

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Кузбасский государственный технический университет  
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра маркшейдерского дела и геологии

Составители **М. А. Потапов**  
**Г. А. Корецкая**

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

Методические указания к практическим занятиям  
для студентов специальности 21.05.04 Горное дело,  
специализации Маркшейдерское дело

Рекомендовано учебно-методической комиссией  
специализации 21.05.04.04 Маркшейдерское дело  
в качестве электронного издания  
для использования в образовательном процессе

Кемерово 2024

Рецензенты:

Рогова Т. Б., профессор кафедры маркшейдерского дела  
и геологии

Потапов Михаил Алексеевич

Корецкая Галина Алексеевна

**МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ В ГОРНОМ**

**ДЕЛЕ** : методические указания к практическим занятиям для студентов специальности 21.05.04 Горное дело, специализации Маркшейдерское дело / Кузбасский государственный технический университет им. Т. Ф. Горбачева ; кафедра маркшейдерского дела и геологии ; составители М. А. Потапов, Г. А. Корецкая. – Кемерово : КузГТУ, 2024. – 1 файл (1056 Кб). – Текст : электронный.

© Кузбасский государственный  
технический университет  
им. Т. Ф. Горбачева, 2024

© М. А. Потапов, Г. А. Корецкая,  
составление, 2024

## ВВЕДЕНИЕ

Деятельность горных инженеров-маркшейдеров непосредственно связана с измерениями на земной поверхности и в недрах земли при открытой и подземной разработке месторождений полезных ископаемых. Качество измерений и 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 при выполнении задач в горном производстве, уделяется большое внимание. Неточности измерений, не выявленные своевременно дефекты измерений приносят ощутимый ущерб качеству маркшейдерско-геодезических работ.

В соответствии с требованиями подготовки к профессиональной деятельности специалистов по специализации «Маркшейдерское дело» рабочей программой дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация в горном деле» предусмотрены пять практических работ. Выполнение этих работ позволит студентам закрепить теоретические знания дисциплины на примерах решения конкретных задач, освоить методику выполнения поверок и исследований маркшейдерско-геодезических приборов с использованием эталонов и компараторов. Количество часов, отводимых на выполнение практических работ, сроки их выполнения и сдачи (защиты) устанавливаются рабочей программой дисциплины.

Практические работы выполняются в составе бригады, численный состав которой в зависимости от вида выполняемой работы принимается от 3 до 7 человек. По результатам работ составляется один отчёт на бригаду, который оформляется и сдается всеми членами бригады одновременно.

Отчёт сдаётся в системе электронного обучения КузГТУ в формате PDF путём прикрепления в качестве ответа в соответствующем разделе курса.

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1**

### **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 Leica Disto A5.

2.2. Модифицированный теодолит 2Т2А с площадкой для установки лазерной рулетки.

2.3. Мишень-отражатель.

2.4. Трегер под метрическую резьбу крепёжного винта (3 шт.)

2.5. Штатив (4 шт.).

2.6. Стальная рулетка 50 м.

#### *3. Порядок выполнения работы.*

3.1. Учебная группа или подгруппа делится на бригады по 5–7 человек, выполняющих работу независимо. При определении постоянной поправки работа выполняется на открытом воздухе.

Выбирается линия, по которой в створе выставляется 4 штатива на расстоянии 15–20 м друг от друга. Для предварительной разметки удобно использовать стальную рулетку 50м.

На первой из этих точек на штативе устанавливается теодолит с закрепленной на нем лазерной рулеткой, на второй мишень-отражатель. Лазерной рулеткой измеряется расстояние серией 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 1.1 с определением средних значений всех измеряемых отрезков. В столбце примечание указывается фамилия исполнителя измерений.

Из таблицы 1.1 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. истинное значение, может быть найдено как разности  $S_{1-4}^{изм} - S_{2-4}^{изм}$ , и  $S_{1-3}^{изм} - S_{2-3}^{изм}$

В нашем случае это будет:

$$S_{1-2} = 0,5 \times (51,7848 + 51,7848) - 0,5 \times (37,6002 + 37,6008) = 14,1843.$$

Отсюда постоянная поправка для интервала 1-2:

$$K_{1-2} = 14,2320 - 14,1843 = 0,0477, \text{ т.е. } 47,7 \text{ мм.}$$

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

$$K_{2-3} = 0,5 \times (13,5208 + 13,5208) - ((0,5 \times (37,6002 + 37,6008) - 0,5 \times (24,1262 + 12,1268))) = 0,0468 \text{ м, т.е. } 46,8 \text{ мм.}$$

Обратите внимание, что значение  $K_{2-3}$  можно посчитать двумя способами.

Для последнего интервала:

$$K_{3-4} = 0,5 \times (24,1262 + 24,1268) - ((0,5 \times (51,7848 + 51,7848) - 0,5 \times (27,7054 + 27,7048))) = 0,0468 \text{ м, т.е. } 46,8 \text{ мм.}$$

Таким образом, среднее значение  $K^{cp}$  из трёх коротких интервалов составит 47,4 мм.

Таблица 1.1

### Ведомость измерения расстояний лазерной рулеткой

Точка стояния	Измеряемая линия	Измерения		Примечание
		Значения, м	Ср. значения, м	
<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		

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
	$s_{1-3}^1$	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		
	$s_{1-4}^1$	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		

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
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		
	$s_{3-2}^1$	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		

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
	$s_{4-3}^1$	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		

Вычисления коэффициента  $K^{cp}$  в отчёте по практической работе привести после таблицы измерений. Сделать вывод о проделанной работе.



## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

### 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 010 В.

2.2. Электронный тахеометр Leica TS06 или Leica TS02.

2.3. Отражатель.

2.4. Веха.

2.5. Нивелир типа НЗ или НЗК.

2.6. Нивелирная рейка РН-3 (2 шт.).

2.7. Штатив (2 шт.).

2.8. Трипод.

#### 3. *Порядок выполнения работы.*

3.1. Учебная группа или подгруппа делится на бригады по 5–7 человек, выполняющих работу независимо. Выполнение работы составляет 4 академических часа.

Работа состоит из двух частей. Первая – это определение коэффициента номограммы расстояний, которая выполняется на открытом воздухе, вторая – это определение номограмм превышений, эта часть работы может выполняться в т.ч. и в стенах учебного корпуса на лестничных пролётах.

3.2. Перед началом занятий студенты (по 1-2 человека из каждой бригады) проводят разбивку линии (базиса) для первой части работы с использованием электронного тахеометра и вехи с уровнем. Края интервалов закрепляются дюбель-гвоздями в асфальтобетон с пометкой номера точки краской.

Порядок работы аналогичен описанной в практической работе №1. Каждый интервал ( $i-j$ ) измеряется 6 раз в прямом и обратном направлении. Электронный тахеометр устанавливается на концах каждого базиса, а измерения ведутся на все точки в створе:  $1-i$ ,  $1-j$  и т.д. до  $1-k$ , затем переходят на точку 2 и измеряют расстояния  $2-i$ ,  $2-j$  и т.д. до  $2-k$ . При измерениях ведут ведомость по аналогии с таблицей 1.1.

Для базиса с числом интервалов  $N = k-1$ , где  $k$  – последний порядковый номер точки в базисе, а  $i$  и  $j$  обозначают второй и последующий номера точек, контрольные длины определяются по формулам (2.1–2.3).

Контрольная длина начального интервала:

$$S_{1-i}^0 = S_{1-k}^{\text{cp}} - S_{i-k}^{\text{cp}} \quad (2.1)$$

Контрольная длина последующих интервалов:

$$S_{i-j}^0 = S_{1-j}^{\text{cp}} - S_{i-k}^{\text{cp}} \quad (2.2)$$

Контрольная длина последнего интервала:

$$S_{j-k}^0 = S_{1-k}^{\text{cp}} - S_{1-j}^{\text{cp}} \quad (2.3)$$

3.3. Для определения коэффициента номограммы расстояний  $K_S$  прибор Dalhta 010 В устанавливается в начале линии (базиса), разбитого на первом этапе работы.

В поле зрения зрительной трубы имеются дальномерные монограммные кривые с коэффициентами 100 и 200, а также монограммные кривые для определения превышений и с коэффициентами  $\pm 10$ , 20, 50, 100 (рисунок 2.1).

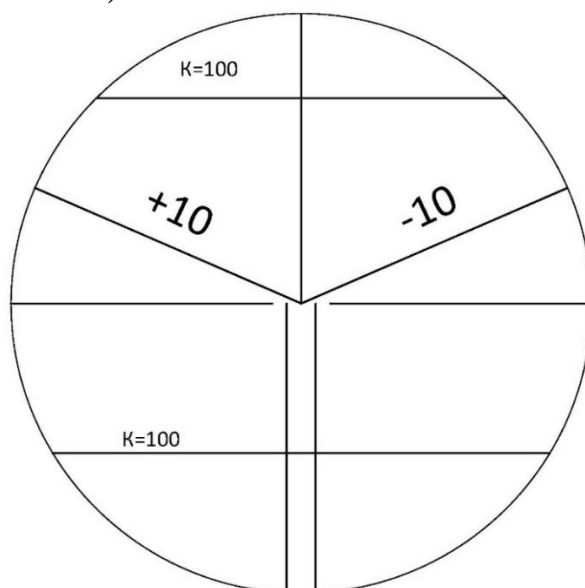


Рисунок 2.1 Поле зрения тахеометра Dalhta 010 В

Чтобы взять отсчет, нужно перекрестье сетки нитей навести на середину рейки (или на высоту прибора). Удобно наводить на отсчет кратный целому числу (0, 1 м, 2 м), это позволяет упростить вычисления. Рассмотрим взятие отсчетов (расстояния и превышения) на примере на рисунке 2.2.

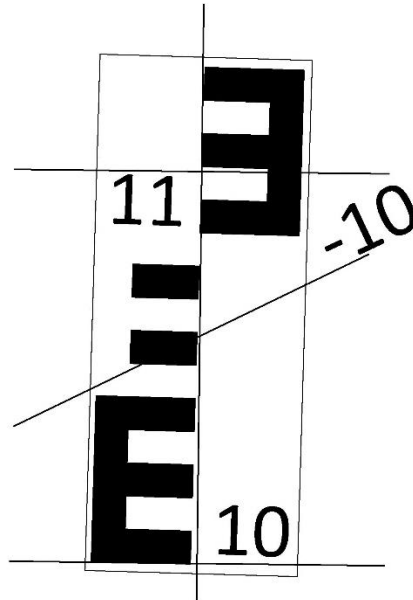


Рисунок 2.2 Поле зрения тахеометра Daltha 010 В на нивелирную рейку

Берем отсчет по верхней нити 1120 и отсчет по средней нити 1000.

Находим их разность и умножаем на коэффициент дальномера. Получаем

$$S = 1120 - 1000 = 120 \times 100 = 12000 \text{ мм} = 12.000 \text{ м.}$$

Для взятия превышений находим разность между отсчетами, взятыми по среднему штриху сетки нитей и наклонному штриху монограммной кривой. Находим их разность и умножаем на коэффициент, видимый при наклонной кривой:

$$h = 1070 - 1000 = 70 \times (-10) = -700 \text{ мм} = -0.700 \text{ м.}$$

Поверяемым тахеометром длина каждого интервала определяется не менее шести раз. Коэффициент  $K_S$  вычисляют по формуле

$$K_S = \frac{S_0}{S} \cdot K_{0S}, \quad (2.4),$$

где  $S_0$  – контрольное значение длины каждого интервала базиса, полученной по формулам (2.1 – 2.3);  $S$  – среднее измеренное тахеометром значение длины;  $K_{0S}$  – номинальное значение коэффициента. Измерения сводят в ведомость, приведённую в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Ведомость определения фактического значения  $K_S$ 

Интервал	Отсчёт по верхней нити	Отсчёт по средней нити	Коэффициент дальномера	Длина, м	Среднее длина интервала $S$ , м
1	1120	1000	100	12,00	11,933
	1121	1001		12,00	
	1119	1002		11,70	
	1120	1000		12,00	
	1122	1000		12,20	
	1118	1001		11,70	
2					

Получив значение  $K_S$ , для каждого интервала вычисляют его среднее значение, которое приводят в выводе к практической работе.

3.4. При определении коэффициента номограммы превышений  $K_h$  прибор и нивелирная рейка устанавливаются на противоположных концах линии с уклоном 15–30°. Такой уклон можно получить на лестничном пролёте. Геометрическим нивелированием с помощью нивелира НЗ или НЗК 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 определяют 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 ведомости, приведённые в таблицах 2.2, 2.3, 2.4.

Таблица 2.2

## Определение фактического значения коэффициента

Превышение ГИ – рейка – 3529 мм.

Коэффициент кривой: –10.

№№	Отсчет по средней нити	Отсчет по кри- вой	Разность	Контрольное превышение, мм	Измеренное превышение, мм	$K_h$
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
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 2.3

## Определение фактического значения коэффициента

Превышение ГИ – рейка – 3529 мм.

Коэффициент кривой: –20.

	Отсчет по перекре- стию	Отсчет по кривой	Раз- ность	Контрольное превышение, мм	Измеренное превыше- ние, мм	$K_h$
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
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
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 2.4

### 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, мм	Измеренное превышение, мм	$K_h$
<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 определяются значения коэффициентов +10, +20 и +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.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 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

$$f = a_2 - \frac{a_1 + a_3}{2}. \quad (3.1)$$

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°. 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 \_\_\_\_\_

Интервал рейки	Температура, °С	Отсчеты		П-Л	Среднее	Поправка, мм	Длина, мм
		Л	П				
1	2	3	4	5	6	7	8
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			
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			



1	2	3	4	5	6	7	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?

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 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. Стальная рулетка 30 м (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.

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

3.5. Контрольный метр разворачивается на 180°, 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

Ин- терва- лы	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	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
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	
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.

При температуре измерений отличных от 20 °С, необходимо вводить поправку  $\Delta_t$  на температурный коэффициент линейного расширения, рассчитываемую по формуле

$$\Delta_t = \alpha L_{\text{и}}(t - 20), \quad (4.1)$$

где  $\alpha$  – коэффициент линейного расширения материала измерительной ленты (для углеродистой стали  $\alpha = 1,2 \times 10^{-5}$ , для нержавеющей стали  $\alpha = 2,0 \times 10^{-5}$ );  $L_{\text{и}}$  – длина по шкале рулетки, измеренная при температуре  $t$ ;  $t$  – температура воздуха при измерении, °С.

Полученные значения длин интервалов сводятся в таблицу 4.2.  
В примере поправка за температуру равна нулю.

Таблица 4.2

## Определение поправок в измеренные длины

№ интервала	Ср. длина интервала	Поправка контрольного метра, мм	Поправка за темп., мм	Исправленная длина интервала, мм	Длина нарастающим итогом, мм	№ 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
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 Р 8.885-2024.

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 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. 50-метровая стальная рулетка (по числу бригад).

2.2. Стенной компаратор КузГТУ.

#### *3. Порядок выполнения работы.*

3.1. На крайних марках стенного компаратора (нулевой этаж главного корпуса) укладывается рулетка. По рулетке придается одинаковое постоянное натяжение на весь период измерений. 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 таблицу 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 таблицу 5.2.

Таблица 5.1

Данные измерений рулетки на стенном компараторе

№ интервалов	№ приёма	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>
0–30	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>
0–30	–2,2	0–1	–0.07
		0–2	–0.15
		0–3	–0.22
		0–4	–0.29
		0–5	–0.37
		0–6	–0.44
		0–7	–0.51
		0–8	–0.59
		0–9	–0.66
		0–10	–0.73
		0–11	0.81
		0–12	–0.88
		0–13	–0.95
		0–14	–1.03
		0–15	–1.10
		0–16	–1.17
		0–17	–1.25



<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
		0–18	–1.32
		0–19	–1.39
		0–20	–1.47
		0–21	–1.54
		0–22	–1.61
		0–23	–1.69
		0–24	–1.76
		0–25	–1.83
		0–26	–1.91
		0–27	–1.98
		0–28	–2.05
		0–29	–2.13
		0–30	–2.20

### 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?

## Основная литература

1. Богомолова, Е. С. Геодезическая метрология: учебное пособие / Е. С. Богомолова. – Санкт-Петербург: ПГУПС, 2019. — 55 с. — ISBN 978-5-7641-1285-5. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/153593> (дата обращения: 18.04.2022). – Режим доступа: для авторизованных пользователей.

2. Мирошин, И. В. Метрология, стандартизация, сертификация: учебное пособие по курсу [для студентов специальностей 130403 «Открытые горные работы», 130404 «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых» и 150402 «Горные машины и оборудование» всех форм обучения] / И. В. Мирошин; ГОУ ВПО «Кузбас. гос. техн. ун-т». – Кемерово : КузГТУ, 2010.– 132 с. – URL: <http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90450&type=utchposob:common>. – Текст: непосредственный + электронный.

3. Корецкая, Г. А. Метрология, стандартизация и сертификация в маркшейдерии: электронное учебное пособие / Г. А. Корецкая; Кузбасский государственный технический университет им. Т. Ф. Горбачева. – Кемерово: КузГТУ, 2014. – 1 файл (6,8 Мб) – URL: <http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90201&type=utchposob:common> (дата обращения: 18.04.2022). – Текст: электронный.

### Дополнительная литература

1. Николаев, М. И. Метрология, стандартизация, сертификация и управление качеством: [16+] / М. И. Николаев. – 2-е изд., испр. – Москва: Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016. – 116 с. схем., ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=429090> (дата обращения: 26.08.2024). – Библиогр. в кн. – Текст : электронный.

2. Лобач, О. В. Метрология : учебно-методическое пособие: [16+] / О. В. Лобач Т. С. Романова; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2019. – 67 с. ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=575488> (дата обращения: 27.08.2024). – Библиогр.: с. 59. – ISBN 978-5-7782-3854-1. – Текст: электронный.

3. Цыплакова, И. В. Метрология, стандартизация и сертификация: методические указания по выполнению курсовой работы для обучающихся по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия, профиль «Эксплуатация транспортно-технологических машин» : методическое пособие: [16+] / И. В. Цыплакова; Санкт-Петербургский государственный аграрный университет (СПбГАУ). – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный аграрный университет (СПбГАУ), 2020. – 47 с. ил., табл., схем – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=596676> (дата обращения: 27.08.2024). – Библиогр.: с. 29-30. – Текст: электронный.

4. Сергеев, А. Г. Метрология, стандартизация и сертификация в 2 ч. Часть 1. Метрология : учебник и практикум для вузов / А. Г. Сергеев. – 3-е изд., пер. и доп. – Москва : Юрайт, 2020. – 324 с. – ISBN 978-5-534-03643-5. – URL: <https://urait.ru/book/metrologiya-standartizaciya-i-sertifikaciya-v-2-chchast-1-metrologiya-451931> (дата обращения: 18.04.2022). – Текст: электронный.

5. Сергеев, А. Г. Метрология, стандартизация и сертификация в 2 ч. Часть 2. Стандартизация и сертификация : учебник и практикум для вузов / А. Г. Сергеев, В. В. Терегеря. – 3-е изд., пер. и доп. – Москва : Юрайт, 2020. – 325 с. – ISBN 978-5-534-03645-9. – URL:

<https://urait.ru/book/metrologiya-standartizaciya-i-sertifikaciya-v-2-chast-2-standartizaciya-i-sertifikaciya-451932> (дата обращения: 18.04.2022). – Текст: электронный.

6. Степанова, Е. А. Метрология и измерительная техника: основы обработки результатов измерений : учебное пособие для вузов / Е. А. Степанова, Н. А. Скулкина, А. С. Волегов; под общ. ред. Е. А. Степановой. – Москва : Юрайт, 2020. – 95 с. – ISBN 978-5-534-00686-5. – URL: <https://urait.ru/book/metrologiya-i-izmeritelnaya-tehnika-osnovy-obrabotki-rezultatov-izmereniy-453299> (дата обращения: 18.04.2022). – Текст: электронный.

## Нормативные документы

1. ФЗ РФ «О техническом регулировании»: по состоянию на 21.11.2022 (с изменениями на 8 августа 2024 г.) Собрание законодательства Российской Федерации (часть I), № 52, 30.12.2002, ст. 5140.

2. ФЗ РФ «Об обеспечении единства измерений» от 26.06.2008 № 102-ФЗ. Собрание законодательства Российской Федерации, № 26, 30.06.2008, ст. 3021.

3. Усольцев, Е. Г. Лицензирование геодезической и картографической деятельности в Российской Федерации: сборник документов / Е. Г. Усольцев [и др.]. – Москва : Картоцентр-Геодезиздат, 2000. – 182 с. (1 к).

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

5. ФЗ РФ «О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации (с изменениями на 19 октября 2023 года) (редакция, действующая с 1 апреля 2024 года» (от 22.11.1995). Собрание законодательства Российской Федерации, № 1 (ч. I), 04.01.2016, ст. 51.

6. Федеральный закон РФ № 99-ФЗ от 04.05.2011 «О лицензировании отдельных видов деятельности» (с изменениями на 8 августа 2024 года) (редакция, действующая с 1 сентября 2024 года). Собрание законодательства Российской Федерации, № 19, 09.05.2011, ст. 2716.

7. Постановление Правительства РФ от 28 июля 2020 г. № 1126 «О лицензировании геодезической и картографической деятельности».

URL

<http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202008030009?pageSize=100&index=1> Текст: электронный.

8. Постановление Правительство Российской Федерации от 4 марта 2017 г. № 262 «Об утверждении Правил предоставления пространственных данных и материалов, содержащихся в государственных фондах пространственных данных, в том числе правил подачи заявления о предоставлении указанных пространственных

данных и материалов, включая форму такого заявления и состав прилагаемых к нему документов». URL – <https://cgkipd.ru/upload/iblock/783/783a3e8fa2fea60ada6ed0b338dfa020.pdf>.

9. Постановление Правительства РФ от 06.04.2011 № 246 (ред. от 26.12.2017) «Об осуществлении федерального государственного метрологического надзора». URL – <https://cgkipd.ru/upload/iblock/f4e/f4e5f44af5229da311c6a15b56ae5279.pdf>.

10. Постановление Правительства РФ от 21.10.2016 № 1084 (ред. от 07.09.2020) «О федеральном государственном надзоре в области геодезии и картографии» (вместе с «Положением о федеральном государственном надзоре в области геодезии и картографии»). URL – <https://cgkipd.ru/upload/iblock/43e/43e7de820361c834842e1a81355fe75e.pdf>.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	2
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1    Определение постоянной поправки при измерениях расстояний лазерной рулеткой .....	3
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2    Определение коэффициентов номограмм расстояний и превышений у тахеометров-автоматов .....	8
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3    Исследование и поверки инварной нивелирной рейки.....	14
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4        Компарирование тридцатиметровой стальной рулетки контрольным метром .....	17
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5        Компарирование тридцатиметровой стальной рулетки на стенном компараторе .....	22
Основная литература .....	25
Дополнительная литература .....	26
Нормативные документы .....	28