

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачёва»

Кафедра маркшейдерского дела и геологии

Составитель Г. А. Корецкая

## **МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ В ГОРНОМ ДЕЛЕ**

### **Методические указания к лабораторным работам**

Рекомендованы учебно-методической комиссией специальности  
21.05.04 Горное дело, специализации Маркшейдерское дело,  
в качестве электронного издания  
для использования в образовательном процессе

Кемерово 2019

## Рецензенты:

Михайлова Т. В. – доцент кафедры маркшейдерского дела и геологии

Латагуз М. М. – ст. преп. кафедры маркшейдерского дела и геологии

**Корецкая Галина Александровна**

**Метрология, стандартизация и сертификация в горном деле:** методические указания к лабораторным работам [Электронный ресурс] для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело, специализации Маркшейдерское дело, всех форм обучения / сост. Г. А. Корецкая; КузГТУ. – Электрон. дан. – Кемерово, 2019. – Систем. требования: Pentium I ; ОЗУ 500 Мб; Windows 2003; мышь. – Загл. с экрана.

Методические указания составлены для оказания методической помощи студентам при выполнении ими лабораторных работ в часы аудиторных занятий и самостоятельной работы.

© КузГТУ

© Корецкая Г. А.,  
составление, 2019

## ВВЕДЕНИЕ

Деятельность горных инженеров-маркшейдеров непосредственно связана с измерениями на земной поверхности и в недрах земли при открытых и подземных разработках. Качество измерений, их единство контролируется на государственном уровне. Для обеспечения достаточной точности маркшейдерских измерений наряду со строгим соблюдением технологической дисциплины и высокой квалификацией исполнителей необходимы надежные средства измерений, отвечающие задачам единства и достоверности измерений. Поэтому поверкам и исследованиям маркшейдерско-геодезических приборов, используемых в горном производстве, уделяется большое внимание. Неточности измерений, не выявленные своевременно дефекты измерений, приносят ощутимый ущерб качеству маркшейдерско-геодезических работ.

Настоящие методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация в горном деле» составлены в соответствии с учебным планом специальности 21.05.04 Горное дело, специализация Маркшейдерское дело.

Целью данной работы является оказание методической помощи студентам при выполнении ими лабораторных работ. Выполнение этих работ позволит студентам закрепить теоретические знания дисциплины на примерах решения конкретных задач, освоить рекомендуемую инструкциями методику выполнения проверок и исследований маркшейдерско-геодезических приборов с использованием эталонов и компараторов. Сроки выполнения и защиты работ, количество часов, отводимых на их выполнение, устанавливаются календарным планом учебных занятий по данной дисциплине.

Лабораторные работы № 1, 2 выполняются каждым студентом по индивидуальным заданиям, приведенным в данных указаниях. Остальные работы выполняются в составе бригады, численный состав которой в зависимости от вида выполняемой работы принимается в 3–7 человек. По результатам работ составляется один отчет на бригаду, который оформляется и сдается всеми членами бригады одновременно. Отчет должен содержать текстовую часть с описанием порядка выполнения работ.

## ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 1

### Оценка точности хода подземной полигонометрии Определение места допущенной грубой погрешности

#### 1. *Цель работы*

1.1. Определиться с методикой обнаружения места допущенной угловой или линейной грубой погрешности, если таковая имеется.

1.2. Научиться выполнять все необходимые вычисления по обнаружению места допущенной угловой или линейной грубой погрешности по данным, приведенным в указаниях.

1.3. Рекомендовать исправить допущенные грубые погрешности путем дополнительных полевых измерений.

#### 2. *Исходные приборы и оборудование*

2.1. Исходные данные по вариантам.

2.2. Калькуляторы или компьютеры.

#### 3. *Выполнение работы*

3.1. Определить место допущенной погрешности при ее наличии в измеренных углах.

По источникам возникновения погрешности маркшейдерско-геодезических измерений подразделяют на *случайные* и *систематические*. Уровень случайных погрешностей при проведении определенных измерений примерно одинаков, однако некоторые из них могут резко отличаться. Такие погрешности называются *грубыми*. К грубым погрешностям относятся и *промахи* – погрешности, зависящие от неправильного обращения со средствами измерений, ошибками записи результатов и т. п.

При обнаружении грубой ошибки результат измерения необходимо отбросить и, повторить измерение. Грубые ошибки желательно выявить и отсеять непосредственно при проведении измерений. Это один из наиболее эффективных подходов по исключению этих ошибок. Их можно обнаружить и при проведении начальной математической обработки результатов измерений.

Данные по базовому теодолитному ходу, в котором полностью отсутствуют грубые и случайные погрешности, приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

## Значения углов и длин базового теодолитного хода

№ п/п	Измеренные углы			Измеренные длины, <i>м</i>
	<i>град</i>	<i>мин</i>	<i>сек</i>	
0				
				218,090
1	247	31	20	
				189,190
2	237	27	35	
				138,660
3	258	39	05	
				150,920
4	117	20	35	
				171,760
5	295	41	45	
				190,590
6	228	44	50	
				171,720
0	234	34	50	

Далее из табл.1.2 студент в соответствии с данным ему вариантом выбирает дирекционный угол исходной стороны 0-1, номер угла, в который ему предлагается ввести грубую погрешность и величину этой погрешности.

Из табл. 1.4 в соответствии с данным ему вариантом выбираются случайные погрешности для всех углов и длин базового теодолитного хода.

С внесенными изменениями теодолитный ход просчитывается дважды в прямом и обратном направлениях. Сличаются координаты точек, полученные по прямому и обратному ходу. Во всех сравнениях, кроме полученного на точке с неверным значением угла, разница в координатах будет существенной. На точке же с допущенной грубой ошибкой в значении угла расхождение будет в пределах случайной погрешности, т. е. это и будет местом допущенной грубой погрешности.

3.2. Определить место допущенной погрешности при ее наличии в измеренных длинах.

В данные по базовому теодолитному ходу из табл. 1.3 студент в соответствии с вариантом выбирает длину стороны, в которую ему предлагается ввести грубую погрешность и величину этой погрешности. Из табл. 1.4 в соответствии с вариантом выбираются случайные погрешности для всех углов и длин базового теодолитного хода.

С внесенными изменениями теодолитный ход просчитывается в прямом и обратном направлениях. Сличаются координаты точек, полученные по прямому и обратному ходу. Во всех сравнениях разница в координатах будет существенной. Для среднего значения разницы определяется величина расхождения и его дирекционный угол. Первое приблизительно равно допущенной грубой погрешности, а второе указывает на сторону, в которой эта погрешность допущена.

Таблица 1.2

Изменение, вносимое в значение угла  
базового теодолитного хода

№ вариантов	Дирекционные углы			№ угла с грубой погрешностью	Значение грубой погрешности, град
	<i>град</i>	<i>мин</i>	<i>сек</i>		
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
1	171	15	00	1	+1
2	204	41	30	2	-1
3	252	01	00	3	+1
4	294	35	30	4	-1
5	315	10	30	5	+1
6	351	17	00	6	-1
7	0	28	00	0	+1
8	51	14	30	1	-1
9	85	51	00	2	+1
10	101	15	30	3	-1
11	134	41	00	4	+1
12	158	21	00	5	-1
13	175	35	30	6	+1

Продолжение табл. 1.2

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
14	201	17	30	0	-1
15	222	22	00	1	+2
16	251	35	00	2	-2
17	298	17	00	3	+2
18	305	05	30	4	-2
19	321	32	00	5	+2
20	350	50	00	6	-2

Таблица 1.3

Изменение, вносимое в значение стороны  
базового теодолитного хода

№ вари- антов	Дирекционные углы			№ стороны с грубой по- грешностью	Значение грубой по- грешности, м
	<i>град</i>	<i>мин</i>	<i>сек</i>		
1	171	15	00	0-1	+1
2	204	41	30	1-2	-1
3	252	01	00	2-3	+1
4	294	35	30	3-4	-1
5	315	10	30	4-5	+1
6	351	17	00	5-6	-1
7	0	28	00	6-0	+1
8	51	14	30	0-1	-1
9	85	51	00	1-2	+1
10	101	15	30	2-3	-1
11	134	41	00	3-4	+1
12	158	21	00	4-5	-1
13	175	35	30	5-6	+1
14	201	17	30	6-0	-1
15	222	22	00	0-1	+2
16	251	35	00	1-2	-2
17	298	17	00	2-3	+2
18	305	05	30	3-4	-2
19	321	32	00	4-5	+2
20	350	50	00	5-6	-2

Таблица 1.4

Изменение, вносимое в значение углов и сторон  
(случайные погрешности) базового теодолитного хода

№ вариантов	Угловые погрешности, сек / Линейные погрешности, мм						
	1	2	3	4	5	6	0
1	+10	+25	-15	+5	-25	+15	-10
2	-20	-10	+5	-10	+15	-10	-15
3	-20	+15	+25	+15	-10	-15	+5
4	+10	-15	-15	-25	+30	+10	-15
5	-15	+10	+30	0	-15	+10	-15
6	-30	+10	-20	+15	-20	+15	+20
7	+25	-10	-30	+15	-10	+10	-20
8	+5	-25	+15	0	+15	+15	-20
9	+10	-15	+5	+25	-15	+30	-20
10	+10	-10	-20	-20	+10	-15	-30
11	+25	-10	+25	+15	-15	+10	+10
12	-10	-15	+5	0	-15	-15	+20
13	+15	-10	-15	+10	-15	+10	+15
14	+15	-15	+25	-20	-10	+15	+15
15	+10	-25	-30	+15	+15	+10	-20
16	+10	-10	-15	0	+20	+15	-20
17	-15	-25	-10	+10	+5	+20	+10
18	-10	-10	+10	-25	+30	+10	+25
19	+25	+10	+30	-25	+10	-10	-10
20	-20	+15	+15	0	+15	-25	+5

### Контрольные вопросы

1. Что понимают под погрешностью измерения?
2. Приведите примеры абсолютных и относительных погрешностей маркшейдерско-геодезических измерений.
3. Какие погрешности называют систематическими? Причины их возникновения.
4. Какие погрешности называют случайными? Причины их возникновения.



## ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 2

### Оценка точности хода подземной полигонометрии Определение в случайной погрешности доли от угловых и линейных измерений

#### 1. *Цель работы*

1.1. Определиться с методикой обнаружения в случайной погрешности доли от угловых и линейных измерений.

1.2. Научиться совершенствовать при необходимости методу в части линейных и угловых измерений.

#### 2. *Исходные приборы и оборудование*

2.1. Исходные данные по вариантам.

2.2. Калькуляторы или компьютеры.

#### 3. *Выполнение работы*

Берутся данные по базовому теодолитному ходу, в котором полностью отсутствуют грубые и случайные погрешности, приведенные в табл. 1.1.

Из табл. 1.4 в соответствии с данным ему вариантом выбираются случайные погрешности для всех углов и длин базового теодолитного хода.

С внесенными изменениями теодолитный ход просчитывается дважды в прямом и обратном направлениях. Сличаются координаты точек, полученные по прямому и обратному ходу. Определяются абсолютные значения расхождений прямого и обратного ходов для всех точек хода. Находится среднее значение расхождений, которое и будет приближенным значением погрешностей в линейных измерениях. Отклонения же каждого отдельного расхождения от среднего указывает на погрешности угловых измерений. Определяется необходимость улучшения либо угловых, либо линейных измерений.

#### Контрольные вопросы

1. Какие погрешности называют грубыми или промахами? Причины их возникновения.

2. Способы их обнаружения грубых погрешностей и методы их устранения.

## ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 3

### Исследование и поверки инварной нивелирной рейки

#### 1. *Цель работы*

1.1. Определиться с количеством, видами исследований и поверок инварных нивелирных реек в соответствии с действующими инструкциями.

1.2. Освоить методику выполнения поверок и исследований с оценкой точности выполнения работ и определением допустимости использования реек для работы.

#### 2. *Исходные приборы и оборудование*

2.1. Инварные нивелирные рейки (по числу бригад).

2.2. Контрольные метры (по числу бригад).

2.3. Нивелир типа НЗ.

#### 3. *Проведение операций поверок*

3.1. Внешний осмотр рейки. Обращается внимание на качество исполнения штрихов рейки и их оцифровки. На рабочей поверхности рейки не должно быть пятен, царапин и отслаиваний краски, затрудняющих взятие отсчетов. Крепление ручек и пяток рейки должны быть надежным. По эксплуатационной документации проверяется наличие принадлежностей в комплекте реек.

3.2. Проверка правильности установки круглого уровня на рейке. Рейку устанавливают на расстоянии около 50 м от нивелира. Нивелир приводят в рабочее положение и по команде наблюдателя устанавливают рейку так, чтобы ее ребро совпадало с вертикальной нитью сетки. Если при этом пузырек уровня находится в середине ампулы, то уровень установлен правильно. При отклонениях пузырек уровня выводится на середину ампулы юстировочными винтами. Рейку поворачивают на 90° и проверку повторяют. Во время проверки желательно поддерживать рейку при помощи держателей или к чему-либо ее прислонять.

3.3. Определение стрелы прогиба рейки. Для проверки рейку кладут на боковое ребро, натягивают тонкую нить между концами рейки и линейкой измеряют расстояние от нити до шкалы в

начале, середине и конце рейки с отсчетами соответственно  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$ . Прогиб определяется по формуле

$$f = a_2 - \frac{a_1 + a_3}{2}.$$

Допустимым считается прогиб менее 3 мм, при больших значениях прогиба его исправляют режимом хранения рейки.

3.4. Определение длин интервалов рейки при помощи контрольной линейки. Рейку укладывают на опоры, которые находятся в районе делений 12 и 48. Измеряют контрольной линейкой длины полуметровых интервалов рейки в прямом и обратном направлениях. Перед обратным ходом контрольную линейку поворачивают на  $180^\circ$ . Отсчеты производят по двум краям штрихов дважды, перед вторым измерением линейку сдвигают. Данные измерений сводятся в таблицу 3.1.

Таблица 3.1

Контрольное определение длин полуметровых интервалов

Рейка № 1 \_\_\_ Контрольная линейка № 1 \_ Основная шкала

Интервал рейки	Температура	Отсчеты		П-Л	Среднее	Поправка, мм	Длина, мм
		Л	П				
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
115-105	+24,0	0,0	500,2	500,2	500,32	+0,1	500,42
		0,0	500,0	500,0			
		0,0	500,6	500,6			
		0,0	500,5	500,5			
105-95	+24,0	0,6	500,0	499,4	499,58	+0,1	499,68
		0,6	500,0	499,4			
		0,8	500,2	499,4			
		0,0	500,1	500,1			
95-85	+24,1	0,8	500,4	499,6	499,48	+0,1	499,58
		0,6	500,2	499,6			
		0,6	500,0	499,4			
		0,8	500,1	499,3			
85-75	+24,1	0,8	500,0	499,2	499,40	+0,1	499,50
		0,8	500,2	499,4			
		0,4	499,9	499,5			
		0,4	499,9	499,5			

Продолжение табл. 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8
75-65	+24,0	-0,2	500,4	500,6	500,55	+0,1	500,45
		0,0	500,4	500,4			
		0,4	500,8	500,4			
		-0,4	500,4	500,8			
65-75	+24,0	0,0	500,0	500,0	499,92	+0,1	500,02
		0,0	499,9	499,9			
		0,0	499,8	499,8			
		0,0	500,0	500,0			
75-85	+24,0	0,2	500,2	500,2	499,88	+0,1	499,98
		0,0	500,0	500,0			
		0,2	499,9	499,9			
		0,0	499,8	499,8			
85-95	+24,0	0,0	499,9	499,9	499,90	+0,1	500,00
		0,2	500,1	500,1			
		0,0	500,0	500,0			
		0,4	500,2	500,2			
95-105	+24,0	0,0	500,0	500,0	499,95	+0,1	500,05
		0,4	500,4	500,4			
		0,2	500,1	500,1			
		0,0	499,9	499,9			
105-115	+24,0	0,2	500,3	500,3	500,05	+0,1	500,15
		0,0	500,0	500,0			
		0,1	500,2	500,2			
		0,2	500,2	500,2			

Средняя длина полуметрового интервала в прямом ходе – 499,87; в обратном – 499,94. Среднее значение полуметрового интервала составляет 499,91 мм.

### Контрольные вопросы

1. Какие поверки и исследования нивелирных реек выполняются в соответствии с инструктивными требованиями?
2. По какой формуле определяется стрела прогиба нивелирной рейки?
3. Какова цена деления штрихов контрольного метра?
4. Перечислите правила хранения и эксплуатации инварных нивелирных реек.
5. Какова цена деления штрихов контрольного метра?

## ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 4

### Компарирование тридцатиметровой стальной рулетки контрольным метром

#### 1. *Цель работы*

1.1. Познакомиться со способами компарирования стальных рулеток.

1.2. Научиться практически выполнять компарирование рулеток контрольным метром.

1.3. Освоить методику выполнения работы с оценкой точности ее выполнения.

#### 2. *Исходные приборы и оборудование*

2.1. Тридцатиметровая стальная рулетка (по числу бригад).

2.2. Контрольные метры (по числу бригад).

Стальные рулетки относятся к рабочим измерительным средствам, которые применяются в качестве мер длины для непосредственных измерений длин и расстояний. По точности нанесения шкал измерительные рабочие рулетки делятся на 1, 2 и 3-й классы. Содержание поверочных работ:

- проверка внешнего вида и технического состояния;
- проверка общей длины рулетки и длины отдельных интервалов её шкал.

#### 3. *Порядок выполнения работ*

3.1. На ровной поверхности (стол, парта) укладывается рулетка отрезком не менее одного метра. По динамометру рулетке придается натяжение в 10 кг.

3.2. Поверх рулетки укладывается контрольный метр и грубо совмещается с началом и концом измеряемого интервала рулетки. Для измерений принимается шкала контрольного метра с ценой деления штрихов в 0,2 мм.

3.3. По штрихам рулетки 0 м и 1 м (левый край штриха) с точностью до 0,1 мм на контрольном метре снимаются отсчеты. Контрольный метр слегка смещается, вновь снимаются отсчеты.

3.4. Рулетка продергивается на 1 м и весь цикл измерений повторяется. Работа выполняется до интервала 29–30 м.

3.5. Контрольный метр разворачивается на  $180^\circ$ , и работа выполняется в обратном направлении до интервала 0–1 м включительно.

3.6. Данные измерений сводятся в таблицу 4.1.

Таблица 4.1

## Определение размеров метровых интервалов рулетки

Интервалы	Прямой ход				Обратный ход			
	П	Л	П-Л	(П-Л) <sub>ср</sub>	П	Л	П-Л	(П-Л) <sub>ср</sub>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>
0-1	1002,8	3,0	999,8	999,8	1000,4	0,6	999,8	999,8
	1000,8	1,0	999,8		1000,8	1,0	999,8	
1-2	1001,8	1,9	999,8	999,9	1002,0	2,0	1000,0	999,9
	1004,2	4,3	999,9		1000,2	0,4	999,8	
2-3	1001,6	1,8	999,8	999,8	1002,0	2,0	1000,0	1000,0
	1003,0	3,2	999,8		1003,0	3,0	1000,0	
3-4	1001,4	1,6	999,8	999,8	1001,4	1,4	1000,0	1000,0
	1000,2	0,3	999,9		1002,8	2,8	1000,1	
4-5	1001,1	1,2	999,9	999,9	1002,7	2,7	1000,0	1000,0
	1002,0	2,1	999,9		1001,4	1,4	1000,0	
5-6	1006,0	6,8	999,8	999,8	1002,2	2,4	999,8	1000,0
	1005,0	5,2	999,8		1003,8	3,7	1000,1	
6-7	1002,2	2,4	999,8	999,8	1000,8	1,0	999,8	999,9
	1001,0	1,2	999,8		1001,8	1,8	1000,0	
7-8	1003,6	3,8	999,8	999,8	1000,0	0,0	1000,0	1000,0
	1002,0	2,2	999,8		1001,2	1,2	1000,0	
8-9	1002,0	2,2	999,8	999,8	1002,0	2,1	999,9	1000,0
	1003,4	3,5	999,9		1003,8	3,7	1000,1	
9-10	1002,2	2,2	1000,0	999,9	1003,2	3,3	999,9	1000,0
	1004,4	4,6	999,8		1001,6	1,6	1000,0	
10-11	1001,4	1,5	999,9	999,8	1002,8	2,8	1000,0	1000,0
	1003,4	3,6	999,8		1004,2	4,2	1000,0	
11-12	1002,4	2,6	999,8	999,8	1003,2	3,2	1000,0	1000,0
	1003,8	4,0	999,8		1004,2	4,3	999,9	
12-13	1004,4	4,5	999,9	999,8	1000,2	0,3	999,9	999,9
	1005,3	5,5	999,8		1002,1	2,2	999,9	
13-14	1003,1	3,1	1000,0	1000,0	1001,0	1,1	999,9	1000,0
	1004,5	4,6	999,9		1001,8	1,7	1000,1	
14-15	1002,0	2,1	999,9	999,8	1004,8	4,9	999,9	999,8
	1003,5	3,7	999,8		1006,2	6,4	999,8	
15-16	1004,0	4,2	999,8	999,8	1002,6	2,9	999,7	999,8
	1003,0	3,2	999,8		1003,6	3,8	999,8	
16-17	1003,2	3,4	999,8	999,8	1004,0	4,0	1000,0	1000,0
	1005,4	5,5	999,9		1005,0	5,0	1000,0	

Продолжение табл. 4.1

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>
17-18	1004,6	4,9	999,7	999,8	1002,4	2,7	999,7	999,8
	1007,2	7,3	999,9		1004,4	4,6	999,8	
18-19	1001,8	1,9	999,9	999,8	1000,2	0,2	1000,0	1000,0
	1003,8	4,0	999,8		1002,0	2,0	1000,0	
19-20	1003,2	3,3	999,9	999,8	1002,4	2,5	999,9	999,8
	1002,4	2,6	999,8		1000,6	0,8	999,8	
20-21	1005,1	5,3	999,8	999,9	1001,2	1,2	999,9	1000,0
	1001,1	1,1	1000,0		1002,8	2,9	1000,0	
21-22	1003,4	3,6	999,8	999,8	1001,2	1,3	999,9	1000,0
	1001,2	1,4	999,8		1003,2	3,2	1000,0	
22-23	1004,6	4,8	999,8	999,8	1002,4	2,6	999,8	999,9
	1001,6	1,7	999,9		1002,2	2,4	999,8	
23-24	1004,8	5,0	999,8	999,8	1003,4	3,6	999,8	999,8
	1003,6	3,7	999,9		1005,6	5,8	999,8	
24-25	1002,4	2,7	999,7	999,7	1002,2	2,4	999,8	999,8
	1004,6	4,9	999,7		999,9	0,1	999,8	
25-26	1003,6	4,0	999,6	999,6	1003,8	3,9	999,9	999,8
	1001,4	1,7	999,7		1001,4	1,6	999,8	
26-27	1002,2	2,4	999,8	999,8	1001,2	1,3	999,9	999,8
	1000,0	0,2	999,8		1002,4	2,6	999,8	
27-28	1005,0	5,2	999,8	999,8	1002,3	2,6	999,7	999,7
	1006,1	6,3	999,8		1001,0	1,3	999,7	
28-29	1000,3	0,6	999,7	999,8	1004,0	4,4	999,6	999,6
	1001,8	2,0	999,8		1005,3	5,6	999,7	
29-30	1005,6	5,8	999,8	999,8	1006,8	6,9	999,9	999,8
	1003,4	3,7	999,7		1008,2	8,4	999,8	

По измерениям, выполненным в прямом и обратном ходах, определяются средние значения, вводятся поправка на контрольный метр и температуру, находятся истинные длины интервалов и определяются поправки нарастающим итогом.

Данные сводятся в таблицу 4.2.

Таблица 4.2

### Определение поправок в измеренные длины

№ интервала	Ср. длина интервала	Поправка контр. метра	Попр. за темп.	Исправлен. длина интервала	Длина нараст. итогом	№ интервала
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
0-1	999,80	-0,05	0,00	999,75	999,75	0-1
2-3	999,90			999,85	2999,45	0-3

Продолжение табл. 4.2

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
3-4	999,90			999,85	3999,30	0-4
4-5	999,95			999,90	4999,20	0-5
5-6	999,90			999,85	5999,05	0-6
6-7	999,85			999,80	6998,85	0-7
7-8	999,90			999,85	7998,70	0-8
8-9	999,90			999,85	8998,55	0-9
9-10	999,95			999,90	9998,45	0-10
10-11	999,90			999,85	10998,30	0-11
11-12	999,90			999,85	11998,15	0-12
12-13	999,85			999,80	12997,95	0-13
13-14	1000,00			999,95	13997,9	0-14
14-15	999,80			999,75	14997,65	0-15
15-16	999,80			999,75	15997,40	0-16
16-17	999,90			999,85	16997,25	0-17
17-18	999,80			999,75	17997,00	0-18
18-19	999,90			999,85	18996,85	0-19
19-20	999,80			999,75	19996,60	0-20
20-21	999,95			999,90	20996,50	0-21
21-22	999,90			999,85	21996,35	0-22
22-23	999,80			999,75	22996,10	0-23
23-24	999,80			999,75	23995,85	0-24
24-25	999,75			999,70	24995,55	0-25
25-26	999,70			999,65	25995,20	0-26
26-27	999,80			999,75	26994,95	0-27
27-28	999,75			999,70	27994,65	0-28
28-29	999,70			999,65	28994,30	0-29
29-30	999,80			999,75	29994,05	0-30

### Контрольные вопросы

1. Основные задачи метрологии (теоретической, законодательной и практической).
2. Классификация и виды измерений.
3. Что обозначает термин «компарирование» в маркшейдерии и геодезии?
4. Методы измерений (непосредственной оценки и сравнения с мерой), привести примеры.
5. . Классификация и назначение эталонов ГОСТ 8.057–80.



## ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 5

### Компарирование тридцатиметровой стальной рулетки на стенном компараторе

#### 1. *Цель работы*

1.1. Определиться со способами компарирования стальных рулеток.

1.2. Научиться практически выполнять компарирование на стенном компараторе.

1.3. Освоить методику выполнения работы с оценкой точности ее выполнения.

#### 2. *Исходные приборы и оборудование*

2.1. 30-метровая стальная рулетка (по числу бригад).

2.2. Стенной компаратор ГУ КузГТУ.

#### 3. *Порядок выполнения работы*

3.1. На одном из интервалов стенного компаратора, например 4,0165 м, т. е. между второй и третьей марками компаратора укладывается рулетка. По динамометру рулетке придается натяжение в 10 кг. Значения интервалов между марками компаратора по результатам исследования самого компаратора следующие:

марка 1-2 – 6,0108 м;

марка 1-3 – 10,0273 м;

марка 1-4 – 30,0234 м;

марка 2-3 – 4,0165 м;

марка 2-4 – 24,0126 м;

марка 3-4 – 19,9961 м;

3.2. По маркам снимаются отсчеты на рулетке с точностью до 1 мм. Смещая рулетку относительно марок, отсчеты повторяют десять раз. Данные измерений вносятся в табл. 5.1.

3.3. По данным измерений определяются значения каждого измеренного интервала, среднее значение для десятикратного измерения, поправка в измеренный интервал.

3.4. Работа повторяется для всех интервалов между марками компаратора.

3.5. Определяются поправки за компарирование нарастающим итогом. Данные сводятся в табл. 5.2.

Таблица 5.1

Данные измерений рулетки на стенном компараторе

№ интервалов	№ при-ема	Отсчеты		Длина интервала, м	Средняя длина, м	Истинная длина, м	Поправка, мм
		Л	П				
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
0-4	1	0,000	4,015	4,015	4,0137	4,0165	+2,8
	2	0,003	4,018	4,015			
	3	0,005	4,022	4,017			
	4	0,007	4,020	4,013			
	5	0,001	4,020	4,019			
	6	0,011	4,025	4,014			
	7	0,014	4,027	4,013			
	8	0,018	4,030	4,012			
	9	0,022	4,034	4,012			
	10	0,025	4,032	4,007			
0-6	1	0,001	6,011	6,010	6,0096	6,0108	+1,2
	2	0,002	6,016	6,014			
	3	0,005	6,016	6,011			
	4	0,011	6,025	6,014			
	5	0,015	6,020	6,005			
	6	0,020	6,021	6,001			
	7	0,013	6,023	6,010			
	8	0,028	6,038	6,010			
	9	0,025	6,034	6,009			
	10	0,017	6,029	6,012			
0-10	1	0,002	10,030	10,028	10,0218	10,0273	+5,5
	2	0,005	10,031	10,026			
	3	0,009	10,035	10,026			
	4	0,015	10,040	10,025			
	5	0,018	10,030	10,012			
	6	0,012	10,038	10,026			
	7	0,021	10,045	10,024			
	8	0,025	10,052	10,027			
	9	0,018	10,042	10,024			
	10	0,028	10,054	10,026			
0-20	1	0,000	19,990	19,990	20,0054	19,9961	-9,3
	2	0,040	20,030	19,990			
	3	0,025	20,033	20,008			
	4	0,010	20,025	20,015			
	5	0,016	20,035	20,019			
	6	0,021	20,043	20,022			
	7	0,038	20,056	20,018			
	8	0,025	20,046	20,021			
	9	0,017	20,036	20,019			
	10	0,024	20,046	20,022			

Продолжение табл. 5.1

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
0–24	1	0,000	24,015	24,015	24,0141	24,0126	–1,5
	2	0,003	24,031	24,028			
	3	0,005	24,012	24,007			
	4	0,020	24,040	24,020			
	5	0,018	24,035	24,017			
	6	0,012	24,030	24,018			
	7	0,017	24,022	24,005			
	8	0,005	24,017	24,012			
	9	0,031	24,038	24,007			
	10	0,024	24,036	24,012			
0–30	1	0,007	30,034	30,027	30,0256	30,0234	–2,2
	2	0,024	30,056	30,032			
	3	0,011	30,032	30,021			
	4	0,015	30,045	30,030			
	5	0,035	30,066	30,031			
	6	0,049	30,077	30,028			
	7	0,030	30,055	30,025			
	8	0,018	30,039	30,021			
	9	0,007	30,029	30,022			
	10	0,010	30,029	30,019			

Таблица 5.2

## Данные поправок в измерения рулеткой

№ интервала, м	Поправка на интервал, мм	Измеряемый интервал	Поправка на измеряемый интервал, мм
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
0–4	2,8	0–1	0,7
		0–2	1,4
		0–3	2,1
		0–4	2,8
0–6	1,2	0–5	2,0
		0–6	1,2
0–10	5,5	0–7	2,3
		0–8	3,4
		0–9	4,5
		0–10	5,5
0–20	–9,3	0–11	4,0
		0–12	2,5
		0–13	1,0
		0–14	–0,5
		0–15	–2,0

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
		0–16	–3,5
		0–17	–5,0
		0–18	–6,5
		0–19	–7,9
		0–20	–9,3
0–24	–1,5	0–21	–7,3
		0–22	–5,3
		0–23-	–3,4
		0–24	–1,5
0–30	–2,2	0–25	–1,6
		0–26	–1,7
		0–27	–1,8
		0–28	–1,9
		0–29	–2,0
		0–30	–2,2

### Технические характеристики рулетки Р30УЗК

Характеристики	Значения
Номинальная длина шкалы, м	30
Цена деления шкалы, мм	1
- миллиметровые интервалы	$\pm 0,2$
- сантиметровые интервалы	$\pm 0,3$
- дециметровые интервалы	$\pm 0,4$
Габаритные размеры рулетки, мм	138×270×33
Масса рулетки Р30УЗК, кг	0,75

### Контрольные вопросы

1. Что понимают под поверкой средств измерений?
2. Какими документами регламентируется процедура поверки маркшейдерско-геодезических приборов?
3. Приборы для выполнения поверок и исследований: компараторы, экзаменаторы, коллиматоры и другие.
4. Совокупность каких операций называют калибровкой средств измерений?
5. Для каких измерений предназначены автоколлиматоры?
6. Какой прибор применяют для проверки делений реек, а также для контроля за изменяемостью их длины?

## ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 6

### Определение средней квадратической погрешности измерения горизонтального угла

#### 1. *Цель работы*

1.1. Ознакомиться со способом определения средней квадратической погрешности измерения горизонтального угла непосредственно по результатам измерений углов необходимым числом приемов.

1.2. Практически определить значение средней квадратической погрешности измерения горизонтального угла для исследуемого теодолита.

#### 2. *Исходные приборы и оборудование*

2.1. Теодолит типа Т2.

2.2. Теодолиты типа Т30 – 2 шт.

2.3. Стационарные столики (штативы) – 3 шт.

#### 3. *Порядок выполнения работы*

3.1. Учебная группа или подгруппа делится на отдельные бригады по 3–4 человека. В связи с тем, что одновременно работу может выполнять только одна бригада, а время выполнения работы без перерыва порядка 3–4 часов, работа каждой бригадой выносится из расписания на внеурочное время и выполняется ими самостоятельно.

3.2. Во время выполнения работы на стационарных столиках в аудиториях, ими оборудованных, устанавливаются теодолит Т2 и теодолиты Т30 таким образом, чтобы в плане они давали угол, близкий к  $90^\circ$  с вершиной угла в точке установки теодолита Т2. Все теодолиты приводятся в рабочее положение, а зрительные трубы теодолитов Т30 наводятся на теодолит Т2.

3.3. Каждым членом бригады, т. е. трижды или четырежды, производится измерение горизонтального угла 12-ю приемами, каждый из которых состоит из двух полуприемов. При переходе к измерению следующим приемом лимб теодолита смещается на  $15^\circ$ . Погрешность измерения горизонтального угла определяется по результатам всех измерений.

Пример записи и обработки результатов измерений приведен в таблицах 6.1.1, 6.1.2, ... (по числу членов бригады).

Таблица 6.1.1

Серия 1

Исполнитель Иванов

Номер прибора .....

Температура .....

№		ИЗМЕРЕНИЯ				ЗНАЧЕНИЕ УГЛА
		Л	П	Л-П	1/2 (Л+П)	
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
1	1	0° 01' 18",3	180° 01' 19",6	-1,3	19,0	90° 01' 15",6
	2	90° 02' 33",9	270° 02' 35",4	-1,5	34,6	
2	1	15° 00' 30",4	195° 00' 25",2	5,2	27,8	90° 01' 15",0
	2	105° 01' 44",4	285° 01' 41",2	3,2	42,8	
3	1	30° 01' 30",2	210° 01' 28",2	2,0	29,2	90° 01' 17",0
	2	120° 02' 47",3	300° 02' 45",0	2,3	46,2	
4	1	45° 01' 19",3	225° 01' 20",5	-1,2	19,8	90° 01' 16",4
	2	135° 02' 35",7	315° 02' 36",6	-1,0	36,1	
5	1	60° 02' 25",3	240° 02' 27",3	-2,0	26,3	90° 01' 16",6
	2	150° 03' 41",8	330° 03' 44",0	-2,2	42,9	
6	1	75° 01' 44",2	255° 01' 43",1	1,1	43,7	90° 01' 16",9
	2	165° 03' 01",1	345° 03' 00",1	1,0	00,6	
7	1	90° 01' 09",2	270° 01' 07",8	1,4	08,5	90° 01' 15",8
	2	180° 02' 24",8	0° 02' 23",8	1,0	24,3	
8	1	105° 00' 10",1	285° 00' 13",2	-3,1	11,6	90° 01' 15",8
	2	195° 01' 24",9	15° 01' 30",0	-5,1	27,4	
9	1	120° 00' 36",4	300° 00' 38",3	-1,9	37,4	90° 01' 15",8
	2	210° 01' 52",8	30° 01' 53",7	-0,9	53,2	
10	1	135° 01' 44",3	315° 01' 39",4	4,9	41,8	90° 01' 15",7
	2	225° 03' 00",4	45° 02' 54",5	5,9	57,5	
11	1	150° 02' 03",5	330° 02' 07",2	-3,7	05,3	90° 01' 15",6
	2	240° 03' 20",1	60° 03' 21",8	-1,7	20,9	
12	1	165° 01' 20",3	345° 01' 22",5	-2,2	21,4	90° 01' 15",8
	2	255° 02' 36",1	75° 02' 38",3	-2,2	37,2	

Данные измерений сводятся в таблицы 6.2.1, 6.2.2,... (по числу членов бригады), определяются погрешности определения значений угла, полученные каждым исполнителем и погрешности

определения среднеквадратической погрешности по измерениям каждого.

Таблица 6.2.1

Серия 1  
Исполнитель Иванов  
Дата  
№ прибора

№ приема	Значение измеренного угла	Отклонение от среднего значения, $v$	$v^2$
1	2	3	4
1	90° 01' 15",6	-0",38	0,1444
2	90° 01' 15",0	-0",98	0 9604
3	90° 01' 17",0	1",02	1,0404
4	90° 01' 16",1	0",12	0,0144
5	90° 01' 16",6	0",62	0,3844
6	90° 01' 16",9	0",92	0,8464
7	90° 01' 15",8	-0",18	0,0324
8	90° 01' 15",8	-0",18	0,0324
9	90° 01' 15",8	-0",18	0,0324
10	90° 01' 15",7	-0",28	0,0784
11	90° 01' 15",6	-0",38	0,1444
12	90° 01' 15",8	-0",18	0,0324
Среднее	90° 01' 15",98	$\sum = 0",06$	$\sum = 3,7428$

Среднюю квадратическую погрешность измерения горизонтального угла определяют:

$$m_{\beta} = \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}} = \sqrt{\frac{3,7428}{12-1}} = 0",58.$$

Среднюю квадратическую погрешность определения величины  $m_{m_{\beta}}$  определяют по формуле

$$m_{m_{\beta}} = \frac{m_{\beta}}{\sqrt{2(n-1)}} = \frac{0,58}{\sqrt{2(12-1)}} = 0",12.$$

Полученные значения  $m_{\beta}$ ,  $m_{m_{\beta}}$  по измерениям всех исполнителей сводятся в таблицу 6.3.

Таблица 6.3

Сводная таблица результатов измерений бригады

Номер серии	Ф.И.О. исполнителя	$m_{\beta}$	$m_{m_{\beta}}$	$\nu$
1	2	3	4	5
1	Иванов А. А.	0'',58	0'',12	0,17
2	Петров Б. Б.	0'',27	0'',10	-0,14
3	Сидоров В. В.	0'',39	0'',14	-0,02

По результатам всех измерений среднее значение  $m_{\beta}^{cp}$  составит 0'',41.

Среднюю квадратическую погрешность определения величины  $m_{\beta}^{cp}$  определяют:

$$m_{m_{\beta}} = \frac{m_{\beta}}{\sqrt{2(n-1)}} = \frac{0.41}{\sqrt{2(36-1)}} = 0'',05$$

Для теодолитов типа Т2 средняя квадратическая погрешность должна быть менее 2''. Полученное значение 0'',41 соответствует требованиям инструкции.

### Контрольные вопросы

1. Какие поверки и исследования необходимо выполнить до начала работ с теодолитом Т30, Т2?
2. Методика измерения горизонтальных и вертикальных углов теодолитом Т2.
3. Математическая обработка результатов равноточных многократных измерений.
4. По какой формуле рассчитывают среднеквадратические погрешности измерения углов?
5. Инструктивные требования к определению средней квадратической погрешности горизонтального угла для теодолита Т2.



## ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 7

### Определение постоянной поправки при измерениях расстояний лазерной рулеткой

#### 1. *Цель работы*

1.1. Ознакомиться путем выполнения работы со способами определения постоянных поправок в данные измерений расстояний электронно-оптическими дальномерными приборами.

1.2. Практически определить значения постоянной поправки для лазерной рулетки.

#### 2. *Исходные приборы и оборудование*

2.1. Лазерная рулетка Leika Disto A5.

2.2. Мишень-отражатель.

#### 3. *Порядок выполнения работы*

3.1. Учебная группа или подгруппа делится на 2 бригады по 5–7 человек, выполняющих работу независимо. При определении постоянной поправки работа выполняется на линии, по которой в створе выставляются 4–5 точек на расстоянии 15–20 м друг от друга. На первой из этих точек на штативе или консоли устанавливается теодолит с закрепленной на нем лазерной рулеткой, на второй мишень-отражатель. Измеряется лазерной рулеткой расстояние 1–2 серей из 5 измерений. Затем мишень-отражатель переносится на точку 3, и работа повторяется. Так же выполняются измерения расстояний и на отрезке 1–4. Затем теодолит переносится на точку 2 и определяются расстояния 2–1, 2–3, 2–4. Далее измерения выполняются с установкой теодолита на точках 3 и 4 с измерением расстояний 3–1, 3–2, 3–4, 4–1, 4–2, 4–3. Данные измерений сводятся в таблицу 7.1 с определением средних значений всех измеряемых отрезков.

Из таблицы 7.1 следует, что значение длины отрезка  $S_{1-2}^{изм}$ , как среднего из измерений в прямом и обратном направлениях с постоянной поправкой  $K$  равно 14,2320. А без поправки, т.е. ис-

тинное значение, может быть найдено как разницы  $S_{1-4}^{изм} - S_{2-4}^{изм}$ ,  $S_{1-3}^{изм} - S_{2-3}^{изм}$ .

В нашем случае это будет:

$$S_{1-2} = 0,5 \times (51,7848 + 51,7848) - 0,5 \times (37,6002 + 37,6008) = 14,1592.$$

Отсюда постоянная поправка

$$K = 14,2320 - 14,1843 = 0,0477, \text{ т.е. } 47,7 \text{ мм.}$$

Аналогично определяем значение  $K$  по интервалам  $S_{2-3}$  и  $S_{3-4}$ . Для первого это будет:

$$K = 0,5 \times (13,5208 + 13,5208) - 0,5 \times (0,5 \times (27,7054 + 27,7048) - 0,5 \times (14,2320 + 14,2320)) = 0,0477 \text{ м, т.е. } 47,7 \text{ мм.}$$

Для второго:

$$K = 0,5 \times (24,1262 + 24,1268) - 0,5 \times (0,5 \times (51,7848 + 51,7848) - 0,5 \times (27,7054 + 27,7048)) = 0,0468 \text{ м, т.е. } 46,8 \text{ мм.}$$

Среднее значение  $K^{cp}$  составит 47,4 мм.

Таблица 7.1

## Измерение расстояний лазерной рулеткой

Точка стояния	Измеряемая линия	Измерения		Примечание
		Значения	Ср. значения	
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
1	$S_{1-2}^1$	14,232	14,232	
	$S_{1-2}^2$	14,230		
	$S_{1-2}^3$	14,233		
	$S_{1-2}^4$	14,234		
	$S_{1-2}^5$	14,231		
	$S_{1-3}^1$	27,706	27,7054	
	$S_{1-3}^2$	27,704		
	$S_{1-3}^3$	27,707		
	$S_{1-3}^4$	27,705		
	$S_{1-3}^5$	27,705		

Продолжение таблицы 7.1

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
	$S_{1-4}^1$	51,783	51,7848	
	$S_{1-4}^2$	51,786		
	$S_{1-4}^3$	51,786		
	$S_{1-4}^4$	51,785		
	$S_{1-4}^5$	51,784		
2	$S_{2-1}^1$	14,232	14,2320	
	$S_{2-1}^2$	14,234		
	$S_{2-1}^3$	14,231		
	$S_{2-1}^4$	14,231		
	$S_{2-1}^5$	14,232		
	$S_{2-3}^1$	13,521	13,5208	
	$S_{2-3}^2$	13,519		
	$S_{2-3}^3$	13,522		
	$S_{2-3}^4$	13,522		
	$S_{2-3}^5$	13,520		
	$S_{2-4}^1$	37,601	37,6002	
	$S_{2-4}^2$	37,603		
	$S_{2-4}^3$	37,599		
	$S_{2-4}^4$	37,598		
	$S_{2-4}^5$	37,600		
3	$S_{3-1}^1$	27,705	27,7048	
	$S_{3-1}^2$	27,707		
	$S_{3-1}^3$	27,704		
	$S_{3-1}^4$	27,703		
	$S_{3-1}^5$	27,705		

Продолжение таблицы 7.1

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
	$S_{3-2}^1$	13,522	13,5208	
	$S_{3-2}^2$	13,519		
	$S_{3-2}^3$	13,520		
	$S_{3-2}^4$	13,521		
	$S_{3-2}^5$	13,521		
	$S_{3-4}^1$	24,126	24,1262	
	$S_{3-4}^2$	24,125		
	$S_{3-4}^3$	24,128		
	$S_{3-4}^4$	24,125		
	$S_{3-4}^5$	24,127		
4	$S_{4-1}^1$	51,785	51,7848	
	$S_{4-1}^2$	51,783		
	$S_{4-1}^3$	51,784		
	$S_{4-1}^4$	51,786		
	$S_{4-1}^5$	51,786		
	$S_{4-2}^1$	37,602	37,6008	
	$S_{4-2}^2$	37,599		
	$S_{4-2}^3$	37,600		
	$S_{4-2}^4$	37,603		
	$S_{4-2}^5$	37,600		
	$S_{4-3}^1$	24,126	24,1268	
	$S_{4-3}^2$	24,126		
	$S_{4-3}^3$	24,128		
	$S_{4-3}^4$	24,127		
	$S_{4-3}^5$	24,127		

## ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 8, 9

### Определение коэффициентов номограмм расстояний и превышений у тахеометров-автоматов

#### 1. *Цель работы*

1.1. Ознакомиться путем выполнения работы со способами определения коэффициентов номограмм расстояний и превышений у тахеометров-автоматов.

1.2. Практически определить значения коэффициентов номограмм расстояний и превышений у тахеометров-автоматов.

#### 2. *Исходные приборы и оборудование*

2.1. Тахеометр-автомат Dalhta 020 (2 шт.).

2.2. Нивелир типа НЗ.

2.3. Нивелирная рейка РН-3 (2 шт.).

#### 3. *Порядок выполнения работы*

3.1. Учебная группа или подгруппа делится на 2 бригады по 5–7 человек, выполняющих работу независимо. При определении коэффициента номограммы расстояний  $K_s$  прибор устанавливается на полевом базисе со сторонами в диапазоне 60–120 м с числом интервалов не менее шести. Относительная погрешность определения интервалов базиса не более 1/1000. Поверяемым тахеометром каждый интервал определяется не менее шести раз. Коэффициент  $K_s$  вычисляют по формуле

$$K_s = \frac{S_0}{S} \cdot K_{0_s},$$

где  $S_0$  – контрольное значение длины каждого интервала базиса;  $S$  – среднее измеренное тахеометром значение длины;  $K_{0_s}$  – номинальное значение коэффициента.

3.2. При определении коэффициента номограммы превышений  $K_h$  прибор и нивелирная рейка устанавливаются на противоположных концах линии с уклоном 15–30°. Геометрическим нивелированием определяют превышение между горизонтом инструмента и точкой установки рейки с погрешностью не более 3 мм. Последовательно для коэффициентов 10, 20, 50, –10, –20, –50 по

соответствующим кривым определяются значения превышений с наведением перекрестия на высоты визирования для отрицательных значений коэффициентов 2900, 2800 и т. д. с интервалом в 100 мм. Данные измерений сводятся в таблицы 8.1, 8.2, 8.3.

Таблица 8.1

### Определение фактического значения коэффициента

Превышение ГИ – рейка – 3529 мм.

Коэффициент кривой: –10.

№№	Отсчет по перекрестию	Отсчет по кривой	Разность	Контрольное превышение	Измеренное превышение	$K_h$
1	2	3	4	5	6	7
1	2900	2965	65	629	650	–9,677
2	2800	2874	74	729	740	–9,851
3	2700	2784	84	829	840	–9,869
4	2600	2694	94	929	940	–9,882
5	2500	2604	104	1029	1040	–9,894
6	2400	2515	115	1129	1150	–9,982
7	2300	2424	124	1229	1240	–9,911
8	2200	2334	134	1329	1340	–9,918

$$K_h^{\phi} = -9,873$$

Таблица 8.2

### Определение фактического значения коэффициента

Превышение ГИ – рейка – 3529 мм.

Коэффициент кривой: –20.

№	Отсчет по перекрестию	Отсчет по кривой	Разность	Контрольное превышение	Измеренное превышение	$K_h$
1	2	3	4	5	6	7
1	2600	2647	47	929	940	–19,766
2	2500	2553	53	1029	1060	–19,415
3	2400	2457	57	1129	1140	–19,807
4	2300	2363	63	1229	1260	–19,508

## Продолжение таблицы 8.2

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
5	2200	2267	67	1329	1340	-19,836
6	2100	2173	73	1429	1460	-19,507
7	2000	2077	77	1529	1540	-19,857
8	1900	1982	82	1629	1640	-19,866
9	1800	1887	87	1729	1740	-19,874
10	1700	1792	92	1829	1840	-19,880
11	1600	1696	96	1929	1920	-20,095

$$K_h^\phi = -19,765$$

Таблица 8.3

## Определение фактического значения коэффициента

Превышение ГИ – рейка – 3529 мм.

Коэффициент кривой: -50.

№	Отсчет по перекре- стию	Отсчет по кривой	Раз- ность	Контроль- ное пре- вышение	Измеренное превышение	$K_h$
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
1	1500	1540	41	2029	2050	-49,487
2	1400	1443	43	2129	2150	-49,512
3	1300	1345	45	2229	2250	-49,533
4	1200	1247	47	2329	2350	-49,415
5	1100	1149	49	2429	2450	-49,471
6	1000	1051	51	2529	2550	-49,087
7	900	953	53	2629	2650	-49,556
8	800	855	55	2729	2750	-49,590
9	700	757	57	2829	2850	-49,618
10	600	659	59	2929	2950	-49,644
11	500	561	61	3029	3050	-49,656
12	400	463	63	3129	3150	-49,667
13	300	365	65	3229	3250	-49,677
14	200	267	67	3329	3350	-49,687
15	100	169	69	3429	3450	-49,696

$$K_h^\phi = -49,553$$

Аналогично с расположением рейки выше горизонта инструмента (таблицы: 8.1, 8.2, 8.3) определяются значения коэффициентов 10, 20, 50.

### **Контрольные вопросы**

1. Классификация геодезических приборов по способам измерения расстояний (траверсные /механические, оптические и электромагнитные).
2. Перечислите поверки различных геодезических приборов для измерения длин линий.
3. Нарисовать поле зрения трубы тахеометра-автомата.
4. Способы определения коэффициентов номограмм расстояний и превышений у тахеометров-автоматов.
5. Определение коэффициента нитяного дальномера.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

#### **Основная литература**

1. Лифиц, И. М. Стандартизация, метрология и сертификация: учеб. для студ. высш. учеб. заведений / И. М. Лифиц. – Москва: Юрайт-издат, 2007 (2009). – 399 с.
2. Радкевич, Я. М. Метрология, стандартизация и сертификация [Электронный ресурс] : учебник для вузов / Я. М. Радкевич, А. Г. Схиртладзе, Б. И. Лактионов. – Москва : Абрис, 2012. <http://www.biblioclub.ru/book/117501/>
3. Корецкая, Г. А. Метрология, стандартизация и сертификация в маркшейдерии [Электронный ресурс] : электронное учебное пособие / Г. А. Корецкая ; ФГБОУ ВПО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева», Каф. маркшейд. дела, кадастра и геодезии. – Кемерово, 2014. – 186 с. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM) – Доступна электронная версия: <http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90201&type=utchposob:common>

#### **Дополнительная литература**

4. Спиридонов, А. И. Проверка геодезических приборов. / А. И. Спиридонов и [др.]. – Москва : Недра, 1981.



5. Волхонов, В. И. Метрология, стандартизация и сертификация [Электронный ресурс]. – Москва : Альтаир-МГАВТ, 2011. – 246 с. – Режим доступа: [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=430004](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=430004). – Загл. с экрана.

6. Ржевская, С. В. Метрология, стандартизация и сертификация: практикум. – Москва : Горная книга, 2009. – 102 с. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=229004>. – Загл. с экрана

7. Метрология, стандартизация, сертификация: учеб. для студ. вузов / Б. Я. Авдеев, В. В. Алексеев [и др.] ; под ред. В. В. Алексеева. – Москва: изд. центр «Академия», 2008. – 384 с.

8. Аристов, А. И. Метрология, стандартизация, сертификация: учеб. для студ. высш. учеб. заведений / А. И. Аристов, Л. И. Карпов [и др.]. – Москва : изд. центр «Академия», 2008. – 384 с.

9. Ямбаев, Х. К. Геодезическое инструментоведение: учеб. для вузов / Х. К. Ямбаев. – Москва : Академич. проспект; Гаудемаус, 2011. – 583 с.

10. Николаева, М. А. Стандартизация, метрология и подтверждение соответствия / М. А. Николаева [и др.]. – Москва: Изд. центр «Академия», 2010. – 336 с.

11. Сергеев, А. Г. Нанометрология [Электронный ресурс]. – Москва : Логос, 2011. – 415 с. – Режим доступа: [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=84986](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=84986). – Загл. с экрана.

12. Ржевская, С. В. Метрология, стандартизация и сертификация. Практикум [Текст] : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки «Горное дело» / С. В. Ржевская ; Моск. гос. горн. ун-т. – Москва : Издательство МГГУ, 2009. – 102 с. – Доступна электронная версия: [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_view&book\\_id=229004](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view&book_id=229004)

13. Николаев, М. И. Метрология, стандартизация, сертификация и управление качеством [Электронный ресурс]. – Москва : Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016. – 116 с. – Режим доступа: [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=429090](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=429090). – Загл. с экрана.

14. Сергеев, А. Г. Метрология и метрологическое обеспечение: учебник / А. Г. Сергеев. – Москва: Высш. образ-е, 2008. – 575 с.

15. Корецкая, Г. А. Метрология в землеустройстве, кадастре и геодезии [Электронный ресурс]: учебное пособие для студентов направления подготовки 120700.62 «Землеустройство и кадастры», профиль 120703.62 «Городской кадастр» очной формы обучения / ФГБОУ ВПО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева», Каф. маркшейд. дела, кадастра и геодезии. – Кемерово, 2013. – 102 с.

<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90993&type=utchposob:common>

16. Корецкая Г. А. Стандартизация и сертификация в землеустройстве, кадастре и геодезии [Электронный ресурс] : учебное пособие для студентов направления подготовки 120700.62 «Землеустройство и кадастры», профиль «Городской кадастр» / ФГБОУ ВПО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева», Каф. маркшейд. дела, кадастра и геодезии. – Кемерово, 2013. – 102 с.

<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=91134&type=utchposob:common>

17. Корецкая, Г. А. Метрология, стандартизация и сертификация в землеустройстве, кадастре и геодезии [Электронный ресурс] : материалы к лекционному курсу для студентов направления подготовки бакалавров 120700.62 «Землеустройство и кадастры», профиль «Городской кадастр» / ФГБОУ ВПО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева», Каф. маркшейд. дела, кадастра и геодезии.

<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=91122&type=utchposob:common>

18. Корецкая, Г. А. Метрология, стандартизация и сертификация в горном деле [Электронный ресурс] : методические указания к самостоятельной работе для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело», специализации 21.05.04.04 «Маркшейдерское дело», всех форм обучения / ФГБОУ ВО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева», Каф. маркшейд. дела и геологии. – Кемерово, 2017. – 26 с. – Режим доступа:

<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=668>. – Загл. с экрана.

## Нормативные документы

19. О сертификации: Закон Российской Федерации: Официальный текст по состоянию на 01.01.2000. – Москва, 2000. – 115 с.

20. Закон РФ «Об обеспечении единства измерений» от 26.06.2008 № 102-ФЗ.

21. Усольцев, Е. Г. Лицензирование геодезической и картографической деятельности в Российской Федерации: сборник документов / Е. Г. Усольцев [и др.]. – Москва: Картоцентр-Геодезиздат, 2000. – 182 с.

22. Руководящий документ РД БГЕИ 36-01. Требования безопасности труда при эксплуатации топографо-геодезической техники и методы их контроля. – Москва: ЦНИИ ГАиК, 2001. – 145 с.

23. Федеральный закон РФ «О геодезии и картографии» (от 22 ноября 1995 г.), который устанавливает правовые основы в области геодезии и картографии.

24. Федеральный закон РФ № 99-ФЗ от 04.05.2011 «О лицензировании отдельных видов деятельности».

25. Постановление Правительства РФ от 21 октября 2006 г. № 705 «О лицензировании деятельности в области геодезии и картографии».

26. Сборник инструкций по производству поверок геодезических приборов. – Москва : Недра, 1988.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	2
ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 1	3
Оценка точности хода подземной полигонометрии	
Определение места допущенной грубой погрешности	
ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 2	8
Оценка точности хода подземной полигонометрии	
Определение в случайной погрешности доли от угловых и линейных измерений	
ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 3	9
Исследование и поверки инварной нивелирной рейки	
ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 4	12
Компарирование тридцатиметровой стальной рулетки контрольным метром	
ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 5	16
Компарирование тридцатиметровой стальной рулетки на стенном компараторе	
ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 6	20
Определение средней квадратической погрешности измерения горизонтального угла	
ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 7	24
Определение постоянной поправки при измерениях расстояний лазерной рулеткой	
ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 8, 9	28
Определение коэффициентов номограмм расстояний и превышений у тахеометров-автоматов	
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	31