнялись следующие условия: 1) вертикальная ось прибора была отвесна; 2) плоскость лимба была горизонтальна; 3) визирная (коллимационная) плоскость была вертикальна. Для этого должны выполняться определенные

геометрические условия, касающиеся взаимного расположения осей теодолита. Перечислим их (рисунок 3.4):

1 Ось цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна оси вращения теодолита ( $UU \perp OO$ ).

2 Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна горизонтальной оси вращения трубы ( $VV \perp GG$ ).

3 Вертикальная нить сетки нитей должна быть параллельна вертикальной оси прибора ( $YY \parallel OO$ ).

4 Ось вращения зрительной трубы должна быть перпендикулярна вертикальной оси вращения прибора ( $GG \perp OO$ ).

5 Ось коллиматорного визира должна быть параллельна визирной оси зрительной трубы.

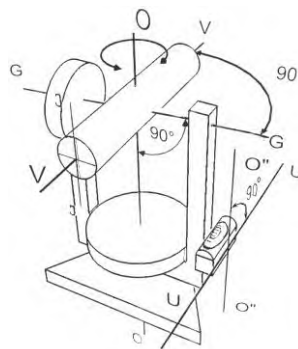


Рисунок 3.4 - Расположение осей теодолита

Выполнение перечисленных геометрических условий необходимо для правильного измерения горизонтальных и вертикальных углов. В связи с этим возникает необходимость в регулярном выполнении **поверок** и **юстировок** теодолита.

Проверки выполнения верных геометрических условий у теодолита называются **поверками**. Если же какое-то условие не выполняется, необходимо сделать соответствующее исправление, то есть **юстировку**. После юстировки надо выполнить поверки повторно.

### 3.1 Поверка цилиндрического уровня

Ось цилиндрического уровня на горизонтальном круге должна быть перпендикулярна оси вращения теодолита.

Теодолит устанавливают на штатив. Алидаду поворачивают таким образом, чтобы ось поверяемого уровня была параллельна двум подъемным винтам. Вращая эти винты в разные стороны, выводят пузырек уровня на середину (в нуль-пункт). Затем алидаду поворачивают на  $90^\circ$  и третьим подъемным винтом устанавливают пузырек уровня на середину. Затем нужно повернуть алидаду на  $180^\circ$  и оценить смещение пузырька уровня от нуль-пункта. Если отклонение больше одного деления, необходимо выполнить юстировку.

Исправительными винтами уровня (рисунок 3.5) переместить пузырек уровня к нуль-пункту на половину отклонения. Исправительные винты вращать при помощи шпильки поочередно в нужном направлении. Другую половину отклонения устранить подъемными винтами. Для проверки правильности юстировки поверку повторить.

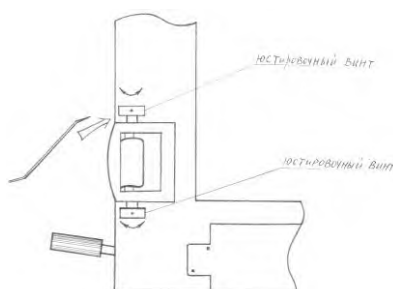


Рисунок 3.5 - Исправительный винт уровня

### 3.2 Поверка визирной оси трубы

Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна горизонтальной оси вращения трубы.

Вертикальную ось теодолита привести в отвесное положение с помощью выверенного уровня. Выбрать удаленную неподвижную точку на высоте теодолита и навести трубу теодолита на эту точку. Взять отсчет по

горизонтальному кругу. Затем трубу перевести через зенит, снова навести на эту же точку при другом круге и записать отсчет по горизонтальному кругу. Затем зажать закрепительный винт алидады, ослабить закрепительный винт лимба, повернуть теодолит на  $180^\circ$  и зажать лимб. Далее повторить действия по взятию отсчетов на точку при круге влево и круге право при втором положении лимба. Подсчитать коллимационную погрешность (неперпендикулярность визирной оси зрительной трубы оси ее вращения) по формуле

$$C = [(L_1 - P_1 \pm 180^\circ) + (L_2 - P_2 \pm 180^\circ)] / 4 \quad (3.1)$$

Повторить определение коллимационной погрешности  $C$  и вычислить ее среднее значение из двух определений. Если это значение превышает по абсолютной величине  $1'$ , необходимо выполнить юстировку и затем повторить поверку.

Вычисляется отсчет по лимбу, свободный от влияния коллимационной погрешности, по формуле

$$L_0 = L_2 - C \quad \text{или} \quad P_0 = P_2 + C \quad (3.2)$$

Алидаду наводящим винтом устанавливают на один из этих отсчетов (в зависимости от того, при каком круге закончили поверку). Посмотрев в зрительную трубу, вы увидите, что крест сетки нитей, с наблюдаемой точки сместился на угол  $C$ . Открутите колпачок на зрительной трубе со стороны окуляра, закрывающий крепежные и исправительные винты сетки нитей. Ослабив шпилькой верхний и нижний исправительные винты сетки, вращением боковых исправительных винтов в одну сторону навести крест сетки нитей на цель при верном отсчете. Закрепить сетку, завернуть колпачок.

### **3.3 Поверка сетки нитей зрительной трубы**

Горизонтальная нить сетки нитей должна быть перпендикулярна вертикальной оси теодолита.

Вертикальную ось теодолита привести в отвесное положение. Навести зрительную трубу на удаленную неподвижную точку на высоте теодолита. Наводящим винтом алидады точку навести на левый конец горизонтальной нити, а затем плавно переместить её к правому концу. Если при этом точка сместилась с горизонтальной нити вверх или вниз более чем на 3 ширины этой нити, выполнить юстировку и затем повторить поверку.

Нужно открутить колпачок на зрительной трубе со стороны окуляра, ослабить отверткой четыре крепежных винта окуляра и повернуть его так, чтобы нить сетки расположилась горизонтально. После юстировки сетки нитей закрепить окуляр и навинтить колпачок.

#### **4 Измерение горизонтальных углов**

Для верного измерения горизонтального угла необходимо соблюдение следующих условий:

- центр горизонтального круга (лимба) должен находиться на отвесной линии, проходящей через вершину угла;
- плоскость лимба должна быть строго горизонтальной.

При выполнении этих условий наклон зрительной трубы теодолита в вертикальной плоскости во время визирования на точки местности не будет влиять на величину измеряемого горизонтального угла.

При измерении углов на местности их вершины предварительно отмечают забитыми в землю колышками. Поверенный и юстированный теодолит устанавливают на штативе таким образом, чтобы острие отвеса находилось над колышком, а столик штатива занимал приблизительно горизонтальное положение на высоте груди наблюдателя. Ножки штатива при этом должны быть вдавлены в грунт настолько, чтобы обеспечивалось устойчивое положение прибора. После этого ослабляют становой винт, которым теодолит крепится к головке штатива, и перемещают теодолит по столику штатива, добиваясь точного центрирования отвеса над серединой колышка.

Нивелирование прибора выполняется в такой последовательности. Поворотом алидады ось цилиндрического уровня располагают параллельно двум подъемным винтам и их вращением в противоположные стороны выводят пузырек уровня на середину. Затем поворачивают алидаду на  $90^0$  («по третьему винту») и вращением третьего винта снова выводят пузырек на середину. Затем контролируют положение пузырька уровня в положении «по двум винтам».

Трубу устанавливают «по глазу» вращением окулярного кольца, добиваясь четкого изображения сетки нитей. Установка трубы «по предмету» делается в процессе визирования на цель вращением винта кремальеры.

#### Измерение горизонтальных углов способом приемов

Сущность данного способа заключается в двукратном измерении одного и того же угла при двух положениях вертикального круга («круг лево» и «круг право») и вычислении среднего значения измеряемого угла. Схема измерения горизонтального угла показана на рисунке 4.6.

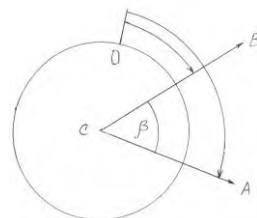


Рисунок 4.6 - Схема измерения горизонтального угла

Измерение может быть выполнен как при произвольном положении лимба, так и от нуля – при предварительной его установке в такое положение, при котором отсчет по лимбу при наведении на точку В (рисунок 4.6) равен нулю.

Горизонтальный угол измеряют в следующем порядке:

- 1) теодолит наводят на правую точку А (рисунок 4.6). Сначала необходимо сделать грубую настройку по визирю. Затем, зажав закрепительный винт алидады и трубы, наводящими винтами совмещают центр сетки нитей с

визирной целью. При работе в «поле» наведение делают на низ вехи. Снимают отсчет по шкаловому микроскопу ( $71^{\circ}35'$ ) и записывают его в журнал теодолитной съемки (таблица 4.2);

Таблица 4.2 - Журнал измерения углов теодолитом 2Т30

№№ точек		Горизонтальный отсчет		Горизонтальный угол		Среднее значение угла	
Стояния	Наведения	0	'	0	'	0	'
С	А	71	35				
	В	19	56	51	39		
	А	251	36			51	39,5
	В	199	56	51	40		

2) при закреплённом лимбе, освободив закрепительный винт алидады, визируют на точку В и производят отсчет ( $19^{\circ}56'$ ). Угол подсчитывается как разность снятых отсчетов и записывается в журналах ( $51^{\circ}39'$ ). Это измерение составляет первый полуприём. С целью обеспечения контроля измерения и для повышения точности выполняют второй полуприём;

3) перед вторым полуприёмом меняют положение лимба на  $1^{\circ} - 2^{\circ}$ . Это можно сделать наводящим винтом лимба. После этого переводят трубу через зенит и визируют на точку А. Берут отсчет ( $251^{\circ}36'$ ), записывают его в журнал;

4) открепив закрепительный винт алидады, визируют на точку В, берут отсчёт ( $199^{\circ}56'$ ). Подсчитывают угол как разность снятых отсчётов ( $51^{\circ}40'$ ). На этом заканчивается второй полуприём. Два полуприёма составляют один приём. Если расхождение между значениями углов из 2-ух полуприёмов не превышает удвоенной точности отсчётного микроскопа  $2t$  (для теодолита 2Т30  $t=30''$ ,  $2t=1'$ ), то вычисляют окончательное значение угла, измеренного одним приёмом, равное среднему арифметическому значению ( $51^{\circ}39,5'$ ).

## 5 Измерение вертикальных углов

Вертикальным называется угол между направлением на предмет и горизонтальным направлением визирной оси трубы теодолита. Вертикальные углы могут быть заключены в пределах от  $+90^0$  до  $-90^0$ . Вертикальные углы измеряются для определения превышений между точками тригонометрическим нивелированием и для определения горизонтальных проложений наклонных линий местности. Измеряя вертикальные углы, можно также определить высоты объектов (зданий, водокачек, дымовых труб и т.д.).

Для измерения вертикального угла определяют место нуля (МО) вертикального круга. Место нуля – это отсчет по вертикальному кругу при горизонтальном положении визирной оси и горизонтальном положении оси уровня при вертикальном или горизонтальном (у теодолита 4Т30) круге.

У разных теодолитов вертикальный круг имеет различное устройство и различную оцифровку. Поэтому формулы для определения вертикальных углов и места нуля вертикального круга у разных теодолитов различаются. Например, у теодолита 4Т30 оцифровка вертикального круга секторная, по  $75^0$  в одну и в другую сторону от нуля, причем в одну сторону деления подписываются со знаком  $+$ , в другую – со знаком  $-$ . На рисунке 5.7 показаны отсчеты по вертикальному кругу теодолита 4Т30 для положительного вертикального угла при круге право (КП) и круге лево (КЛ).

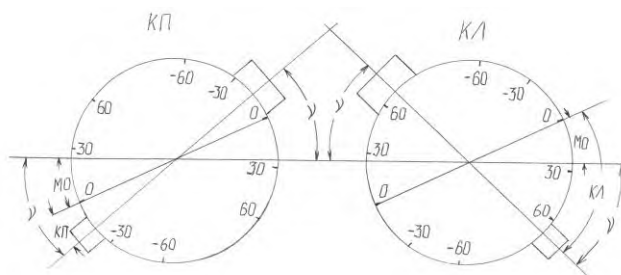


Рисунок 5.7 - Отсчёты по вертикальному кругу

Из рисунка очевидны формулы:

$$v = \text{МО} - \text{КП}; v = \text{КЛ} - \text{МО} \quad (5.3)$$



из этих формул можно вывести, что

$$MO = KЛ + КП / 2; v = KЛ - КП / 2 \quad (5.4)$$

у теодолита 3Т30 (Т30) формула для определения вертикального угла и место нуля (МО) будут другие:

$$v = MO - КП - 180^\circ; v = KЛ - MO \quad (5.5)$$

$$MO = KЛ + КП - 180^\circ / 2; v = KЛ - КП - 180^\circ / 2 \quad (5.6)$$

Необходимо отметить, что отсчеты по вертикальному кругу у теодолита 4Т30 берутся по шкале, подписанной буквой В, равной  $1^\circ$  вертикального круга и поделенной на 12 частей. Следовательно, цена деления шкалы равна  $5'$ . Деля ее на глаз на 10 частей, мы можем брать отсчет с точностью  $0,5'$  ( $30''$ ). Слева направо шкала возрастает от  $0'$  до  $60'$  (подписано цифрой 6), справа налево шкала уменьшается от  $-0'$  до  $-60'$  (подписано  $-6$ ). Отсчет по шкале берется следующим образом: количество градусов считывается с подписанного градусного штриха вертикального круга, который проектируется на шкалу; количество минут определяется по шкале от ее нуля до градусного штриха вертикального круга. Причем, если градусный штрих положителен, то количество минут считается слева направо от 0 шкалы до этого штриха, и прибавляется к градусам. Отсчет будет положительным. Например, на рисунке 5.8 отсчет равен  $+2^\circ 19'$ . Если градусный штрих вертикального круга отрицателен, то количество минут считается справа налево от  $-0$  до градусного штриха и прибавляется к градусам; отсчет будет отрицательным. Например, на рисунке 5.9 отсчет равен  $-0^\circ 52'$ .

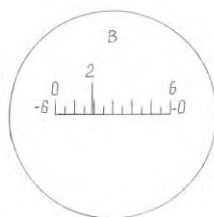


Рисунок 5.8 - Пример отсчета

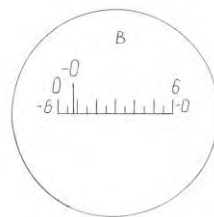


Рисунок 5.9 - Пример отсчета

При измерении вертикальных углов теодолитом 4Т30 тщательно приводят ось теодолита в отвесное положение, затем зрительную трубу наводят на точку при круге право (КП). Перед взятием отсчета при необходимости нужно поправить уровень (пузырек вывести на середину) подъемными винтами. Затем берется и записывается отсчет КП по вертикальному кругу. Далее труба переводится через зенит и наводится на ту же точку при круге лево (КЛ). Подправив при необходимости уровень подъемными винтами, берут и записывают отсчет по вертикальному кругу КЛ. По формулам (5.4) определяют вертикальный угол  $\nu$  и место нуля МО.

Место нуля следует определить повторно при наведении на другую точку, и из двух значений вычислить его среднее арифметическое, Если среднее значение МО больше  $1'$ , его следует исправить. Для этого вычислить исправленные отсчеты для вертикального круга по формулам

$$КЛ_{исправ.} = КЛ - МО \quad \text{или} \quad КП_{исправ.} = КП - МО \quad (5.7)$$

и установить исправленный отсчет на вертикальном круге наводящим винтом зрительной трубы. При этом крест сетки нитей сместится с изображения наблюдаемой точки. Отвинтить колпачок в окулярной части трубы, шпилькой ослабить на пол оборота боковые исправительные винты сетки нитей. Вращением верхнего и нижнего исправительных винтов сетки в одну сторону, навести крест сетки нитей на точку. Закрепив боковые винты сетки, еще раз определяем МО.

Если мы определили место нуля (МО), то другие вертикальные углы можем измерять однократным наведением зрительной трубы на цель при круге право (КП) или круге лево (КЛ) с одновременным снятием отсчетов по вертикальному кругу и подсчитывать углы по формулам (5.3).

## Библиографический список

1 Методы и приборы высокоточных геодезических измерений в строительстве: учебное пособие для вузов / В. Д. Большаков; под ред. В. Д. Большакова. - М. : «Недра», 2018. — 345 с.

2 Инженерная геодезия: Учебник для вузов / Багратуни Г. В., Ганьшин В. И., Данилевич Б. Б. и др. - 3-е изд., перераб. и доп. М., Недра, 2018. — 344 с.

3 Основы геодезии и топографии: учебник / Соловьев А.Н. – М.: Лань, 2020. – 240 с.

4 Геодезические приборы: Справочник / Захаров А. И. – М.: Недра, 2017. – 314 с.

5 Инженерная геодезия. Тесты и задачи. Учебное пособие / Михайлов А. Ю. – М.: Инфра-Инженерия, 2018. – 188 с.

**Учебное издание**

**Алексеенко Лидия Викторовна**

**ОПТИЧЕСКИЕ ТЕОДОЛИТЫ**

**Учебное пособие**

Подписано в печать \_\_\_\_\_ Тираж \_\_\_\_\_ экз.

Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета

390000, г. Рязань, ул. Право-Лыбедская, 26/53