

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

Строительно-политехнический колледж

**МДК.04.01 Производство работ по
неразрушающему контролю, контролю качества
продукции и технологического процесса**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению практических работ на тему: «Контроль качества и испытание изделий машиностроительного производства» для студентов специальности 27.02.07 «Управление качеством продукции, процессов и услуг (по отраслям)» всех форм обучения

Воронеж 2021

УДК 658.56(07)

ББК К 651

Составитель А. В. Иванова

Производство работ по неразрушающему контролю, контролю качества продукции и технологического процесса: методические указания к выполнению практических работ для студентов специальности 27.02.07 «Управление качеством продукции, процессов и услуг (по отраслям)» всех форм обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: М. С. Веденева. – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2021. – 19 с.

Методические указания содержат теоретический материал, необходимый для выполнения практических работ по дисциплине «Производство работ по неразрушающему контролю, контролю качества продукции и технологического процесса». Разработано на основе требований ФГОС СПО с опорой на научные принципы формирования содержания образования.

Предназначены для студентов, обучающихся по специальности 27.02.07 «Управление качеством продукции, процессов и услуг (по отраслям)».

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле МУ_ПР_ПРрНКККПиТП_9.

УДК 658.56(07)

ББК К 651

Рецензент – И. В. Поцбнева, канд. техн. наук, доц. кафедры систем управления и информационных технологий в строительстве Воронежского государственного технического университета

*Издается по решению редакционно-издательского совета
Воронежского государственного технического университета*

Практическая работа «Контроль качества и испытание изделий машиностроительного производства»

1 Цель практической работы

Целью практической работы является изучение механических характеристик качества металлопродукции машиностроения, нормативных документов на эти характеристики, на методы их контроля, разработка метода контроля и оценка его результатов.

2 Основные теоретические положения

2.1 Общие положения

Широкое применение металлов в различных отраслях промышленности объясняется их высокими механическими свойствами, т.е. свойствами, которые материал проявляет при действии на него внешних сил со стороны других тел. Действие внешней силы вызывает деформацию твердого тела, и в нем возникают напряжения. Напряжение является удельной величиной и определяется как отношение силы, действующей на тело, к площади его сечения:

$$\sigma = \frac{P}{F}, [\text{МПа}] \quad (1)$$

где σ – нормальное (действующее перпендикулярно сечению детали) напряжение в МПа;

P – усилие приложенное к расчетному элементу (рисунок 1) в Н;

F – площадь поперечного сечения элемента в мм^2 (рисунок 1).

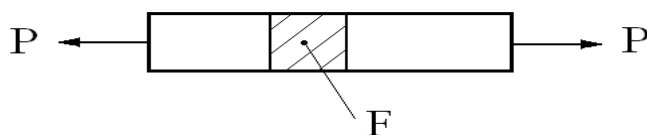


Рисунок 1 – Элемент конструкции, нагруженный растягивающей нагрузкой

При проектировании изделий машиностроения производят расчеты на прочность ее элементов с целью обеспечить надежность и

безопасность продукции при эксплуатации в пределах заданного (расчетного) ресурса. Для обоснования принятых решений и выполнения расчетов при этом используют нужные характеристики механических свойств металла, получаемых при испытании образцов на растяжение.

Среди основных характеристик механических свойств металлов получаемых при этом следует назвать следующие.

Прочностные характеристики:

- σ_T [МПа] – предел текучести, характеризующий сопротивляемость металла переходу в упруго пластическое состояние и появление пластической (необратимой) деформации;

- σ_B [МПа] – предел прочности (временное сопротивление), характеризующий сопротивляемость металла разрушению;

Характеристики пластичности:

- δ [%] – относительное удлинение;

- ψ [%] – относительное сужение, характеризующие пластичность металла.

Предел текучести σ_T и предел прочности σ_B применяют при проектировании в качестве количественных характеристик следующим образом. При подборе размеров сечений элементов конструкции исходят из основного требования, согласно которому расчетные напряжения в самом нагруженном сечении не должны превысить допустимое значение:

$$\sigma_{расч} = P / F \leq [\sigma], \text{ [МПа]} \quad (2)$$

где $\sigma_{расч}$ – расчетная величина нормального напряжения (удельная нагрузка) в МПа;

$[\sigma]$ – величина допускаемого напряжения в МПа.

Оценку величины допускаемых напряжений производят по формуле:

$$[\sigma] = \frac{\text{опасное напряжение}}{\text{коэффициент запаса прочности}}, \quad (3)$$

где в качестве опасного напряжения принимают прочностные механические характеристики металла, определяемые при стандартных испытаниях: предел текучести σ_T и предел прочности σ_B .

Коэффициент запаса прочности вводят, принимая во внимание тот факт, что на этапе проектирования не все факторы об объекте проектирования достоверно известны (условия эксплуатации, свойства металла и т.п.).

В качестве примера можно привести формулу для определения допускаемого напряжения при расчетах сосудов по ГОСТ Р 52857.6-2007 «Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет цилиндрических и конических обечаек, выпуклых и плоских днищ и крышек»:

$$[\sigma] = \min \left(\frac{\sigma_T}{1,5}, \frac{\sigma_B}{2,4} \right). \quad (4)$$

Относительное удлинение δ используют при проектировании в большей степени как качественную сравнительную характеристику, сравнивая ее с нормативным предельным значением при выборе металла или технологии его обработки.

Относительное сужение ψ используют в ряде нормативных методик расчета, например, в ОСТ 26-04-2586-86 «Техника криогенная и криогенно-вакуумная. Сосуды и камеры. Нормы и методы расчета на прочность, устойчивость и долговечность сварных конструкций» как численную характеристику при расчете технических устройств на усталостную прочность.

2.2 Методика испытания

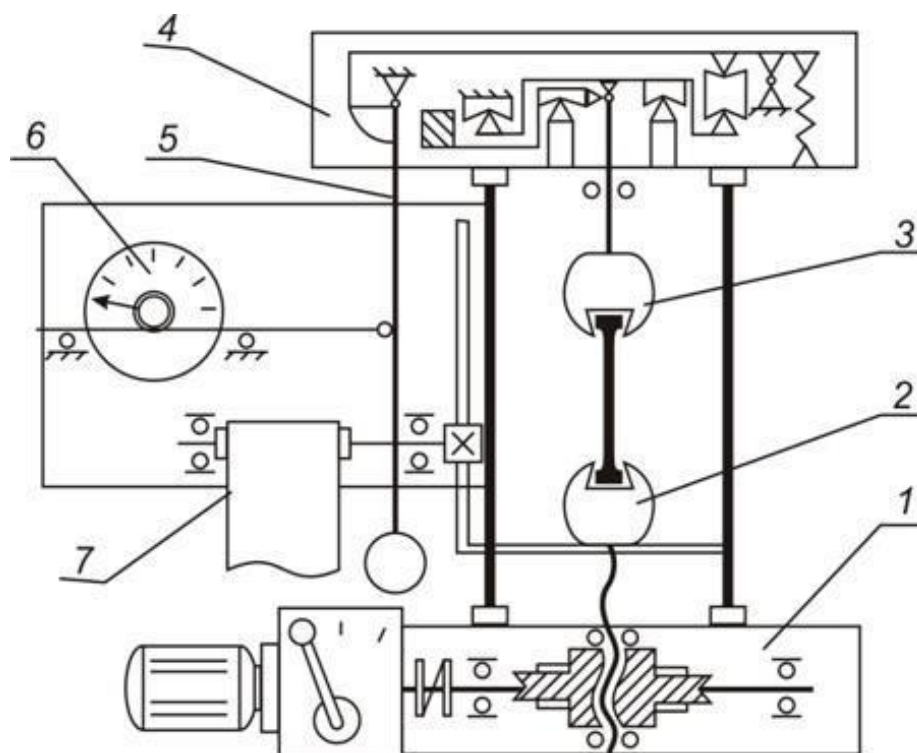
Испытание проводят на установке (рисунок 2), позволяющей нагружать образец растягивающей нагрузкой вплоть до разрушения с одновременной фиксацией усилия и деформации образца, а также записью диаграммы растяжения.

В процессе испытания образца на растяжение записывается диаграмма в координатах: нагрузка – деформация удлинения (рисунок 3). Для целей анализа диаграммы и нахождения по ней характеристик механических свойств усилия пересчитываются в напряжения, согласно выражению (1), а удлинение – в величину относительной деформации:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{l - l_0}{l_0}, \quad (5)$$

где l_0 – начальная расчетная длина образца;

l – текущая длина образца.



1 – механический привод, 2 – подвижный захват, 3 – неподвижный захват, 4 – рычажно-маятниковый силоизмеритель, 5 – маятник, 6 – указатель усилий, 7 – диаграммный аппарат.

Рисунок 2 – Схема испытательной машины УММ-5

При нагружении образца даже незначительное усилие вызывает упругую деформацию, которая в чистом виде наблюдается только при нагрузках до точки С. Упругая деформация характеризуется прямо пропорциональной зависимостью от нагрузки и упругим изменениям межатомных расстояний (прямая линия на диаграмме). При нагрузках выше точки С в отдельных зернах металла, ориентированных наиболее благоприятно относительно направления деформации, начинается пластическая (необратимая) деформация. Дальнейшее увеличение нагрузки вызывает и увеличение упругой, и пластической деформации (участок СВ). При дальнейшем нагружении за точкой В возрастание упругой деформации прекращается. Начинается процесс разрушения, который завершается в точке D. Характерные точки на полученной диаграмме позволяет определить характеристики механических свойств исследуемого металла.

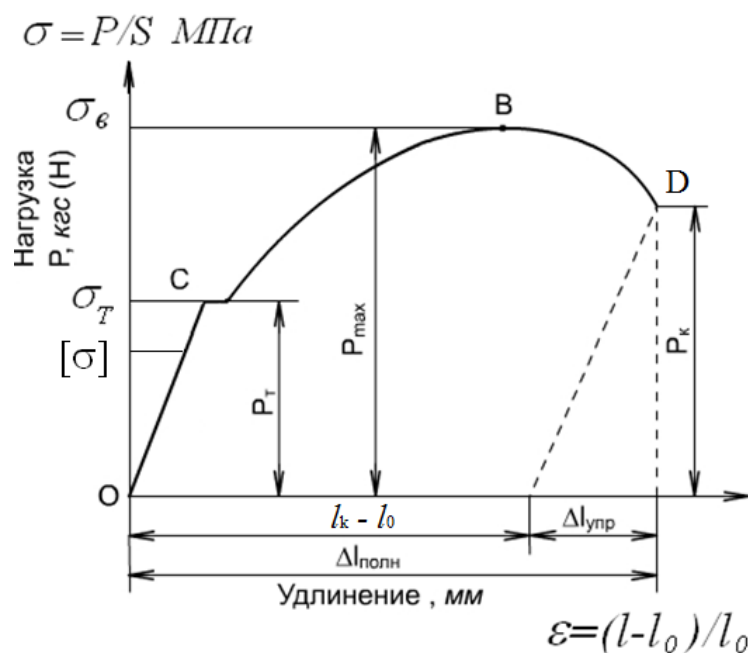


Рисунок 3 – Диаграмма растяжения образца

Так точка С является характерной точкой на диаграмме по напряжениям. При меньших напряжениях образец деформируется упруго и после снятия нагрузки возвращается к исходному размеру l_0 . При больших напряжениях в образце развиваются упруго-пластические деформации и после снятия нагрузки он не восстанавливает свой исходный размер l_0 и становится длиннее на величину имевшей место пластической деформации $\varepsilon_{пл}$. Таким образом уровень приложенного напряжения в точке С является характерным для исследуемого металла, определяет его сопротивляемость пластическим деформациям и называется пределом текучести σ_T :

$$\sigma_T = \frac{P_T}{F_0}, \quad (6)$$

где P_T – нагрузка в точке С;

F_0 – начальная площадь поперечного сечения образца.

Если на диаграмме нет площадки текучести, то определяют условный предел текучести $\sigma_{0,2}$ – это напряжение, при котором остаточное удлинение достигает 0,2% длины участка образца на его рабочей части, удлинение которой принимается в расчет при определении указанной характеристики (рисунок 4).

Точка В на диаграмме соответствует максимальной величине нагрузки (напряжению), после достижения которой начинается процесс разрушения (рисунок 3). Напряжение, соответствующее этой точке называют временным сопротивлением или пределом прочности и обозначают σ_B :

$$\sigma_B = \frac{P_B}{F_0} \quad (7)$$

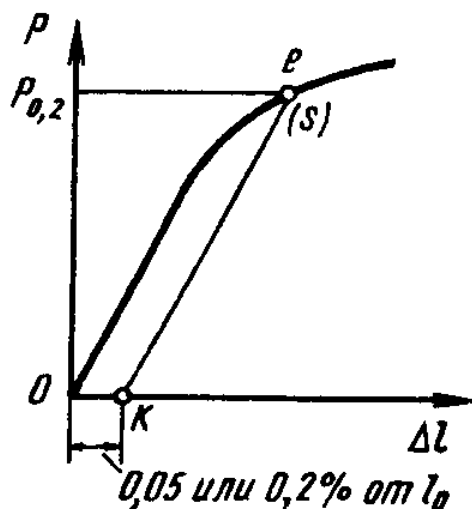


Рисунок 4 – Определение условного предела текучести

Относительное удлинение после разрыва δ – это отношение приращения длины образца ($l_K - l_0$) после разрушения (рисунок 3) к начальной расчетной длине l_0 , выраженное в процентах:

$$\delta = \frac{l_K - l_0}{l_0} \cdot 100\% \quad (8)$$

где l_K – конечная расчетная длина образца после разрыва.

Относительное сужение после разрыва ψ вычисляют по формуле:

$$\psi = \frac{F_K - F_0}{l_0} \cdot 100\% \quad (9)$$

где F_K – минимальная площадь поперечного сечения образца в зоне разрушения;

F_0 – начальная площадь поперечного сечения образца.

2.3 Нормативные документы на характеристики механических свойств металлопродукции

Как сказано выше характеристики механических свойств металла, полученные при испытании на растяжение, используются при проектировании металлопродукции с целью обеспечить надежность и безопасность продукции при ее эксплуатации. Для этого каждая марка металла, выпускаемого металлургической промышленностью идентифицируется нормативными показателями характеристик, которыми она обязана удовлетворять. Эти нормативные характеристики являются составной частью технических требований к соответствующей марке металла и записываются в соответствующих нормативных документах: ГОСТах, ОСТах, ТУ и т.п. Назовем несколько ГОСТов на распространенные виды металлопродукции:

- ГОСТ 5781-82. Сталь горячекатаная для армирования железобетонных конструкций. Технические условия;

- ГОСТ 19281-89. Прокат из стали повышенной прочности. Общие технические условия;

- ГОСТ 4543-71 Прокат из легированной конструкционной стали. Технические условия;

- ГОСТ 535-2005. Прокат сортовой и фасонный из стали углеродистой обыкновенного качества. Общие технические условия;

- ГОСТ 9045-93. Прокат тонколистой холоднокатаный из низкоуглеродистой стали для холодной штамповки. Технические требования;

- ГОСТ 14637-89. Прокат толстолистовой из углеродистой стали обыкновенного качества. Технические условия.

2.4 Нормативные документы на методы испытания

Методы испытаний на растяжение стандартизированы. Имеются национальные и международные стандарты на испытания при комнатной, повышенной и пониженной температурах. В них сформулированы определения характеристик, оцениваемых при испытании, даны типовые формы и размеры образцов, основные требования к испытательному оборудованию, методика проведения испытания и подсчета результатов. Перечислим некоторые из этих стандартов:

- ГОСТ 12004-81 Сталь арматурная. Методы испытания на растяжение;

- ГОСТ 1497-84 (ИСО 6892-84) Металлы. Методы испытаний на растяжение;

- ГОСТ 9651-84 (ИСО 753-89). Методы испытаний на растяжение при повышенных температурах;

- ГОСТ 11150 – 84 Методы испытаний на растяжение при пониженных температурах;

- ISO 68921 Metallic materials. Tensile testing. Part 1: Method of test at room temperature (Металлы. Испытания на растяжение. Часть 1. Метод проведения испытаний при комнатных температурах);

- ASTM E8/E8M-11 Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials (Стандартные методы испытаний металлических материалов на растяжение);

- 10002-1: 2001 Tensile testing of metallic materials. Method of test at ambient temperature (Испытание металлов на растяжение. Методы проведения испытаний при комнатной температуре).

- ISO 68922 Metallic materials. Tensile testing. Part 2: Method of test at elevated temperature (Металлы. Испытания на растяжение. Часть 2. Методы проведения испытаний при повышенных температурах);

- ASTM E21 — 09 Standard Test Methods for Elevated Temperature Tension Tests of Metallic Materials (Стандартные методы испытания на растяжение металлов при повышенной температуре);

- EN 100025 Tensile testing of metallic materials. Method of test at elevated temperatures (Испытания металлов на растяжение. Методика проведения испытаний при повышенных температурах);

- ISO 15579:2000 Metallic materials — Tensile testing at low temperature (Металлы. Методы испытания на растяжение при пониженных температурах);

- ASTM A 370 Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products (Стандартные методы испытаний и определения механических характеристик стальных изделий).

Наиболее востребованным испытанием в отечественной промышленности при производстве и эксплуатации металлопродукции является испытание на растяжение при нормальной температуре по ГОСТ 1497-84.

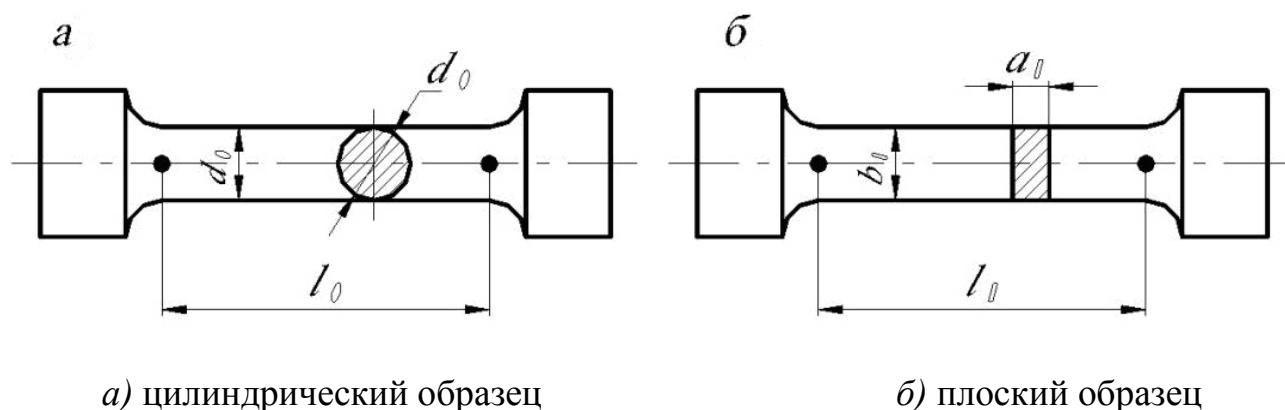
Этот стандарт устанавливает методы статических испытаний на растяжение черных и цветных металлов и изделий из них номинальным диаметром или наименьшим размером в поперечном сечении 3,0 мм и более для определения при температуре 20_{-10}^{+15} °С следующих характеристик механических свойств:

- предела пропорциональности;
- модуля упругости;
- предела текучести физического;
- предела текучести условного;
- временного сопротивления
- относительного равномерного удлинения;
- относительного удлинения после разрыва;
- относительного сужения поперечного сечения после разрыва.

В стандарте рассматриваются следующие положения, относящиеся к методике испытания:

- методы отбора образцов.
- аппаратура.
- подготовка к испытанию.
- проведение испытания.
- обработка результатов.

Стандарт предусматривает использование цилиндрических (7 типов) и плоских (2 типа) образцов (рисунок 5).



а) цилиндрический образец

б) плоский образец

Рисунок 5 – Образцы для испытания на растяжение

В стандарте указаны требования к технологии вырезки образцов, их изготовлению на металлорежущих станках, требования к геометрии, размерам и отклонению от размеров, состоянию поверхности, требования к порядку и объему необходимых измерений до начала испытания.

Разрывные и универсальные испытательные машины должны, согласно ГОСТ 1497-84, соответствовать требованиям ГОСТ 28840, штангенциркули – требованиям ГОСТ 166, микрометры – требованиям ГОСТ 6507.

В процессе нагружения образца производятся измерения и запись приложенной нагрузки и удлинения образца, которые затем служат для определения механических характеристик. В стандарте описаны правила и требования к определению механических характеристик для металлов с различными типами диаграмм.

3 План практической работы

1 Изучить ГОСТ 1497-84 (ИСО 6892-84) «Металлы. Методы испытаний на растяжение». Изучение указанной документации осуществляется студентами самостоятельно при подготовке к выполнению практической работы.

2 Подготовить сообщение по вопросам, представленным в индивидуальном задании.

3 Оформите отчет о работе на практическом занятии. Отчет должен содержать:

- тему и цель практического занятия;
- краткий конспект ответа на вопросы индивидуального задания;
- выводы. В выводах должны быть обобщены результаты всей проделанной работы.

4 Индивидуальные задания для практической работы

1) Какие металлы, и изделия из них, и при каких условиях могут быть подвергнуты испытанию по данному стандарту?

2) Какие характеристики механических свойств определяются по данному стандарту?

3) Каковы особенности вырезки заготовок для изготовления образцов и с чем они связаны.

4) Каковы особенности изготовления образцов на металлорежущих станках и с чем они связаны?

5) Каковы требования стандарта к шероховатости поверхности образцов?

6) Какое количество образцов должно быть испытано по ГОСТ 1497-84?

7) Какие типы образцов применяют при испытании по ГОСТ 1497-84?

- 8) Какие предельные отклонения, и по каким размерам установлены стандартом?
- 9) Какая аппаратура используется при испытании на растяжение?
- 10) Какие размеры образцов измеряются до испытания, и каковы особенности этих измерений?
- 11) Что такое предел текучести физический σ_T ?
- 12) Как определяют предел текучести физический σ_T при испытании по диаграмме?
- 13) Что такое условный предел текучести с допуском на величину пластической деформации при нагружении $\sigma_{0,2}$?
- 14) Как определяют условный предел текучести с допуском на величину пластической деформации при нагружении $\sigma_{0,2}$ по диаграмме?
- 15) Что такое временное сопротивление?
- 16) Как определяют временное сопротивление по диаграмме?
- 17) Что такое конечная расчетная длина l_k и как ее находят?
- 18) Что такое относительное удлинение образца после разрыва δ в процентах?
- 19) Как определяют относительное удлинение образца δ ?
- 20) Что такое относительное сужение образца ψ и как его определяют?

5 Задание для самостоятельной работы

- 1 Ознакомьтесь с методическими указаниями к практической работе.
- 2 Повторите материал, изученный на лекционном занятии.
- 3 Изучите ГОСТ 1497-84 (ИСО 6892-84) «Металлы. Методы испытаний на растяжение».
- 4 Подготовьте ответы на вопросы, приведенные в индивидуальном задании.

Библиографический список

1 Зекунов, А. Г. Управление качеством : учебник и практикум для СПО / А. Г. Зекунов ; под ред. А. Г. Зекунова. – Москва : Юрайт, 2018. – 475 с. – ISBN 978-5-9916-6222-2. – URL: <https://www.biblioonline.ru/bcode/425374> (дата обращения: 05.03.2019).

2 Зацепин, А. Ф. Методы и средства измерений и контроля: дефектоскопы : учеб. пособие для СПО / А. Ф. Зацепин, Д. Ю. Бирюков ; под науч. ред. В. Н. Костина. – Москва : Юрайт, 2019. – 120 с. – ISBN 978-5-534-10324-3. – URL: <https://www.biblio-online.ru/bcode/442520> (дата обращения: 05.03.2019).

3 Лифиц, И. М. Стандартизация, метрология и подтверждение соответствия : учебник и практикум для СПО / И. М. Лифиц. – 13-е изд., перераб. и доп. – Москва : Юрайт, 2019. – 362 с. – ISBN 978-5-534-08670-6. – URL: <https://www.biblio-online.ru/bcode/426016> (дата обращения: 05.03.2019).

4 Райкова, Е. Ю. Стандартизация, метрология, подтверждение соответствия : учебник для СПО / Е. Ю. Райкова. – Москва : Юрайт, 2019. – 349 с. – ISBN 978-5-534-08778-9. – URL: <https://www.biblioonline.ru/bcode/426465> (дата обращения: 05.03.2019).

5 Сергеев, А. Г. Стандартизация и сертификация : учебник и практикум для среднего профессионального образования / А. Г. Сергеев, В. В. Терегеря. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 323 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-04315-0. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://www.biblio-online.ru/bcode/433666> (дата обращения: 24.10.2019).

6 Управление качеством. Практикум : учеб. пособие для СПО / Е. А. Горбашко [и др.] ; под ред. Е. А. Горбашко. – 2-е изд., испр. – Москва : Издательство Юрайт, 2019. – 323 с. – ISBN 978-5-534-11511-6. – URL: <https://www.biblio-online.ru/bcode/445450> (дата обращения: 11.03.2019).

Информационно-справочные системы

1 Техэксперт : информационно-справочная система / ООО «Группа компаний «Кодекс». – Кемерово, [200 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.

2 КонсультантПлюс : справочно-правовая система / ООО «Информационный центр АНВИК». – Новокузнецк, [199 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть библиотеки Сиб. гос. индустр. ун-та.

3 Система ГАРАНТ : электронный периодический справочник / ООО «Правовой центр «Гарант». – Кемерово, [200 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.