

**Методические указания**  
**для практической работы студентов**

**По дисциплине:** Б1.О.12 «Метрология, стандартизация и сертификация»  
указывается цикл (раздел) ОП, к которому относится дисциплина, название дисциплины

**для направления подготовки (специальности)**

**21.05.05 «Физические процессы горного или  
нефтегазового производства»**  
код и наименование направления подготовки (специальности)

**«Физические процессы нефтегазового производства»**  
наименование профиля /специализаций/образовательной программы

**Квалификация выпускника, уровень подготовки горный инженер (специалист)**  
(указывается квалификация (степень) выпускника в соответствии с ФГОС ВО)

Кафедра - разработчик: **Кафедра технологии материалов и судоремонта**  
название кафедры - разработчика рабочей программы

**Мурманск**

**2021**

1. Разработчик(и)

---

доцент	ТМ и С	Пашеева Т.Ю.
<small>должность</small>	<small>кафедра</small>	<small>подпись</small>
		<small>И.О.Фамилия</small>

2. Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры-разработчика рабочей программы Технологии материалов и судоремонта  
название кафедры

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 г. протокол № \_\_\_\_\_.

дата

Заведующий кафедры – разработчика

---

	Баева Л.С.
<small>дата</small>	<small>подпись</small>
	<small>И.О.Фамилия</small>

## ОБЩИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО - МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

### Цель дисциплины:

- подготовка бакалавров в соответствии ФГОС ВО и рабочим учебным планом направления 21.05.05 «Физические процессы горного или нефтегазового производства».

### Задачи дисциплины:

- дать необходимые знания по основам теории управления качеством, измерений, взаимозаменяемости и сертификации, правилах построения и пользования стандартами; формирование умения обеспечения на практике требуемой точности измерения и предоставления результата измерений;

- изучение основ метрологии и значение метрологии для оценки качественных и количественных характеристик определенных исследуемых объектов;

- знания Единой Системы Допусков и Посадок (ЕСДП); расчет и выбор посадок;

- расчет точности размерных цепей; нормирование микронеровностей поверхностей; геометрической точности формы поверхностей и их расположения;

- системы допусков и посадок стандартизованных сопряжений;

- изучение основ стандартизации, в том числе Международной организации по стандартизации (ИСО), государственной системы стандартизации (ГСС); системы сертификации продукции; основных положений Закона РФ по сертификации продукции.

В результате изучения дисциплины специалист должен:

знать:

- правовые основы метрологии, стандартизации, сертификации;

- метрологические службы, обеспечивающие единство измерений;

- принципы построения международных и отечественных стандартов;

- правила пользования стандартами, комплексами стандартов и другой нормативной документацией;

- задачи стандартизации в области метрологии;

- основы учения о погрешностях измерений;

- методики оценки погрешностей средств измерений и измерительных комплексов;

- методики представления результатов измерений.

уметь:

- использовать стандарты и другие нормативные документы при оценке, контроле качества и сертификации материалов и изделий;

- выбирать метод измерения в соответствии с условиями поставленной измерительной задачи;

- назначать параметры средств измерений в соответствии с заданными значениями измеряемых величин и требуемой точности результата измерений;

- выполнять измерения, оценивать их погрешности, представлять результаты измерений;

- строить и сглаживать экспериментально полученные графики и составлять их математическое описание;

- составлять отчёты о научно-исследовательских работах.

владеть:

- нормативно-технической документацией;

- правилами работы с цифровым материалом, основами построения таблиц и графиков;

- основами технологии подготовки и выполнения измерений;

- методами оценки погрешности измерений;

- основами обработки результатов статистических измерений.

Таблица 1 – Компетенции, формируемые дисциплиной «Метрология, стандартизация, сертификация в горном деле»

№ п/п	Код компетенции	Содержание компетенции
1	ОПК-12	Способен в составе творческих коллективов и самостоятельно, контролировать соответствие проектов требованиям стандартов, техническим условиям и документам промышленной безопасности, разрабатывать, согласовывать и утверждать в установленном порядке технические и методические документы, регламентирующие порядок, качество и безопасность выполнения горных, горно-строительных и взрывных работ.

### ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Содержание разделов (модулей), тем дисциплины	Количество часов, выделяемых на виды учебной подготовки по формам обучения			
	Очная			
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
1. Введение в дисциплину.	0,5	-	-	1
2. Краткая история развития метрологии. Законодательная база метрологии.	0,5	-	-	1
3. Объекты виды и методы измерений.	0,5	-	-	1
4. Международная система единиц физических величин.	0,5	-	-	1
5. Стандартизация. Цели стандартизации. Роль стандартизации в экономике. Государственная система стандартизации (ГСС).	1	-	-	4
6. Сертификация. Основные понятия, цели и объекты сертификации. Обязательная и добровольная сертификация.	1	-	-	4
7. Основы взаимозаменяемости. Понятия о номинальном, действительном и предельных размерах деталей, о предельных отклонениях и допуске.	1	2	-	4
8. Виды посадок сопрягаемых элементов деталей. Система отверстия и система вала.	0,5	2	-	4
9. Единая система допусков и посадок ЕСДП. Интервалы размеров. Единица допуска. Ряды точности. Поля допусков отверстий и валов. Посадки в системе отверстия и системе вала. Область применения некоторых посадок.	1	2	2	6
10. Нормирование требований к шероховатости и волнистости поверхностей.	0,5	-	-	2
11. Нормирование точности формы поверхностей элементов деталей.	0,5	-	1	2
12. Нормирование точности расположения поверхностей элементов деталей.	0,5	-	1	2
13. Виды размерных цепей. Основные понятия о размерных цепях. Задачи, решаемые при обеспечении точности размерных цепей	0,5	-	-	4
14. Средства измерения. Выбор средств измерений.	0,5	-	2	4
15. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСОЕИ). Структура и функции метрологической службы. Международные метрологические организации. Поверка СИ. Калибровка. Юстировка.	0,5	-	-	6

16. Системы качества и структуры управления качеством. Обеспечение качества выпускаемой продукции. Контроль качества продукции.	0,5	-	-	4
<b>Итого:</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>50</b>

Таблица 2- Перечень практических работ

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов	
		очная ф.	заочная ф.
1.	ЛР 1. Определение погрешностей линейных размеров.	4	
2.	ЛР 2. Определение отклонения формы и взаимного расположения поверхностей.	2	
<b>Итого:</b>		<b>6</b>	

### Методические указания к практической работе по изучению дисциплины

Методическими указаниями к практическим занятиям по дисциплине являются:

1. Учебное пособие «Метрология, стандартизация и сертификация: Практикум» под ред. В.Н. Крайновой. – СПб. : Издательство «Лань», 2015. – 368 с. : ил. – (Учебники для вузов. Специальная литература).

Учебное пособие содержит теоретический и справочно-методический материал по нормированию геометрических характеристик изделий, а также по выбору средств измерений и обработке результатов однократных и многократных измерений, выполненных прямым и косвенным методами. Разработаны варианты заданий, используемые при выполнении практических занятий и самостоятельных работ по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация». Предназначено для студентов высших учебных заведений, обучающихся по техническим направлениям подготовки бакалавров, магистров и дипломированных специалистов.

2. Учебное пособие «Метрология, стандартизация и сертификация. Интернет-тестирование базовых знаний» Ю.В. Пухаренко, В.А. Норин. [Электронный ресурс]. Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 308 с.

В пособии изложены научно-технические, нормативно-методические и организационные основы метрологии, стандартизации и сертификации продукции и услуг. Материал увязан с действующими нормативными документами: Федеральным законом «О Техническом регулировании» № 184-ФЗ; Федеральным законом № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации»; Рекомендациями по межгосударственной стандартизации РМГ 2-2013 «ГСИ. Метрология. Основные термины и определения» и др. Рассмотрены основные понятия метрологии и теории погрешностей, обработка результатов измерений, организация метрологического обеспечения производства,

основные понятия, цели, задачи, принципы стандартизации в соответствии с законом № 162-ФЗ, вопросы подтверждения соответствия продукции и услуг требованиям технических регламентов, положениям стандартов или условиям договоров. Приведены варианты интернет-тестирования базовых знаний студентов по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация» с правильными ответами на задания. Учебное пособие представляет собой обязательный минимум по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация» и предназначено для студентов высших технических учебных заведений. Может быть использовано преподавателями вузов при разработке тестовых заданий.

После изготовления детали, а иногда и на различных стадиях изготовления, возникает необходимость контроля размеров ее элементов. Для этой цели существует большое разнообразие измерительных средств различного назначения: для измерения как наружных и внутренних размеров, так и углов наклона поверхностей, глубин выступов и пазов, отклонений формы и взаимного расположения поверхностей и др. Конструкция средств измерения (СИ) может быть простой (например линейка или транспортир) или более сложной (штангенциркуль или угломер с нониусом). Как правило, чем точнее необходимо измерить размер, тем сложнее и дороже будет конструкция средства измерения. В этом разделе рассмотрены часто используемые в промышленности СИ и даны их метрологические характеристики.

Для измерения линейных и угловых размеров абсолютным методом часто используют штангенинструмент. К этим СИ относятся штангенциркули, штангенглубиномеры, штангенрейсмасы, штангензубомеры и др. В российских стандартах представлены три вида штангенциркулей. Это ШЦ–I, ШЦ–II и ШЦ–III. (Штангенциркуль ШЦ–I имеет диапазон измерений от 0 до 125 мм и цену деления нониуса 0,1 мм. Штангенциркуль ШЦ–II изготавливается с различными диапазонами измерения: 0...160 мм; 0...200 мм; 0...250 мм и ценой деления шкалы нониуса 0,05 и 0,1 мм. Штангенциркуль конструкции ШЦ–III выпускается с диапазонами измерения от 0...160 мм до 0...2000 мм с ценой деления шкалы нониуса 0,05 мм и 0,1 мм. Также отечественными инструментальными заводами выпускаются штангенциркули типа ШЦК с круговой шкалой и ШЦЦ с цифровым отсчетным устройством.

Угломеры с нониусом применяют для измерения наружных и внутренних углов деталей. Угломеры типа 5УМ и 4УМ предназначены для измерения наружных углов изделий в диапазоне 0...180° с ценой деления шкалы нониуса 5' и 10' соответственно, угломер УН модели 1005 используется для измерения наружных углов в диапазоне 0...360° и внутренних углов в диапазоне 40...180° с ценой деления шкалы нониуса .

Прибор типа 2УРИ предназначен для измерения переднего и заднего углов многолезвийного инструмента с прямолинейными и спиральными зубьями, с равномерным шагом от 5 до 75 мм и с прямолинейным участком по передней и задней граням не менее 1 мм.

Штангенглубиномеры типа ШГ и ШГЦ используются для измерения глубины пазов и высоты уступов. Штангенглубиномеры типа ШГ выпускают нескольких типоразмеров с диапазоном измерений: 0...160, 0...200, 0...250, 0...300, 0...400 и ценой деления шкалы нониуса 0,05 мм. Штангенглубиномеры типа ШГЦ имеют диапазоны измерений: 0...160, 0...200, 0...300 с шагом дискретности отсчета 0,01 мм.

Штангенрейсмасы различных типов ШР, ШРК, ШРЦ предназначены для измерения и разметки деталей. Часто таким СИ измеряют габариты изделия. Штангенрейсмасы типа ШР выпускают нескольких типоразмеров с диапазоном измерений: 0...250, 40...400, 60...630, 100...1000, 600...1600, 1500...2500 мм и ценой деления шкалы нониуса 0,05 мм (для ШР-250, ШР-400, ШР-630) и 0,1 мм (для ШР-630, ШР-1000, ШР-1600, ШР-2500).

Штангензубомеры типа ШЗН предназначены для измерения расстояния между разноименными боковыми поверхностями (толщины) зуба цилиндрических прямозубых и косозубых колес внешнего зацепления 11-й и 12-й степени точности по ГОСТ 1643-81 по постоянной хорде или по хорде делительной окружности. Они имеют цену деления нониуса 0,05 мм в горизонтальном и вертикальном диапазонах измерения.

Микрометрические инструменты являются широко распространенными средствами измерений наружных и внутренних размеров, глубин пазов и отверстий. Принцип действия этих инструментов основан на применении пары винт-гайка. Точный микрометрический винт вращается в неподвижной микрометрической гайке. От этого узла и получили название эти инструменты.

В соответствии с ГОСТ 6507-90 выпускаются следующие типы микрометров:

Микрометры гладкие МК предназначены для измерения наружных размеров, Микрометры трубные МТ – для измерения толщины стенок труб. Такие микрометры выпускают 1-го и 2-го класса точности. В условном обозначении после цифры, указывающей на диапазон измерения, проставляется класс точности измерительного средства. Для трубных микрометров в обозначении так же указывается наименьший внутренний диаметр измеряемых труб. Диапазоны измерения трубными микрометрами 0...15; 0...25 мм. Диапазоны измерения гладкими микрометрами зависят от размера скобы и составляют: 0...25, 25...50, 50...75, ..., 275...300, 300...400, 400...500, ..., 900...1000 мм. Цена деления шкалы на барабане 0,01 мм.

Микрометры листовые МЛ предназначены для измерения толщины листов и лент. Листовые микрометры выпускают трех типоразмеров с диапазоном измерений: 0...5, 0...10, 0...25 мм. Цена деления шкалы на барабане 0,01 мм.

Микрометры зубомерные МЗ используют для измерения длины общей нормали зубчатых колес. МВМ–микрометры со вставками, предназначены для измерения среднего диаметра метрических, дюймовых и трубных резьб.

Микрометры типа МЗ имеют следующие диапазоны измерения: 0...25, 25...50, 50...75, 75...100 мм. Цена деления шкалы на барабане 0,01 мм. Микрометры типа МВМ выпускают с диапазонами измерения: 0...25, 25...50, 50...75, ..., 325...350 мм. Цена деления шкалы на барабане 0,01 мм. Микрометры МВП с плоскими вставками применяются для измерения деталей из мягких материалов. Цена деления шкалы на барабане 0,01 мм.

Микрометры призматические типа МТИ, МПИ, МСИ предназначены для измерения наружного диаметра многолезвийного инструмента: МТИ–для трехлезвийного инструмента, МПИ–для пятилезвийного инструмента, МСИ–для семилезвийного инструмента. В комплект микрометра входит установочная мера.

Диапазоны измерения МСИ и МПИ одинаковые и изменяются через каждые 20 мм: 5...25, 25...45, 45...65, 65...85, 85...105 мм.

Диапазоны измерения МТИ изменяются через каждые 15 мм: 5...20, 20...35, 35...50, 50...65, 65...80 мм. Цена деления шкалы на барабане 0,01 мм.

Глубиномер микрометрический предназначен для измерения глубины пазов и высоты уступов. Диапазон измерения обеспечивается набором сменных стержней для ГМ 100 (4 шт.), ГМ 150 (6 шт.) и установочных мер. Выпускаются такие глубиномеры 1–го и 2–го классов точности.

Для измерения внутренних размеров деталей применяют нутромеры микрометрические НМ. Диапазоны измерения нутромером: 25...50, 50...75, ..., 975...1000 мм. Диапазоны измерения нутромерами: 5...30, 25...50, 50...75, 75...100 мм.

Российские производители выпускают микрометрические нутромеры в соответствии с ГОСТ 10–88 со следующими диапазонами измерений: 50...75, 75...175, 75...600, 150...1250, 800...2500, 1250...4000, 1250...6000 мм. Цена деления шкалы на барабане 0,01 мм.

Микрометры рычажные) предназначены для измерения линейных размеров методами непосредственной оценки и сравнения. Они имеют рычажно–зубчатое устройство, встроенное в корпус. Диапазоны измерения: 0...25, 0...50, 0...75, 0...100 мм. Цена деления отсчетного устройства 0,001 мм или 0,002 мм.

Микрометры настольные МН предназначены для абсолютных и относительных измерений контактным методом. Диапазоны измерения 0...10, 0...20 мм. Цена деления отсчетного устройства 0,001 мм (мод.03500) или 0,0005 мм (мод. 03501). Цена деления шкалы на барабане 0,01 мм.

Микрометр предельный может быть использован как калибр скоба после установки верхнего и нижнего предела поля допуска. Диапазоны измерения: 0...25, 25...50 мм. Цена деления: 0,002 мм.

Микрометры типа МК, МЛ, МТ, МЗ, МВМ, МВП, МСИ, МПИ, МТИ, МН, а также микрометрические глубиномеры ГМ имеют свои прототипы с цифровым отсчетным устройством. Диапазоны измерения: 0...25, 25...50, 50...75, 75...100 мм. Дискретность отсчета 0,001 мм.

Стойка универсальная модели 15 СТ–М (рис. 8.26) предназначена для закрепления микрометров с диапазоном измерения до 300 мм и других измерительных приборов с целью использования их в качестве настольных.

Индикаторный прибор состоит из измерительной головки (часового типа, рычажно–зубчатой и др.) и непосредственно самого измерительного средства. В качестве отдельного измерительного устройства головки использоваться не могут, поэтому их устанавливают на стойках, штативах или оснащают приборы и контрольно–измерительные приспособления.

Измерительные головки предназначены в основном для относительных измерений. Если размеры деталей меньше диапазона показаний индикатора, то измерения могут быть выполнены абсолютным методом.

Для настройки индикаторных приборов, для измерения линейных размеров относительным методом и др. используются концевые плоскопараллельные меры длины, которые выпускаются следующих классов точности: 0, 1, 2, 3. Концевые меры длины объединяют в наборы (24 вида) с разным количеством мер в наборе. Номинальные значения мер длины в наборе №2 изменяются от 1,005 до 100 мм.

В индикаторных приборах широко применяются индикаторы часового типа. Эти устройства имеют цену деления основной шкалы 0,01 мм и диапазоны измерений: 0...2, 0...5, 0...10, 0...25, 0...50 мм. По заказу потребителя индикаторы могут поставляться со стопором ободка, передвижными указателями поля допуска, с удлиненным наконечником и др.

Для измерения наружных размеров деталей используют скобы индикаторные. Диапазоны измерения такими измерительными средствами зависят от размера скоб и составляют: 0...50, 50...100, 100...200, ... , 600...700, 700...850, 850...1000 мм.

Нутромеры индикаторные предназначены для измерения внутренних размеров и диаметров отверстий относительным методом. Диапазоны измерения выбираются из следующего ряда: 6...10, 10...18, 18...50, 50...100, 100...160, 160...250, 250...450, 450...700, 700...1000 мм.

Глубиномер индикаторный предназначен для измерения глубины пазов, глухих отверстий и высоты уступов до 100 мм. Диапазон измерения обеспечивается набором измерительных стержней. Для измерения толщины листовых материалов используют толщиномеры индикаторные ручные и настольные. Диапазоны измерения ручных толщиномеров: 0...10, 0...25, 0...50 мм. Диапазоны измерения настольных толщиномеров: 0...10, 0...25 мм.

Для измерения стенок труб и других аналогичных изделий предназначены стенкомеры индикаторные. Они имеют следующие диапазоны измерения: 0...2 мм (С-2), 0...10 мм (С-10А, С-10Б), 0...25 мм (С-25) и 0...50 мм (С-50). Цена деления круговой шкалы индикаторов для стенкомеров С-2 и С-10А составляет 0,01 мм, а для стенкомеров С-10Б, С-25, С-50 равна 0,1 мм. Такими стенкомерами можно измерить толщину стенки трубы на расстоянии до 25 мм от кромки (С-2), до 40 мм от кромки (С-10А), до 60 мм от кромки (С-10Б), до 100 мм от кромки (С-25) и до 160 мм от кромки (С-50).

Индикаторы рычажно-зубчатые предназначены для абсолютных и относительных измерений линейных размеров, контроля отклонений от заданной геометрической формы и взаимного расположения поверхностей. Шкала индикатора типа ИРБ размещена параллельно оси измерительного рычага в среднем положении и перпендикулярно к плоскости его поворота. Шкала индикатора типа ИРТ размещена перпендикулярно оси измерительного рычага в среднем положении. Наличие поворотного измерительного рычага, малые габариты и незначительное измерительное усилие позволяют использовать прибор в труднодоступных местах, а также в случаях, требующих малого измерительного усилия. Индикатор укомплектован державкой для удобства измерения в труднодоступных местах, переходной втулкой с наружным диаметром 8 мм для крепления в стойках или штативах. Диапазон измерения у рычажно-зубчатых индикаторов ИРБ и ИРТ равен 0,8 мм. Цена деления шкалы 0,01 мм.

Микрокаторы (индикаторные головки пружинные ИГП) относятся к группе наиболее точных измерительных средств. Они имеют механический преобразователь малых перемещений измерительного наконечника, в виде ленточной пружины, в большие перемещения стрелки относительно шкалы прибора. Микрокаторы применяют для высокоточных измерений размеров элементов деталей относительным методом, а так же для определения величин отклонения формы и взаимного расположения поверхностей.

Точность контролируемых изделий может быть от 2 до 6 качества. Для измерения микрометры крепят в стойках типа С-1, С-2 или в специальных контрольно-измерительных приспособлениях. Микрометры выпускаются в следующих модификациях: 01ИГП, 02ИГП, 05ИГП, 1ИГП, 2ИГП, 5ИГП, 10ИГП и имеют цену деления шкалы прибора соответственно: 0,0001, 0,0002, 0,0005, 0,001, 0,002, 0,005 и 0,01 мм. Диапазоны измерения микрометрами: -20...+20, -30...+30, -40...+40, -60...+60 мкм. Допускаемая погрешность в пределах всей шкалы от  $\pm 0,15$  до  $\pm 5$  мкм.

Микроскопы инструментальные относятся к группе оптико-механических измерительных приборов и предназначены для измерения длин, углов, элементов резьбы, зубчатых передач, конусов, калибров сложных форм, шаблонов, фасонных резцов и др.). Повышение точности отсчета и измерений этими приборами достигается сочетанием механических передаточных механизмов и значительному увеличению измеряемых объектов. Инструментальные микроскопы выпускают различного конструктивного исполнения. Так, например, различают малые (ММИ) и большие (БМИ) инструментальные микроскопы. Цена деления микрометрического устройства этих устройств 0,005 мм. Цена деления окулярной мерной головки 1' и 3' соответственно. Пределы измерения угловых размеров 0...360°. Пределы измерения БМИ-1Ц в продольном направлении -150 мм, в поперечном направлении 50 мм.

Профилографы–профилометры предназначены для измерения параметров шероховатости. Эти приборы объединяют в себе функции профилографов, которые используются для получения профилограммы поверхностных неровностей и профилометров, которые обрабатывают профилограмму и рассчитывают параметры микрометрических неровностей. В настоящее время существуют различные конструкции приборов для измерения параметров шероховатости контактным способом. Профилограф–профилометр БВ–7669 предназначен для измерения параметров шероховатости по ГОСТ 2789, ГОСТ 25142, ИСО 4287 наружных и внутренних поверхностей, сечение которых в плоскости измерения представляет прямую линию. Радиус алмазного измерительного наконечника 10 мкм. Такое устройство позволяет контролировать 16 параметров шероховатости. С помощью высокопроизводительного компьютера через интерфейс RS-232 можно графически отображать результаты измерений, производить статистическую обработку результатов и выводить их на печать. Портативные профилометры в последнее время получили широкое распространение за свои несомненные достоинства. Такие приборы позволяют контролировать параметры шероховатости элементов деталей, в том числе и крупногабаритных, в труднодоступных местах, в цехах и лабораториях. Результаты измерений могут передаваться через USB порт на компьютер.

В процессе контрольных измерений возникают различные погрешности, которые влияют на точность результата измерений. В общем случае суммарная погрешность  $\Delta\Sigma$  от различных факторов не должна превышать предельно допускаемой погрешности измерения  $\DeltaД$ .

$$\Delta\Sigma = \Delta\text{мод} + \Delta\text{м} + \Delta\text{си} + \Delta\text{усл} + \Delta\text{о} \DeltaД,$$

составляющие суммарной погрешности – это погрешности:  $\Delta\text{мод}$  – модели измерений;  $\Delta\text{м}$  – метода измерений;  $\Delta\text{си}$  – средств измерений;  $\Delta\text{усл}$  – возникающие под воздействием условий, в которых проводятся измерения;  $\Delta\text{о}$  – оператора.

Основное внимание уделяют погрешностям средств измерения (СИ). Измерения с применением СИ недостаточной точности малоценны (даже бессмысленны), так как могут быть причиной неправильных выводов. Применение излишне точных СИ экономически невыгодно. Чем выше требуемая точность средства измерения, тем оно массивнее и дороже, тем выше требования, предъявляемые к условиям его использования. Поэтому необходимо обосновано выбирать СИ.

Согласно ГОСТ 8.051–81 пределы допускаемых погрешностей измерения для диапазона 1 ÷ 500 мм колеблются от 20% (для грубых квалитетов) до 35 % табличного допуска. Стандартизованные погрешности измерения являются наибольшими и включают

как случайные, так и систематические (неучтенные) погрешности измерительных средств, установочных мер, элементов базирования и т. д..

Погрешность СИ составляет примерно 50% от суммарной погрешности. Поэтому необходимо выбирать средство измерения с погрешностью  $0,1 \dots 0,17$  (большие значения для точных квалитетов) от допуска на контролируемый размер. Таким образом, точность СИ должна быть примерно на порядок выше точности контролируемого параметра (в  $8 \dots 10$  раз).

Предельные погрешности некоторых СИ при измерении наружных линейных размеров в диапазоне  $80 \dots 120$  мм составляют: для штангенциркулей  $100 \dots 200$  мкм, для индикаторов часового типа  $10 \dots 20$  мкм, для гладких микрометров  $10 \dots 15$  мкм, для рычажных микрометров и скоб  $5 \dots 15$  мкм, для узкопредельных индикаторов  $2 \dots 4$  мкм, для рычажно-зубчатых головок  $2,5$  мкм, для пружинных головок  $1$  мкм, для оптиметров  $0,5 \dots 1$  мкм, для длинномеров  $0,1 \dots 1$  мкм, для интерферометров  $0,05 \dots 0,2$  мкм, для лазерных интерферометров до  $10^{-7}$  мм.

## ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Как определяется предельно допустимая погрешность измерения?
2. Во сколько раз средство измерения должно быть точнее, чем контролируемый размер?
3. Какими средствами можно измерить глубину пазов и высоту выступов?
4. Какими средствами измеряют линейные размеры?
5. Какими средствами можно измерять диаметры отверстий?
6. Какими средствами можно измерить средний диаметр резьбы?
7. Как можно проконтролировать шероховатость поверхности крупногабаритной детали?
8. Чем измеряют толщину труб?
9. Каким мерительным инструментом измеряют длину общей нормали зубчатого колеса?
10. Какими средствами можно измерить угловые размеры детали?
11. У какого прибора цена деления основной шкалы может быть менее 0,001 мм?
12. Какими средствами можно измерить толщину листовых материалов?
13. Какое средство измерения предназначено для контроля точности изготовления первого изделия в партии?
14. Какими средствами настраивают индикаторные приборы?
15. Какую дискретность отсчета имеют цифровые измерительные средства?
16. Какими средствами можно измерить наружный диаметр многолезвийного инструмента?
17. На чем крепятся индикаторы при измерениях размеров деталей?

## ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### Основная:

1. Сергеев, А. Г. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для бакалавров: [углубленный курс] / А. Г. Сергеев, В. В. Терегеря. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Юрайт, 2013. - 838 с. : ил. - (Бакалавр. Углубленный курс), (библиотека МГТУ – 20 шт.)

2. Николаева, М. А. Стандартизация, метрология и подтверждение соответствия: учебник для вузов / М. А. Николаева, Л. В. Карташова. - Москва: Форум : Инфра-М, 2013. - 335 с. : ил. - (Высшее образование). - Библиогр.: с. 311-314. (библиотека МГТУ – 10 шт.)

### Дополнительная:

1. Лифиц, И. М. Стандартизация, метрология и подтверждение соответствия : учеб. для бакалавров : учеб. для студентов высш. учеб. заведений, обучающихся по экон. направлениям и специальностям / И. М. Лифиц; Рос. гос. торгово-экон. ун-т. - 11-е изд., перераб. и доп. - Москва : Юрайт, 2014. - 411 с. - (Бакалавр. Базовый курс). - Библиогр.: с. 409-411. (библиотека МГТУ – 3 шт.)

2. Лифиц, И. М. Стандартизация, метрология и сертификация : учебник для вузов / И. М. Лифиц. - 8-е изд., перераб. и доп. - Москва : Юрайт, 2009. - 412 с. : ил. - (Основы наук). - Библиогр.: с. 409-412 (библиотека МГТУ – 49 шт.)

3. Гугелев, А. В. Стандартизация, метрология и сертификация : учеб. пособие для вузов / А. В. Гугелев. - 2-е изд. (2011). - Москва : Дашков и К, 2011, 2009. - 270, [1] с. : ил. - Библиогр.: с. 270-271(библиотека МГТУ – 4 шт.).

4. Яблонский, О. П. Основы стандартизации, метрологии, сертификации : учебник для вузов / О. П. Яблонский, В. А. Иванова. - Изд. 2-е, доп. и перераб. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2010. - 475 с. : ил. - (Высшее образование). - Библиогр.: с. 465-470. (библиотека МГТУ – 3 шт.)

5. Крайнова В.Н., Гребнева Т.Н., Тесленко Е.В., Куликова Е.А. Метрология, стандартизация и сертификация: Практикум: Учебное пособие / Под ред. В.Н. Крайновой. – СПб. : Издательство «Лань», 2015. – 368 с. : ил. – (Учебники для вузов. Специальная литература). Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/61361>. — Загл. с экрана.

6. Пухаренко, Ю.В. Метрология, стандартизация и сертификация. Интернет-тестирование базовых знаний [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю.В. Пухаренко, В.А. Норин. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 308 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/91067>. — Загл. с экрана.