

Митрофанова С.А.

Муравьева И.В.

**МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ПРОИЗВОДСТВА
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ
ПРОДУКЦИИ**

УЧЕБНИК

№ 4391 МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИСиС»

ИНСТИТУТ ЭКОТЕХНОЛОГИЙ И ИНЖИНИРИНГА
Кафедра сертификации и аналитического контроля

С.А. Митрофанова
И.В. Муравьева

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ

Электронный учебник

Допущено Федеральным Учебно-методическим объединением по укрупненной группе специальностей и направлений 22.00.00 «Технологии материалов» в качестве учебного пособия при подготовке бакалавров и магистров, обучающихся по направлениям 22.03.02 и 22.04.02 «Металлургия» соответственно



Москва 2022

УДК 669
М67

Рецензенты:

д-р хим. наук, проф. А.Г. Ракоц; канд. техн. наук, зам. зав. кафедрой
А.Н. Паньков (ФГАОУ ДПО «Академия стандартизации, метрологии
и сертификации (учебная)»)

Митрофанова, Светлана Анатольевна.

М67 Метрологическое обеспечение производства металлургической продукции : электронный учебник / С.А. Митрофанова, И.В. Муравьева. – Москва : Издательский Дом НИТУ «МИСиС», 2022. – 149 с.

ISBN 978-5-907227-99-6

Электронный учебник содержит обзор основных нормативно-правовых актов, документов по стандартизации в области обеспечения единства измерений в металлургическом производстве, описание элементов и процессов системы метрологического обеспечения измерений, контроля, испытаний металлопродукции, материалы для проведения практических занятий, вопросы и задания для самоконтроля, список используемых источников, приложения.

Текстовая часть учебника сопровождается многочисленными перекрестными ссылками, позволяющими сократить время поиска необходимой информации: переходить к определенным разделам учебника, открывать копии различных документов, проверять правильность выполнения контрольных заданий и т.д.

Электронный учебник работает на ПК, ноутбуках и планшетных компьютерах под управлением операционных систем *Windows XP* и выше, *Android 4.4* и выше, *iOS 7* и выше. Для первоначальной установки учебника необходимо наличие подключения к сети Интернет. Диагональ экрана устройства от 10.1" (1280×800 точек) и больше. Наличие свободной памяти на устройстве – от 2 Гб, а также наличие программы на устройстве, читающей *PDF*-файлы (*Acrobat reader*, *PDF reader*, *Driver PDF Viewer* и т.п.).

Учебник соответствует программам учебных курсов: «Метрологическое обеспечение производства металлургической продукции», «Метрологическое обеспечение испытаний», «Метрология, стандартизация и методы контроля и анализа веществ», «Метрология и метрологическое обеспечение производства», «Методы улучшения процессов проектирования, разработки и производства продукции».

Электронный учебник предназначен для студентов бакалавриата и магистратуры, обучающихся по направлениям 27.03.01 и 27.04.01 «Стандартизация и метрология», 22.03.02 и 22.04.02 «Металлургия», 27.04.02 «Управление качеством».

УДК 669

© Митрофанова С.А.,
Муравьева И.В. 2022

ISBN 978-5-907227-99-6

© НИТУ «МИСиС», 2022

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
1 Нормативно-правовые основы обеспечения единства измерений и метрологической деятельности в металлургическом производстве	9
1.1 Взаимосвязь основных понятий в области метрологического обеспечения металлургического производства	9
1.2 Метрологическое обеспечение металлургического производства в рамках функционирования Государственной системы обеспечения единства измерений	13
1.3 Взаимосвязь между нормативными правовыми актами в области технического регулирования и обеспечения единства измерений применительно к металлургическому производству	22
1.4 Нормативные правовые акты Евразийского экономического союза в части технического регулирования и согласованной политики в области обеспечения единства измерений	25
1.5 Нормативные правовые акты Российской Федерации в области метрологического обеспечения и единства измерений	43
1.6 Документы по стандартизации и нормативно-методические документы Государственной системы обеспечения единства измерений для металлургического производства	50
Практическая работа № 1 Сравнительный анализ основных терминов и определений в области обеспечения единства измерений.....	59
Контрольные вопросы	61
2 Система метрологического обеспечения измерений, контроля, испытаний: элементы и процессы	62
2.1 Элементы метрологического обеспечения металлургического производства	62

2.2 Процессы метрологического обеспечения металлургического производства	68
Практическая работа № 2 Разработка метрологического обеспечения металлопродукции из стали и сплавов.....	81
Контрольные вопросы	91
Практическая работа № 3 Оценка результатов химического анализа на соответствие нормативным требованиям.....	93
Контрольные вопросы	109
Вопросы и задания	110
Заключение	114
Список использованных источников.....	116
Приложение А Сравнительный анализ основных терминов в области обеспечения единства измерений	122
Приложение Б Описание типа средств измерений. Штангенциркули ШЦ-I, ШЦ-II, ШЦ-III.....	127
Приложение В Описание типа средств измерений. Микрометры МК, МК Ц, МЛ, МЛ Ц, МТ, МТ Ц, МЗ, МЗ Ц, МГ, МГ Ц, МП, МП Ц	131
Приложение Г Описание типа средств измерений. Рулетки измерительные металлические	141
Приложение Д Описание типа средств измерений. Линейки измерительные металлические	146

ВВЕДЕНИЕ

Металлургическая промышленность является одной из ведущих отраслей российской экономики. Ее продукция служит основой развития машиностроения, строительства, а также находит широкое применение во всех отраслях народного хозяйства.

Вклад металлургии в валовой внутренний продукт (ВВП) России составляет 2,5 %, в добавленную стоимость обрабатывающей промышленности – 17,4 %, в экспорт – 10,0 %, в экспорт обрабатывающей промышленности – 29,2 %, в занятость – 2,6 %. На металлургических предприятиях занято более 900 тыс. человек, более чем в 55 городах металлургические предприятия являются градообразующими. Отрасль оказывает значительный мультипликативный эффект на смежные отрасли: один человек, занятый в металлургии, обеспечивает занятость до 7 человек в смежных отраслях экономики. Черная металлургия использует более 5 % электроэнергии, более 8 % природного газа от общего внутреннего потребления в России, ее доля в грузовых железнодорожных перевозках составляет более 15 %.

Система производств черных металлов охватывает весь процесс – от добычи и подготовки сырья, топлива, вспомогательных материалов до выпуска проката с изделиями дальнейшего передела. Собственно, металлургическим циклом может быть следующая последовательность производств (переделов):

- производство чугуна (первый передел);
- производство стали, включая непрерывную разливку (второй передел);
- производство проката (третий передел).

Существует несколько разновидностей предприятий черной металлургии:

- металлургические предприятия полного цикла (предприятия, производящие чугун, сталь и прокат, например Магнитогорский металлургический комбинат, Челябинский металлургический комбинат);

- предприятия «передельной» металлургии – предприятия без выплавки чугуна, а иногда и стали (например, Синар-

ский трубный завод не имеет собственного производства стали и изготавливает трубы из покупной заготовки);

- предприятия «малой» металлургии (машиностроительные заводы, осуществляющие выпуск стали и проката).

Конечной продукцией предприятий третьего (дальнейшего после получения чугуна и стали) передела являются изделия разнообразной формы из стали и сплавов, полученные с применением процессов обработки металлов давлением (ОМД), основными из которых являются следующие:

прокатка – самый высокопроизводительный процесс ОМД, заключающийся в деформации металла в пространстве между вращающимися валками. Процесс нашел применение при изготовлении практически всех видов металлопродукции из стали и сплавов;

прессование металла заключается в выдавливании металла из полости контейнера через отверстие матрицы, установленной на его торце. Применяется при изготовлении горячедеформированных труб и фасонных профилей;

волочение – процесс, заключающийся в деформации металла (преимущественно холодной) через отверстие в рабочем инструменте (волоке) путем приложения тянущего усилия. Используется при изготовлении труб и проволоки;

ковка – формоизменение металла, преимущественно в горячем состоянии, осуществляемое бойками ковочной машины (молота, пресса и т.п.) с приложением ударной нагрузки. В черной металлургии применяется преимущественно для деформации слитков с получением заготовки разнообразного назначения, например для последующей горячей прокатки сортового металла или изготовления горячедеформированных труб;

штамповка предусматривает формоизменение металла путем его деформации между профилированными поверхностями штампов. Процесс применяется в машиностроении, а его разновидность – формовка листа используется при изготовлении сварных труб.

Поскольку прокатка является процессом, получившим наиболее массовое применение при производстве изделий дальнейшего передела черных металлов, часто всю продукцию тре-

тьего металлургического передела называют прокатом. Отдельно выделяют изделия в виде труб и метизную продукцию.

Сортамент металлопродукции настолько разнообразен, что, как правило, выделяют его укрупненные группы, классифицируемые по форме изделия:

- сортовой металл простой геометрической формы (сталь круглая, полосовая, квадратная, шестигранная и др.), который в зависимости от размеров сечения делят на заготовку, крупносортовый, среднесортный, мелкосортный прокат и катанку (горячекатаную проволоку);

- прокат фасонного сечения, который, в свою очередь, может быть *общего* (швеллер, двутавровый, зетовый, угловые профили и др.) и *специального* назначения (рельсы, арматурные профили, полособульбовые, шпунтовые и др.);

- прокат толстолистовой горячекатаный (толщиной более 4 мм);

- прокат тонколистовой (толщиной менее 4 мм) горячекатаный и холоднокатаный, в том числе с покрытием;

- трубы бесшовные горяче- и холоднодеформированные;

- трубы сварные (прямошовные, спиральношовные) различного диаметра;

- специальные виды проката (периодические рессорные профили, гнутые профили, шары, валы, колеса, бандажи и др.);

- проволока различного назначения, получаемая преимущественно волочением.

Требования к продукции и процессам металлургического производства стандартизованы на международном, региональном, национальном уровнях, а также в рамках отдельного предприятия (организации). При осуществлении оценки соответствия продукции и процессов металлургического производства техническим требованиям необходимо использовать достоверную измерительную информацию о значениях технических параметров. С целью получения измерительной информации с заданными свойствами осуществляют разработку и поддержание эффективного функционирования метрологического обеспечения измерений, испытаний и контроля в металлургическом производстве. В настоящее время планирование и организация работ по метрологическому обеспечению измерений,

испытаний и контроля в металлургическом производстве осуществляются в соответствии с законодательством в области обеспечения единства измерений. Основные положения метрологического обеспечения измерений, испытаний и контроля применительно к различным областям деятельности установлены в [ГОСТ Р 8.820–2013 «Государственная система обеспечения единства измерений \(ГСИ\). Метрологическое обеспечение. Основные положения»](#). В соответствии с [ГОСТ Р 8.820–2013](#) метрологическое обеспечение измерений, испытаний и контроля объекта представляет собой совокупность взаимосвязанных элементов (средства измерений, стандартные образцы, эталоны, поверочные и калибровочные установки и др.) и процессов (проектирование и подтверждение пригодности элементов метрологического обеспечения) и основано на системном подходе к измерениям, испытаниям и контролю.

Однако отсутствует системный (стандартизованный) подход к метрологическому обеспечению в металлургическом производстве ввиду отсутствия или неоднозначно сформулированных требований к элементам и процессам метрологического обеспечения, а также необходимы разъяснения особенности применения законодательных основ при осуществлении метрологической деятельности различными участниками металлургической отрасли, касающиеся разработки и метрологической экспертизы методик подтверждения пригодности испытательного оборудования и средств измерительной техники, схемы прослеживаемости при передаче единицы величины от эталона к средствам измерений.

1 Нормативно-правовые основы обеспечения единства измерений и метрологической деятельности в металлургическом производстве

1.1 Взаимосвязь основных понятий в области метрологического обеспечения металлургического производства

Принятие решений о соответствии продукции и процессов металлургического производства требованиям технических регламентов, документов по стандартизации основано на использовании измерительной информации о численных значениях измеряемого технического параметра (величины). Важным свойством измерительной информации является достоверность – свойство измерительной информации быть правильно воспринятой и однозначно интерпретированной для принятия управляющих решений.

Источником измерительной информации являются измерения. В соответствии с [РМГ 29–2013 «Государственная система обеспечения единства измерений \(ГСИ\). Метрология. Основные термины и определения»](#) под *измерением* понимают процесс экспериментального получения одного или более значений величины, которые могут быть обоснованно приписаны величине.

На металлургическом производстве выполняют измерения следующих величин:

- температуры (металла, шлака, топлива, защитной атмосферы, дымовых газов, кладки, а также других сред и элементов рабочего пространства);
- геометрических величин (линейные размеры плоского проката, толщина и ширина полосы, диаметр проката круглого сечения и др.);
- электромагнитных величин (электрическая проводимость и магнитная проницаемость металлопродукции);
- массовой доли элементов в пробе;
- давления;

- времени и частоты;
- массы;
- объема, вместимости и др.

Измерение предусматривает описание величины в соответствии с предполагаемым использованием результата измерения, методику измерений и средство измерений, функционирующее в соответствии с регламентированной методикой измерений и с учетом условий измерений. *Результат измерения величины* – множество значений величины, приписываемых измеряемой величине вместе с любой другой доступной и существенной информацией согласно [РМГ 29–2013](#). В большинстве случаев информация относится к точности измерения и выражается показателями точности, в обоснованных случаях содержит указание методики измерений и др. Таким образом, результат измерения может быть представлен измеренным значением величины с указанием соответствующего показателя точности. В качестве показателей точности используют характеристики погрешности, показатели неопределенности, а также показатели точности (правильности и прецизионности).

В целях получения достоверных и сопоставимых результатов измерений технических параметров продукции и процессов металлургического производства (независимо от времени и места выполнения измерений) осуществляют комплекс мероприятий по обеспечению единства измерений. *Обеспечение единства измерений* – деятельность, направленная на установление и применение научных, правовых, организационных и технических основ, правил, норм и средств, необходимых для достижения состояния измерений, при котором их результаты выражены в узаконенных единицах величин или в значениях по установленным шкалам измерений, а показатели точности измерений не выходят за установленные границы согласно [ГОСТ Р 8.000–2015 «Государственная система обеспечения единства измерений \(ГСИ\). Основные положения»](#). Правовые основы обеспечения единства измерений в Российской Федерации установлены в Федеральном законе «Об обеспечении единства измерений».

Обеспечение единства измерений является главной задачей метрологического обеспечения измерений в производстве.

Под *метрологическим обеспечением производства* понимают систематизированный набор средств и методов, направленных на получение достоверной информации о показателях качества продукции и процессов металлургического производства, которая может быть использована для выработки решений по их приведению в целевое состояние.

Взаимосвязь основных понятий в области метрологического обеспечения и оценки соответствия в производстве показана на [рисунке 1.1](#).



Рисунок 1.1 – Взаимосвязь основных понятий в области метрологического обеспечения металлургического производства

С измерениями также тесно связаны понятия *контроля и испытаний* ([ГОСТ 16504](#)). Большинство измерений являются промежуточной операцией для контроля и испытаний. Их взаимосвязь отражена на [рисунке 1.2](#).



Рисунок 1.2 – Взаимосвязь понятий «измерение», «испытание» и «контроль»

Как правило, оценку соответствия объектов и процессов металлургического производства осуществляют на основании результатов испытаний и контроля. Например, оценка соответствия сортового проката из углеродистой стали марки Ст6пс категории 1 по [ГОСТ 535–2005 «Прокат сортовой и фасонный из стали углеродистой обыкновенного качества. Общие технические условия»](#) осуществляется на основании результатов испытаний по определению следующих показателей: «Временное сопротивление», «Предел текучести», «Относительное удлинение». Оценка соответствия технологических параметров вращающихся печей для обжига сырья (клинкера, глинозема, шихты и т.п.) требованиям технологической документации проводят по результатам контроля температуры сырья в печи.

1.2 Метрологическое обеспечение металлургического производства в рамках функционирования Государственной системы обеспечения единства измерений

Метрологическое обеспечение металлургического производства заключается в установлении и применении научных и организационных основ, технических средств, правил и норм, необходимых для достижения единства и требуемой точности измерений. Метрологическое обеспечение производства осуществляется в рамках функционирования Государственной системы обеспечения единства измерений (ГСИ), которая объединяет совокупность всех организационных элементов и видов деятельности, связанных с решением задач по обеспечению единства измерений и метрологическому обеспечению в Российской Федерации по [ГОСТ Р 8.000–2015](#).

Цель ГСИ состоит в создании правовых, нормативных, организационных, методических, технических и экономических условий для решения задач в области обеспечения единства измерений и метрологического обеспечения.

Основными задачами ГСИ являются:

- разработка оптимальных принципов управления деятельностью по обеспечению единства измерений и метрологическому обеспечению;
- установление системы единиц величин и шкал измерений, допускаемых к применению на территории Российской Федерации;
- организация и проведение фундаментальных научных исследований с целью создания более совершенных и точных методов и средств воспроизведения единиц величин;
- создание и обеспечение эффективного функционирования системы передачи единиц величин и шкал измерений, обеспечивающей метрологическую прослеживаемость результатов измерений к государственным первичным эталонам, включая задачи ее нормативно-методического обеспечения;
- создание экономически рациональной системы государственных эталонов, обеспечивающей функционирование системы передачи единиц величин на всей территории Российской Федерации;

Федерации и для всех заинтересованных организаций, вне зависимости от форм их собственности, а также для граждан;

- установление основных понятий метрологии, систематизация соответствующих им терминов и определений;

- создание и внедрение в практику работы метрологических служб эталонов единиц величин и иных технических средств, повышающих эффективность поверки и калибровки средств измерений, средств контроля, а также аттестацию испытательного оборудования;

- установление общих метрологических норм и правил, соблюдение которых является необходимым условием обеспечения единства измерений и обеспечения сопоставимости и совместимости результатов измерений, испытаний и контроля;

- установление требований к эталонам единиц величин, средствам измерений, методикам измерений, методикам поверки и калибровки средств измерений и средств контроля, аттестации испытательного оборудования и других требований, соблюдение которых гарантирует получение результатов измерений, испытаний и контроля с заданными показателями точности;

- разработка и экспертиза разделов метрологического обеспечения федеральных и иных государственных программ;

- осуществление в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений:

1) утверждения типа стандартных образцов или типа средств измерений,

2) поверки средств измерений,

3) метрологической экспертизы, содержащихся в проектах нормативных правовых актов Российской Федерации требований к измерениям, стандартным образцам и средствам измерений, а также стандартов, продукции, проектной, конструкторской, технологической документации и других объектов в порядке и случаях, предусмотренных законодательством Российской Федерации,

4) федерального государственного метрологического надзора за соответствием используемых единиц величин единицам величин, допущенным к применению в Российской Федерации; состоянием и применением