

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Технологический инжиниринг и экспертиза в стройиндустрии»

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

для лабораторной работы № 1

по дисциплине «Неразрушающие методы контроля строительных материалов и конструкций»

Ростов - на – Дону ДГТУ  
2022

УДК 338.45:693.5

Составители: к. т. н., доц. Е.Ю. Романенко

Методические указания для лабораторной работы № 1 по дисциплине «Неразрушающие методы контроля строительных материалов и конструкций». – Ростов-на-Дону: Донской гос. техн. ун-т, 2022. – 32 с.

Методические указания к выполнению лабораторной работы № 1 по дисциплине «Неразрушающие методы контроля строительных материалов и конструкций».

Предназначены для обучающихся по направлению подготовки 08.04.01 «Строительство», профиль подготовки «Таможенная и судебная экспертиза строительных материалов и изделий» заочной формы обучения.

УДК 338.45:693.5

Печатается по решению редакционно-издательского совета  
Донского государственного технического университета

Научный редактор канд. техн. наук, доцент А.В. Налимова

Ответственный за выпуск зав. кафедрой «Технологический инжиниринг и экспертиза в стройиндустрии» канд. техн. наук, доцент А.В. Налимова

---

В печать \_\_\_\_\_.2022 г.

Формат 60×84/16. Объем \_\_\_\_ усл.п.л.

Тираж \_\_\_\_ экз. Заказ № \_\_\_\_.

---

Издательский центр ДГТУ

Адрес университета и полиграфического предприятия:  
344000, г.Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1

© Донской государственный  
Технический университет, 2022

# **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1**

## **ЛИНЕЙНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ И КОНСТРУКЦИЙ**

### **Введение**

Контроль точности геометрических параметров является обязательной составной частью контроля качества и производится посредством сопоставления действительных значений параметров или характеристик точности с установленными.

В процессе производства на предприятиях и в строительных организациях следует выполнять входной, операционный и приемочный контроль точности.

Контроль точности должен обеспечивать:

- определение с заданной вероятностью соответствия точности геометрических параметров требованиям нормативно-технической, технологической и проектной документации на объекты контроля;
- получение необходимой информации для оценки и регулирования точности технологических процессов.

Правила контроля точности устанавливают в зависимости от характера объекта контроля и контролируемых параметров, объемов производства и стабильности технологических процессов с учетом стоимости и требуемой надежности контроля.

В стандартах и других нормативно-технических документах, устанавливающих правила контроля, должны быть определены:

- контролируемые параметры;
- применяемый метод контроля;
- план контроля и порядок его проведения;
- средства контроля, правила выполнения и требования к точности измерений;
- метод оценки результатов контроля.

Для определения соответствия геометрических параметров контрольным нормативам согласно установленным правилам измерений находят действительные отклонения  $\delta x_i$  или действительные размеры  $x_i$ .

Контроль точности геометрических параметров является обязательной составной частью контроля качества и производится посредством сопоставления действительных значений параметров или характеристик точности с установленными.

В процессе производства на предприятиях и в строительных организациях следует выполнять входной, операционный и приемочный контроль точности.

Контроль точности должен обеспечивать:

- определение с заданной вероятностью соответствия точности геометрических параметров требованиям нормативно-технической, технологической и проектной документации на объекты контроля;
- получение необходимой информации для оценки и регулирования точности технологических процессов.

Правила контроля точности устанавливают в зависимости от характера объекта контроля и контролируемых параметров, объемов производства и стабильности технологических процессов с учетом стоимости и требуемой надежности контроля.

Для измерения линейных размеров и их отклонений применяют линейки, штангенциркули, рулетки, лазерные дальномеры и другие специальные средства измерения, аттестованные в установленном порядке.

### **1. Средства измерения линейных размеров**

Линейный размер твёрдого тела – это, как правило, его длина, ширина и высота.

Длина – это расстояние между концами отрезка прямой, измеренное каким-либо отрезком, принятым за единицу длины.

Площадь – одна из количественных характеристик плоских геометрических фигур и поверхностей. Площадь прямоугольника равна произведению длин двух его сторон. Единица её измерения в СИ –  $\text{м}^2$ .

Объём – одна из количественных характеристик геометрических тел. Объём прямоугольного параллелепипеда равен произведению длин трёх его смежных сторон. Единица измерения объёма –  $\text{м}^3$ .

Исследование прямого измерения. Прямые измерения – это такие измерения, в результате которых измеряемый размер определяется прямым сравнением измеряемой величины с единицей измерения посредством меры или измерительного прибора, проградуированного в принятых единицах измерения. Линейные размеры определяют методом прямого измерения.

Площадь и объём фигуры находят косвенным методом. Косвенные измерения – это такие измерения, в результате которых искомая величина определяется на основе прямых измерений. При этом измеряют величины, связанные с искомой величиной определённой функциональной зависимостью, а результат получают по известным соотношениям между измеренными величинами и искомой.

К средствам измерений относят меры, измерительные приборы и преобразователи, а также состоящие из них измерительные установки и системы.

В настоящее время для измерения линейных размеров применяют самые разнообразные измерительные приборы и инструменты.

#### 1. Меры:

- концевые (плитки): плоскопараллельные и угловые;
- штриховые: шкалы линейные и угловые (лимбы, от лат. *limbus* – кайма), линейки, рулетки и угломеры;
- штангенинструмент: штангенциркули, штангенвысотомеры (штангенрейсмасы), штангенглубиномеры, штриховые угломеры (с нониусом).

2. Микрометрические инструменты: микрометры гладкие, нутромеры и глубиномеры.

3. Механические приборы: рычажные, с зубчатой передачей, с пружинной передачей, с рычажно-зубчатой передачей.

4. Оптико-механические приборы: оптиметры, пружинно-оптические головки, измерительные микроскопы, длиномеры, измерительные машины, проекторы.

5. Пневматические приборы: ротаметры (поплавковые длиномеры), манометрические.

6. Приборы для измерения шероховатости поверхности: щуповые и оптические.

7. Приборы для измерения зубчатых колёс.

8. Приборы для измерения резьб.

9. Приборы для измерения подшипников.

10. Приборы для измерения отклонений формы, расположения, волнистости.

Механические приборы и инструменты преобладают в измерениях линейно-угловых величин. Это объясняется простотой их применения, портативностью, отсутствием необходимости подведения извне энергии для специального освещения или питания, сравнительно высокой надёжностью и долговечностью, невысокой стоимостью.

### **1.1. Концевые меры длины**

Мера – тело, воспроизводящее единицу измерения.

Концевая мера длины имеет форму прямоугольного параллелепипеда с двумя плоскими параллельными измерительными поверхностями и изготовлена из стали по ГОСТ 9038.

Концевые меры служат для хранения единицы длины и передачи размера от эталона длины до изделия. С их помощью проверяют, градуируют и устанавливают на размер измерительные приборы и инструменты, производят особо точные разметочные работы.

За рабочий размер концевой меры принимают её срединную длину, т.е. длину перпендикуляра, опущенного из середины одной из измерительных поверхностей меры на противоположную.

Разность между наибольшей и наименьшей длинами концевой меры называется её отклонением от плоскопараллельности, она должна лежать в заданных достаточно узких границах (0,16 – 0,35 мкм).

Номинальные размеры концевых мер установлены в пределах от 0,1 до 2000 мм с градацией (лат. *gradatio*—постепенное повышение, от *gradus*- ступень, степень) 0,001, 0,01, 0,5, 10, 25, 50, 100 и 1000 мм.

Шероховатость измерительных поверхностей концевых мер должна быть настолько малой (порядка 0,06 мкм), чтобы придать мерам притираемость. Притираемость – это свойство поверхностей, обеспечивающее прочное сцепление концевых мер между собой, а также с плоской стеклянной или кварцевой пластинами при прикладывании или надвигании одной меры на другую или меры на пластину. Притираемость необходима при сборке концевых мер в блоки из нескольких штук. Они должны выдерживать не менее 500 притираний друг к другу.

Концевые меры комплектуют в наборы, каждому из которых присвоен определённый номер (всего 20 номеров). Номинальные размеры мер, входящих в эти наборы, составляет арифметическую прогрессию с разностью 0,001, 0,01, 0,5, 1 и 10 мм.

По точности изготовления концевых мер их наборы подразделяют на четыре класса: 0, 1, 2, 3, из которых высшим является нулевой. Кроме того, для мер, находящихся в эксплуатации, установлены дополнительно 4 и 5-й классы, а по соглашению сторон изготавливают меры класса 00.

Концевые меры применяют для непосредственных измерений размеров деталей и калибров, причём при измерении диаметров отверстий радиусные боковинки притираются к блокам плиток. По концевым мерам производят настройку приборов на нулевую отметку шкалы при относительных измерениях, градуировку (нанесение отметок) и тарировку (определение цены деления)

шкал приборов; поверку приборов, а также точную настройку станков на размер. Наборы образцовых мер на заводах служат средством хранения единицы длины.

В технологических процессах при помощи концевых мер длины обеспечивается точность нарезки арматурных стержней, обеспечивается безопасность крановых операций и пр.

## 1.2. Линейка масштабная

Линейка – простейшее устройство для измерения линейных размеров, представляющее собой тонкую пластину с нанесённой на неё масштабной шкалой (ГОСТ 427–75. Линейки измерительные металлические. Технические условия).

Металлические линейки делают из стальной пружинной термообработанной ленты толщиной 0,4 – 1 мм с ценой деления 0,5 и 1 мм. Их длина составляет 150; 300; 500; 1000; 1500; 2000; 3000 мм.

Линейки могут изготавливаться с двумя шкалами (рисунок 1), с одной шкалой (рисунок 2), а также с двумя шкалами, оцифровка которых направлена в противоположные стороны (рисунок 3).



Рисунок 1- Линейка с двумя шкалами

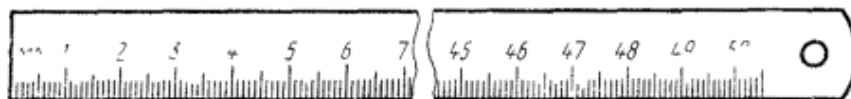


Рисунок 2 - Линейка с одной шкалой

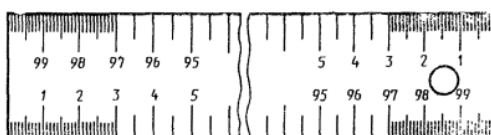


Рисунок 3 - Линейка с двумя шкалами, оцифровка которых направлена в противоположные стороны

Отклонения от номинальных значений длины шкалы и расстояний между



любым штрихом и началом или концом шкалы не должны превышать значений, указанных в таблице 1.

Таблица 1 - Отклонения от номинальных значений длины шкалы, мм

Общая длина шкалы и расстояние между любым штрихом и началом или концом шкалы	Допускаемые отклонения
До 300	$\pm 0,10$
Св. 300 до 500	$\pm 0,15$
» 500 » 1000	$\pm 0,20$
» 1000 » 1500	$\pm 0,25$
» 1500 » 2000	$\pm 0,30$
» 2000 » 3000	$\pm 0,60$

### 1.3. Штангенциркуль

Штангенциркуль – универсальный измерительный инструмент для определения наружных и внутренних линейных размеров абсолютным контактным методом, а также разметочных работ (ГОСТ 166-89. Штангенциркули. Технические условия).

Он основан на использовании нониуса, т.е. вспомогательной шкалы, по которой отсчитывают доли делений основной шкалы какого-либо средства измерения. Нониус служит для повышения точности отсчёта по масштабной линейке и тем самым точности измерения. Конструктивно он оформлен в виде дополнительной металлической пластины с делениями, укреплённой на подвижной рамке.

- Штангенциркули изготавливают следующих основных типов:

I - двусторонние с глубиномером (рисунок 4);

Т-1 - односторонние с глубиномером с измерительными поверхностями из твердых сплавов (рисунок 5);

II - двухсторонние (рисунок 6);

III - односторонние (рисунок 7).

**Примечание.** Допускается оснащать штангенциркули приспособлениями или вспомогательными измерительными поверхностями для расширения функциональных возможностей (измерения высот, уступов и др.).

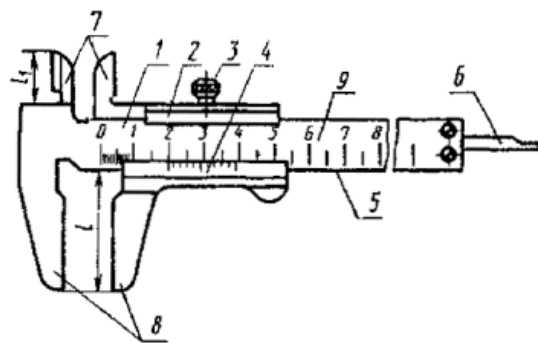


Рисунок 4 - Двусторонний штангенциркуль с глубиномером

1 - штанга; 2 - рамка; 3 - зажимающий элемент; 4 - нониус; 5 - рабочая поверхность штанги; 6 - глубиномер; 7 - губки с кромочными измерительными поверхностями для измерения внутренних размеров; 8 - губки с плоскими измерительными поверхностями для измерения наружных размеров; 9 - шкала штанги.

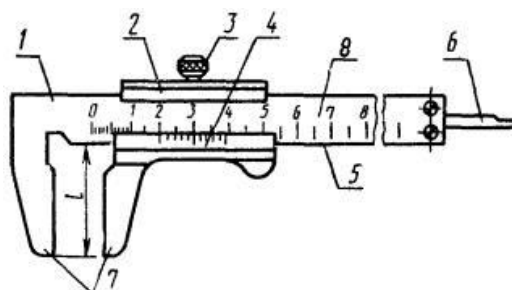


Рисунок 5 - Односторонний штангенциркуль с глубиномером с измерительными поверхностями из твердых сплавов

1 - штанга; 2 - рамка; 3 - зажимающий элемент; 4 - нониус; 5 - рабочая поверхность штанги; 6 - глубиномер; 7 - губки с плоскими измерительными поверхностями для измерения наружных размеров; 8 - шкала штанги.

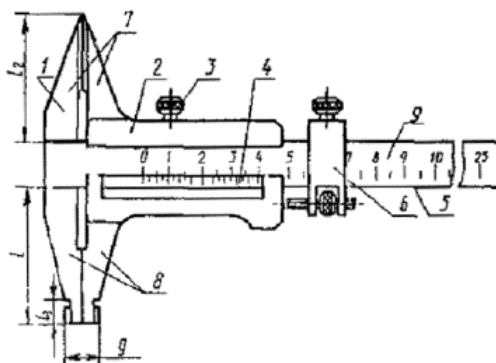


Рисунок 6 - Двусторонний штангенциркуль

1 - штанга; 2 - рамка; 3 - зажимающий элемент; 4 - нониус; 5 - рабочая поверхность штанги; 6 - устройство тонкой установки рамки; 7 - губки с кромочными измерительными поверхностями для измерения наружных размеров; 8 - губки с плоскими и цилиндрическими измерительными поверхностями для измерения наружных и внутренних размеров соответственно; 9 - шкала штанги.

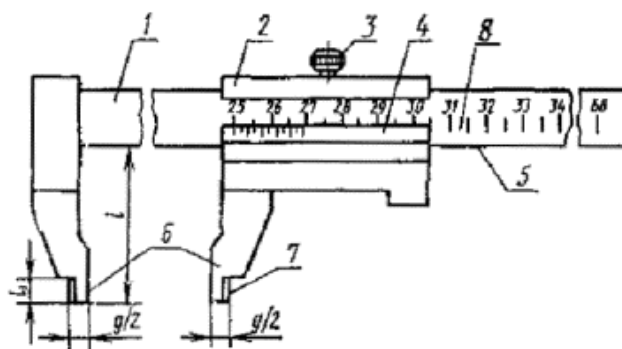


Рисунок 7 - Односторонний штангенциркуль

1 - штанга; 2 - рамка; 3 - зажимающий элемент; 4 - нониус; 5 - рабочая поверхность штанги; 6 - губки с плоскими измерительными поверхностями для измерения наружных размеров; 7 - губки с цилиндрическими измерительными поверхностями для измерения внутренних размеров; 8 - шкала штанги.

- Штангенциркуль изготавливают с отсчетом по нониусу (ШЦ) (рисунки 4-7) или с отсчетом по круговой шкале (ШЦК) (рисунок 8), или с цифровым отсчетным устройством (ШЦЦ) (рисунок 9).

Диапазон измерений, значение отсчета по нониусу, цена деления круговой шкалы и шаг дискретности цифрового отсчетного устройства штангенциркулей должны соответствовать указанным в таблице 2.

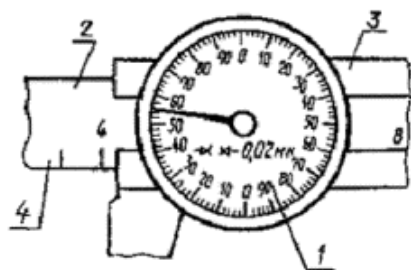


Рис. 8. Штангенциркуль с отсчетом по круговой шкале (ШЦК)

1 - круговая шкала отсчетного устройства;  
2 - штанга; 3 - рамка; 4 - шкала штанги.

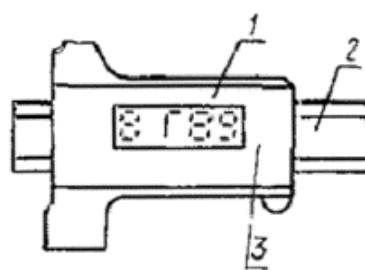


Рис. 9. Штангенциркуль с цифровым отсчетным устройством (ШЦЦ)

1 - цифровое отсчетное устройство;  
2 - штанга; 3 - рамка.

Таблица 2- Диапазон измерений, значение отсчета по нониусу, цена деления круговой шкалы и шаг дискретности цифрового отсчетного устройства штангенциркулей, мм

Диапазон измерения штангенциркулей	Значение отсчета по нониусу	Цена деления круговой шкалы отсчетного устройства	Шаг дискретности цифрового отсчетного устройства
0 - 125 0 - 135 0 - 150 0 - 160 0 - 200 0 - 250 0 - 300 0 - 400 0 - 500 250 - 630 250 - 800 320 - 1000	0,05; 0,1	0,02; 0,05; 0,1	0,01
500 - 1250 500 - 1600 800 - 2000	0,1	-	-

Примечания :

1. Нижний предел измерения у штангенциркулей с верхним пределом до 400 мм установлен для измерения наружных размеров.
2. У штангенциркулей типа Т-1 диапазон измерения относится только к измерениям наружных размеров и глубины.
3. Верхний предел измерения штангенциркулей типов I и Т-1 должен быть не более 300 мм.
4. Допускается изготавливать штангенциркули с отдельными нониусами или шкалами для измерения наружных и внутренних размеров.
5. Допускается изготавливать штангенциркули типа III с поверхностями для измерения наружных размеров из твердого сплава (Твердый сплав по ГОСТ 3882)

#### 1.4. Микрометр

Микрометр (рисунок 10) относится к группе микрометрических инструментов и служит для измерения наружных размеров. Он состоит из жесткой скобы 1 с запрессованной в нее неподвижной измерительной пяткой 2 и микрометрической головкой, запрессованной посадочной поверхности стебля 3. Винтовую пару образуют микрометрическая гайка стебля 3 и микрометрический винт 5. Торцевая поверхность гладкой цилиндрической части микровинта 5 образует вторую измерительную плоскость микрометра. Вращение микрометрического винта 5 осуществляется посредством барабана 6, скрепленного с ним установочным колпачком 7.

Трещетка 8 соединяется с барабаном 6 при помощи ограничительной пружинной муфты, обеспечивая тем самым постоянное измерительное усилие

$5 \div 8H$ . Стопор 4 служит для фиксации в нужном положении микровинта относительно скобы 1.

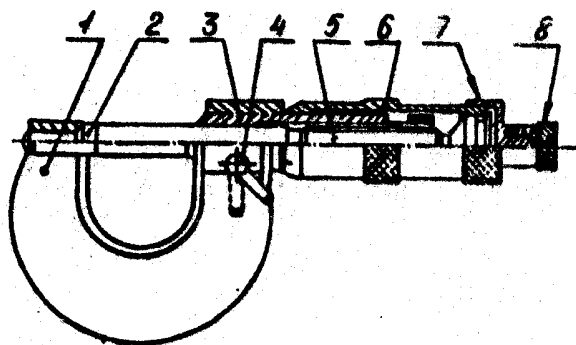


Рисунок 10 - Микрометр гладкий

В комплект инструментов с пределами измерений свыше 25 мм входят установочные меры – цилиндры с нормированным осевым размером.

Гладкие микрометры для наружных измерений выпускаются с пределами измерений 0 - 25, 25 - 50, 50 - 75 и т.д. до 575 - 600 мм.

Микрометрические инструменты имеют два отсчетных устройства (рисунок 11). Первое состоит из шкалы с ценой деления 0,5 мм, нанесенной на стебле 1 (рисунок 11а) указателя, которым является торец барабана 2.

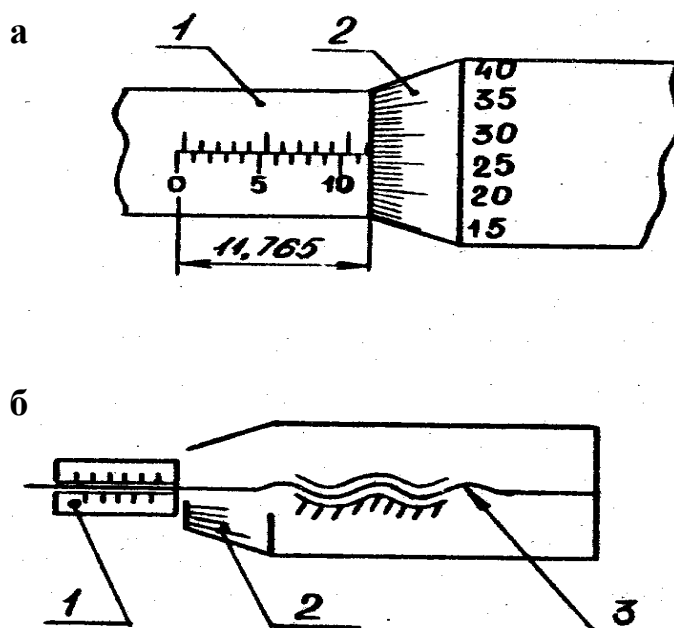


Рисунок 11- Отсчетное устройство микрометрических инструментов:  
а)отсчет, соответствующий 11,765 мм; б)кинематическая схема

Второе отсчетное устройство состоит из круговой шкалы с ценой деления 0,01 мм, нанесенной на корпусной поверхности барабана 2, и указателя в виде продольного штриха, нанесенного на стебле 1.

Рассмотрим кинематическую схему.

Шаг микровинта 3 (рисунок 11б) 0,5 мм, следовательно, одному обороту микровинта и жестко скрепленному с ним барабану соответствует линейное перемещение торца барабана на одно деление относительно продольного штриха стебля равное 0,01 мм.

Для определения размера проверяемой детали производят отсчет по двум отсчетным устройствам и суммируют их. Отсчет по микрометру (рисунок 11а) будет равен  $11,5 + 0,265 = 11,765$  мм (третий десятичный знак взят приблизительно).

Перед началом измерений проверяется нулевая установка микрометра. Если она сбита, установка на нуль осуществляется в следующем порядке (рисунок 10):

1) устанавливают микрометр в исходное положение. Для этого у микрометров с пределами измерения 0 - 25 мм, вращая микрометрический винт за трещетку, приводят в соприкосновение измерительные поверхности торцов микровинта 5 и пятки. У микрометров с пределами измерений 25 - 50 мм и более для этой операции используется специальная установочная мера;

2) закрепляют микровинт 5 стопором 4;

3) отворачивают установочный колпачок 7 на пол-оборота;

4) барабан 6 поворачивают до совпадения нулевого штриха круговой шкалы на барабане с продольным штрихом на стебле 3;

5) закрепляют барабан 6 колпачком 7;

6) освобождают микровинт;

7) проверяют установку микрометра на нуль и в случае не совпадения нулевого штриха на барабане с штрихом на стебле повторяют операцию в той же последовательности.

После установки на нуль проводят измерения. Для этого измеряемый об

разец зажимают между измерительными поверхностями, вращая барабан за трещетку. При возникновении холостого прокручивания трещетки (при этом слышится характерный треск) микровинт зажимают стопором 4 и производят отсчет по отсчетному устройству.

### 1.5. Рычажная скоба

Общий вид и принципиальная схема устройства рычажной скобы (РС) показаны на рисунке 12. РС состоит из подвижной части 1, которая с рычагом 2 образует синусный механизм, зубчатого механизма 3, зубчатого колеса 4, стрелки 5, шкалы 6, спиральной пружины (волоска) 7, пружины 8, создающей измерительное усилие, арретира 9, установочной пятки 10, зажима 11, предохранительной крышки 12, указателей границ поля допуска 13, винта 14, перемещаемого установочную пятку. предохранительного колпачка 15.

В РС при измерении подвижная пятка 1, перемещаясь, воздействует на двуплечий рычаг 2, зубчатый сектор которого поворачивает зубчатое колесо 4 и стрелку 5, неподвижно закрепленную на его оси. Спиральная пружина 7 замыкает кинематическую цепь, устраняя таким образом "мертвый ход". Арретир 9 для отвода подвижной пятки 1 при измерениях или настройке. РС настраивается на размер по концевым мерам длины или образцовой детали. При настройке установочная пятка 10 перемещается винтом 14 и закрепляется зажимом 11. Винт 14 закрывается колпачком 15, который предохраняет настройку скобы от сбоя. Положение указателей 13 регулируют винтами, сняв крышку 12.

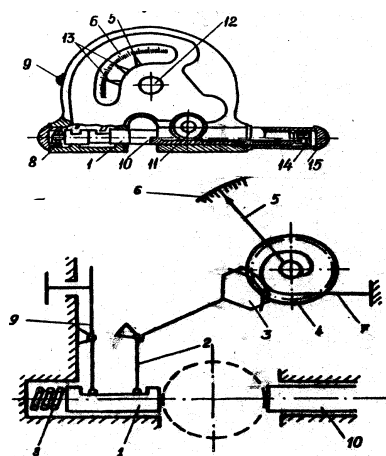


Рис.12. Рычажная скоба:

а) общий вид; б) принципиальная схема устройства.

## 1.6. Рулетки измерительные металлические

Рулетки измерительные металлические 2-го и 3-го классов точности (далее – рулетки, рисунок 13), предназначены для измерения линейных размеров путем непосредственного сравнения со шкалой (ГОСТ 7502-98. Рулетки измерительные металлические. Технические условия).



Рисунок 13- Рулетка измерительная металлическая II класса по ГОСТ 7502 для определения геометрических размеров конструкций

Рулетки изготавливают со шкалами номинальной длины 1, 2, 3, 5, 10, 20, 30, 50, 100 м. По заказу потребителя рулетки допускается изготавливать со шкалами иной длины.

Рулетки изготавливают с лентами из нержавеющей стали (в условном обозначении - Н) или углеродистой стали (в условном обозначении - У).

Вытяжные концы рулеток изготавливают:

- с кольцом (в условном обозначении - буква «К»);
- с грузом (в условном обозначении - буква «Г»).

Рулетки до 5 м включительно допускается изготавливать с вытяжным концом в виде:

- прямоугольного торца (в условном обозначении - буква «П»);
- с держателем для закрепления на предмете, подлежащем измерению (в условном обозначении - буква «Д»).

Условное обозначение рулеток включает: букву «Р» - «рулетка», номинальную длину шкалы, материал ленты, класс точности, конструктивное ис -



полнение вытяжного конца ленты и обозначение настоящего стандарта.

Допускаемое отклонение действительной длины интервалов шкал рулеток от нанесенной на шкале при температуре окружающей среды 20 ° С и натяжении измерительной ленты рабочим усилием должно быть не более указанного в таблице 3.

Таблица 3 - Допускаемое отклонение действительной длины интервалов шкал рулеток от нанесенной на шкале, мм

Наименование интервала	Допускаемое отклонение действительной длины, не более, для класса точности	
	2	3
Миллиметровый	$\pm 0,15$	$\pm 0,20$
Сантиметровый	$\pm 0,20$	$\pm 0,30$
Дециметровый	$\pm 0,30$	$\pm 0,40$
Отрезок шкалы 1 м и более	$\pm [0,30 + 0,15(L-1)]$	$\pm [0,40 + 0,20(L-1)]$
Примечание – L - число полных и неполных метров в отрезке.		

## **1.7. Средства измерения для обмерных работ при диагностике зданий и сооружений**

### **1.7.1 Средства измерений величины раскрытия трещин и их глубины**

#### **- ОТСЧЕТНЫЙ МИКРОСКОП «МИР-2»**

Отсчетный микроскоп «МИР-2» (рис. 14) с отсчётной окулярной шкалой является упрощенным микроскопом и предназначен для измерения мелких предметов и расстояний между штрихами, точками и т. п.

Основные технические характеристики

- увеличение (переменное) – от 19 до 33х;
- предел измерения – от 0,018 мм до 6 мм.
- МИКРОСКОП Elcometr 900

Микроскоп Elcometr 900 (рисунок 15) предназначен для измерения мелких предметов и расстояний между штрихами, точками и т. п.

Основные технические характеристики

- увеличение 50х;
- предел измерения – от 0,02 мм до 2,5 мм.

- ТРЕЩИНОМЕР (ТОЛЩИНОМЕР) Elcometr 143

Трещиномер (рисунок 16) предназначен для измерения ширины раскрытия трещин, путем наложения его на трещину.



Рисунок 14- Отсчетный микроскоп «МИР-2»



Рисунок 15- Микроскоп Elcometr 900



Рисунок 16 - Трещиномер Elcometr 143

1.7.2. Средства измерения линейных размеров зданий и сооружений

- РУЧНЫЕ БЕЗОТРАЖАТЕЛЬНЫЕ ДАЛЬНОМЕРЫ (ЛАЗЕРНЫЕ ДАЛЬНОМЕРЫ, рисунок 17).

Применяются во время проведения обмерных работ при комплексном обследовании деформированных зданий.



Рисунок 17 - Лазерные дальномеры для выполнения линейных измерений  
- ДОРОЖНЫЕ КОЛЕСА

Дорожные колеса (рисунок 18) применяются для инвентаризации различных объектов, промеров участков дорог, участков лесных угодий, железнодорожных путей, мест дорожно-транспортных происшествий и т.п.



Рисунок18 - Дорожное колесо 703111

1.7.3. Средства измерения отклонений от плоскостности конструкций, горизонтальности и вертикальности линейных размеров зданий и сооружений.

### - ЭЛЕКТРОННЫЙ УРОВЕНЬ-ОТВЕС SMARTTOOL

Прибор Электронный уровень-отвес SMARTTOOL (рисунок 19) предназначен для измерения текущего угла наклона в одной из трех систем измерений: в градусах ( $^{\circ}$ ), в процентах (%), в миллиметрах (мм).



Рисунок 19 - Электронный уровень-отвес SMARTTOOL

### - ЦИФРОВОЙ НИВЕЛИР LEICA SPRINTER 200M

Цифровой нивелир LEICA SPRINTER 200M (рисунок 20) используется в геодезических наблюдениях за развитием вертикальных перемещений (просадок грунтов, осадок фундаментов и т.п.), горизонтальных перемещений (сдвигов), углов перемещений (кренов).



Рисунок 20 - Цифровой нивелир LEICA SPRINTER 200M

### - БЕЗОТРАЖАТЕЛЬНЫЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ ТАХЕОМЕТР SET 530R-L

Безотражательный электронный тахеометр SET 530R-L (рисунок 21) предназначен для выполнения геодезических наблюдений за развитием вертикальных перемещений (просадок грунтов, осадок фундаментов и т.п.), горизонтальных перемещений (сдвигов), углов перемещений (кренов).

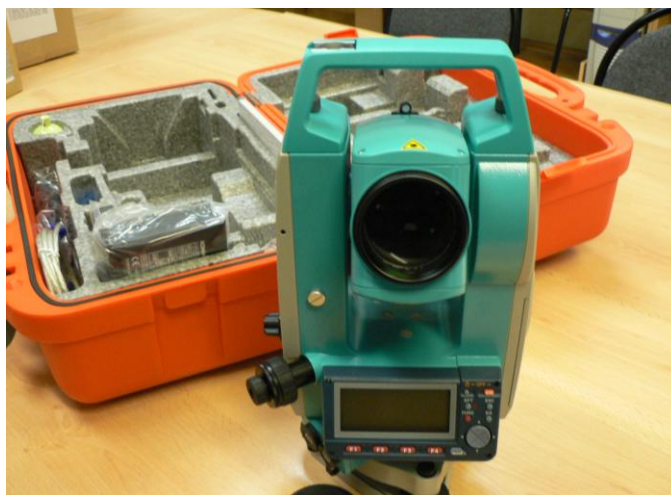


Рисунок 21 - Безотражательный электронный тахеометр SET 530R-L

### 1.8. Измерения прогибов и деформаций

Деформации и прогибы в конструкциях возникают вследствие перегрузок, неравномерной осадки фундаментов, пучения грунтов оснований, температурных воздействий при изменении уровня грунтовых вод и влажностного режима грунтов оснований, потерь устойчивости несущих конструкций и других внешних воздействий. Нередко характер развития деформаций конструкций может свидетельствовать о причинах их обуславливающих.

Допустимые пределы деформаций и прогибов зависят от материала и вида конструкций и регламентируются нормами проектирования конструкций зданий.

Отклонения от вертикали и искривления в вертикальной плоскости конструкций могут быть измерены с помощью отвеса и линейки (рисунок 22).

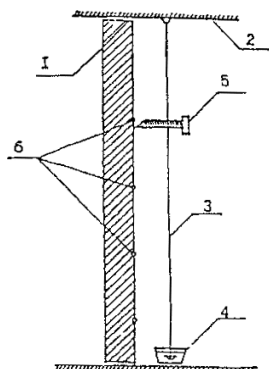


Рисунок 22 - Измерение отклонений от вертикали конструкций с помощью отвеса

1 - стена, перегородка или колонна; 2 - перекрытие; 3 - отвес; 4 - сосуд с водой; 5 - измерительная линейка; 6 - точка измерения

Смещения по горизонтали от опорных точек, а также вертикальные перемещения определяются измерениями с помощью мерной ленты, линейки или геодезической съемкой (рисунок 23). С помощью теодолитов могут быть измерены также наклоны и выпучивания стен и других вертикально расположенных конструкций.

Величины прогибов, искривлений конструкций и их элементов измеряются путем натяжения тонкой проволоки между краями конструкции или ее частями, не имеющими деформации, и измерения максимального расстояния между проволокой и поверхностью конструкции с помощью линейки.

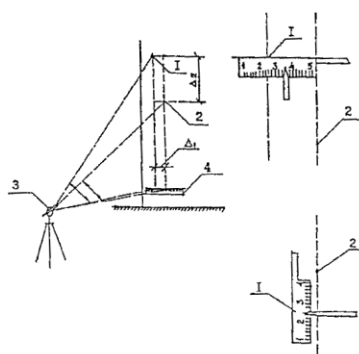


Рисунок 23 - Измерение горизонтального и вертикального смещения двух точек с помощью теодолита  
1, 2 - точки; 3 - теодолит, 4 - переносная линейка

Величины прогибов могут быть определены также с помощью прогибомеров и гидростатического уровня (рисунки 24, 25).

При использовании прогибомеров измеряется величина перемещения элемента, закрепленного на деформирующемся участке конструкции, относительно неподвижного элемента. В качестве прогибомера могут быть использованы две планки или система, передающая перемещения от недеформируемой конструкции на измерительный прибор, в качестве которого обычно используется индикатор часового типа (мессура).

При малых линейных деформациях растяжения или сжатия измерение прогибов элементов производится при помощи тензометров, а сдвиги и повороты - геодезической съемкой.

Деформацию перекрытий определяют прогибомером П-1 (см. рисунок 25), нивелиром НВ-1 со специальной насадкой, цифровым нивелиром LEICA

SPRINTER 200M или безотражательным электронным тахеометром SET 530R-L.

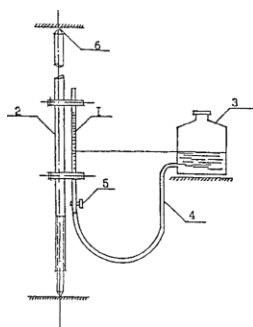


Рисунок 24 - Схема измерения прогибов гидростатическим уровнем  
1 - градуированная трубка; 2- телескопическая стойка; 3- сосуд; 4- резиновый шланг;  
5 - краник; 6 - точка измерения

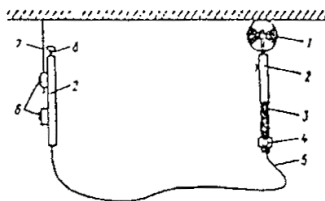


Рисунок 25 - Прогибомер П-1  
1 - мерный диск; 2 - металлическая трубка; 3 - стеклянная трубка со шкалой; 4 - окуляр; 5 -  
резиновая трубка; 6 - зажим; 7 – шток; 8 – пробка

Перед началом замеров шток устанавливают в такое положение, чтобы показания в мерной трубке соответствовали нулю. Затем трубку с диском передвигают по поверхности потолка; через каждый полный поворот диска снимают отсчеты по мерной трубке. Прогибы замеряют в различных точках потолка. Таким же образом прогибомером П-1, нивелиром НВ-1, цифровым нивелиром LEICA SPRINTER 200M и безотражательным электронным тахеометром SET 530R-L измеряют прогибы несущих элементов лестниц - балок, маршей и плит.

Определение кинетики развития деформаций осуществляется путем многократных их измерений через определенные интервалы времени (от одних до 30 суток) в зависимости от скорости развития деформации.

Для измерений деформаций, осадок, кренов, сдвигов зданий и сооружений и их конструкций применяют методы инженерной геодезии. Измерения производятся согласно ГОСТ 24846-81 и рекомендациям "Руководства по наблюдениям за деформациями зданий и сооружений".



## **2. Обмерные работы**

Целью обмерных работ является уточнение фактических геометрических параметров строительных конструкций и их элементов, определение их соответствия проекту или отклонение от него. Инструментальными измерениями уточняют пролеты конструкций, их расположение и шаг в плане, размеры поперечных сечений, высоту помещений, отметки характерных узлов, расстояния между узлами и т.д. По результатам измерений составляют планы с фактическим расположением конструкций, разрезы зданий, чертежи рабочих сечений несущих конструкций и узлов сопряжений конструкций и их элементов.

Для обмерных работ, по мере необходимости, применяются измерительные инструменты: линейки, рулетки, стальные струны, штангенциркули, нутромеры, щупы, шаблоны, угломеры, уровни, отвесы, лупы, измерительные микроскопы, а в случае необходимости используют специальные измерительные приборы: нивелиры, теодолиты, дальномеры, различные дефектоскопы и прочее, а также применяют фотограмметрию. Все применяемые инструменты и приборы должны быть поверены в установленном порядке.

При обследовании конструкций, независимо от их материала, проводят следующие обмерные работы:

- уточняют разбивочные оси сооружения, его горизонтальные и вертикальные размеры;
- проверяют пролеты и шаг несущих конструкций;
- замеряют основные геометрические параметры несущих конструкций;
- определяют фактические размеры расчетных сечений конструкций и их элементов и проверяют их соответствие проекту;
- определяют формы и размеры узлов стыковых сопряжений элементов и их опорных частей, проверяют их соответствие проекту;
- проверяют вертикальность и соосность опорных конструкций, наличие и местоположение стыков, мест изменения сечений;
- замеряют прогибы, изгибы, отклонения от вертикали, наклоны, выпучивания, перекосы, смещения и сдвиги.



Кроме перечисленного:

- в железобетонных конструкциях определяют наличие, расположение, количество и класс арматуры, признаки коррозии арматуры и закладных деталей, а также состояние защитного слоя;
- в железобетонных и каменных конструкциях определяют наличие трещин и измеряют величину их раскрытия;
- в металлических конструкциях проверяют прямолинейность сжатых стержней, наличие соединительных планок, состояние элементов с резкими изменениями сечений, фактическую длину, катет и качество сварных швов, размещение, количество и диаметр заклепок или болтов, наличие специальной обработки и пригонки кромок и торцов;
- в деревянных конструкциях фиксируют наличие искривлений и коробления элементов, разрывов в поперечных сечениях элементов или трещин по их длине, наличие и размеры участков биологического поражения.

Выполнение обмерных работ необходимо осуществлять по:

- ГОСТ 26433.0-85 (2003). "Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Правила выполнения измерений. Общие положения",
- ГОСТ 26433.2-94. "Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Правила выполнения измерений параметров зданий и сооружений»,
- и в соответствии с требованиями СП 13-102-2003 «Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений».

**Обмерные работы** по промышленным и гражданским объектам широко используются при реконструкциях, перепланировках и надстройках зданий и сооружений. Это вызвано тем, что по значительному количеству объектов недвижимости проектная и исполнительная документация полностью утрачена. Обмерные работы выявляют, произведенные строительные работы без какой либо технической и исполнительной документации. При разработке рабочей документации необходимо предоставлять проектной организации исполни-

тельную документацию, разработанную на основе проведенных обмерных работ.

Необходимый перечень исходных данных обмерных работ по конструкциям представлен требованиями:

- ГОСТ Р 53778 - 2010 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. Общие требования»;
- СП 13-102-2003 «Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений».

В соответствии с СП 13-102-2003, обмерные работы - должны включать не только инструментальное определение геометрических размеров зданий и сооружений, но и основные параметры несущих конструкций и узлов сопряжений.

Эти данные по обмерным работам необходимы для проведения комплекса поверочных расчетов и выполнения конструктивных чертежей при реконструкции и перепланировке.

Обмерные работы, согласно строительным правилам должны предоставлять информацию для конструктора обо всех, имеющих место нарушениях дефектах, прогибов, выпучиваний, перекосов, смещений, сдвигов.

Кроме этого, обмерные работы должны предоставлять сведения об армировании железобетонных конструкций, коррозии закладных деталей, состоянии защитного слоя бетона и т.д.

#### **Виды обмерных работ:**

1. **Обмерные работы в железобетонных и каменных конструкциях** - определяют наличие трещин, а также величин их раскрытия.
2. **Обмерные работы в металлических конструкциях** - проверяют прямолинейность сжатых стержней, длины и качество сварных швов, размещение, количество болтовых соединений, заклепок.
3. **Обмерные работы в деревянных конструкциях** - должны фиксировать наличие искривлений и короблений элементов конструкции, разрывов в

поперечных сечениях элементов или трещин, образующихся по их длине, наличие и участки биологического поражения материала конструкций.

### **3. Правила контроля точности геометрических параметров изделий**

Правила контроля точности устанавливаются в зависимости от характера объекта контроля и контролируемых параметров с учетом объемов производства и стабильности технологического процесса.

По результатам статистического анализа оценивают действительную точность технологического процесса, а также определяют возможность применения статистических методов регулирования и контроля точности.

Причем анализ установившегося технологического процесса выполняют по каждому конкретному параметру отдельно в следующей последовательности.

На первом этапе образуют выборки необходимого объема, далее определяют отклонения действительных значений параметра от номинального.

На втором этапе рассчитывают статистические характеристики действительной точности параметра в выборках, проверяют однородность процесса, оценивают точность технологического процесса и принимают решение о порядке применения результатов анализа.

Рассмотрим подробнее приведенные этапы организации статистического контроля. Для анализа отбирают представительную объединенную выборку, состоящую из не менее чем 240 ед. Она образуется из серии мгновенных выборок малого объема в 5 – 10 ед. Объединенная выборка называется генеральной совокупностью, если продукция произведена на технологической линии при неизменных условиях в течение времени, достаточного для характеристики данного процесса (обычно в пределах месяца).

При анализе точности изготовления элементов серийного производства, но сложных по конфигурации изделий (например, наружные стеновые панели, др.) допускается отбирать серию выборок одинакового объема, равного не менее 40 ед. Эти выборки состояются из изделий, отбираемых в ходе приемоч-

ного контроля нескольких последовательных или параллельных партий продукции.

Далее рассчитывают статистические характеристики точности. Выборочную оценку координаты центра группирования отклонения геометрического параметра  $\bar{\delta}_n$  или  $\bar{\delta}_N$  вычисляют по формулам:

$$\bar{\delta}_n = \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{n}, \quad (1)$$

$$\bar{\delta}_N = \sum_{i=1}^N \frac{\delta_i}{N}, \quad (2)$$

где  $\delta_i$  – действительное отклонение параметра;

$n$  и  $N$  – соответственно объемы малой и объединенной выборок.

Находят выборочную оценку среднего квадратичного отклонения в выборках малого объема ( $n \geq 40$ )

$$S_n = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \delta_i^2}{n} - \bar{\delta}_n^2}. \quad (3)$$

Аналогичная формула используется для вычисления  $S_N$  в объединенной выборке.

Для выборок малого объема ( $n = 5 - 10$ ) определяют размах действительных отклонений

$$S_n = \delta_{i_{\max}} - \delta_{i_{\min}}, \quad (4)$$

где  $\delta_{i_{\max}}$  и  $\delta_{i_{\min}}$  – наибольшее и наименьшее значения отклонений в выборке.

Рассчитанные значения  $\bar{\delta}_n$ ,  $S_n$  и  $R_n$  в выборках малого объема служат для проверки однородности технологического процесса. Если установлена его достаточная статистическая однородность, то по значениям  $\bar{\delta}_N$  и  $S_N$  в объединенной выборке судят о точности процесса.

Технологический процесс считается статистически однородным по данному контролируемому параметру, если распределение действительных отклонений в объединенной выборке приближается к нормальному закону и характеристики точности в серии выборок, составляющих объединенную выборку, стабильны во времени.

Если эти условия не выполняются, необходимо усилить операционный контроль, установить причины нестабильности и произвести настройку оборудования, после чего повторить анализ.

По результатам статистического анализа устанавливают возможность процесса обеспечивать параметр в соответствии с определенным классом точности, который определяют из условия

$$\Delta \geq 2tS_N, \quad (1.5)$$

где  $\Delta$  – ближайшее большее к значению  $2tS_N$  значение допуска для данного стандартизированного интервала номинальных размеров;

$t$  – безразмерный коэффициент, который находят в зависимости от значения приемочного уровня дефектности по следующим данным:

$q, \%$	0,25	0,65	1,5	4,0	10,0
$t$	3,0	2,7	2,4	2,1	1,6

Значение приемочного уровня дефектности зависит от вида производимой продукции. Например, при производстве керамических и силикатных мелкоштучных изделий (кирпича, камней, блоков) величину  $q$  принимают равной значению 6,5 %.

Контроль точности назначают преимущественно выборочным, реже используется сплошной контроль.

При выборочном методе может применяться контроль по альтернативному или количественному признакам. Предпочтение отдают контролю по альтернативному признаку, когда по отдельному контролируемому параметру изделие признают либо годным (при количестве дефектных изделий меньше или равному приемочному числу  $A_c$ ), либо дефектным (при  $N_{def} \geq R_e$ , где  $R_e$  – брако-

вочное число). Значение  $A_c$  и  $R_e$  устанавливают в стандартах, причем количество дефектных единиц изделий определяют путем сплошного контроля выборки.

## **Контрольные вопросы**

1. Что должно быть определено в стандартах и других нормативно – технических документах, устанавливающих правила контроля?
2. Что должен обеспечивать контроль точности?
3. Перечислите средства измерения линейных размеров.
4. Концевые меры длины – виды и область применения.
5. Линейка масштабная – виды и область применения.
6. Штангенциркуль – виды и область применения.
7. Микрометр – виды и область применения.
8. Рычажная скоба – виды и область применения.
9. Рулетки измерительные металлические – виды и область применения.
10. Перечислите средства измерения для обмерных работ при диагностике зданий и сооружений.
11. Перечислите средства измерений величины раскрытия трещин и их глубины.
12. Перечислите средства измерения линейных размеров зданий и сооружений.
13. Перечислите средства измерения отклонений от плоскостности конструкций, горизонтальности и вертикальности линейных размеров зданий и сооружений.
14. Как осуществляются измерения прогибов и деформаций.
15. Что включают и с какой целью выполняются обмерные работы.
16. Виды обмерных работ.
17. Правила контроля точности геометрических параметров изделий.

## Литература

1. Калинин В. М., Сокова С. Д. Обследование и испытание конструкций зданий и сооружений: учебник; М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014.
2. Ушаков И. И., Бондарев Б. А. Основы диагностики строительных конструкций: Учебное пособие для студентов строит. спец.; Ростов н/Д: Феникс, 2008.
3. Ткаченко Г. А. Нормативно-техническое обеспечение и управление качеством в промышленности строительных материалов: Учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению "Строительство"; Ростов н/Д: Ростовский государственный строительный университет, 2003.
4. Электронная библиотечная система: [www.znaniyum.com](http://www.znaniyum.com).
5. Электронная библиотечная система РГСУ: <http://lib.rgsu.ru/MegaPro/Web>.
6. Комплект лазерных дисков с примерами испытаний конструкций неразрушающими методами.
7. ГОСТ 26433.0-85 (2003). "Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Правила выполнения измерений. Общие положения";
8. ГОСТ 26433.1-89 Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Правила выполнения измерений. Элементы заводского изготовления
9. ГОСТ 26433.2-94. "Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Правила выполнения измерений параметров зданий и сооружений».