

Приложение III.ОП.03  
к программе СПО по специальности  
22.02.08 Metallургическое производство  
(по видам производства)

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ОП. 03 ТЕПЛОТЕХНИКА**

2025 г.

Рабочая программа учебной дисциплины разработана на основе Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по специальности 22.02.08 Metallургическое производство (по видам производства), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 25 сентября 2023 N 718.

Организация разработчик: ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России В.Н. Ельцина»

Нижнетагильский технологический институт (филиал)

Нижнетагильский машиностроительный техникум

Разработчик: Пронина Кристина Владимировна, преподаватель

Программа обсуждена и одобрена на заседании цикловой комиссии машиностроения и технологии материалов от 19.03.25 протокол № 2

Председатель ЦК



И.В. Семухина

Программа рассмотрена и одобрена на заседании Учебно-методического Совета НТИ (филиала) УрФУ

Протокол № 4

Председатель УМС  М.В. Миронова

« 13 » 04 2025 г.

Согласовано:

Начальник УО



О.Н. Дейнес

Методист



Е.Ю. Зарубина

## **СОДЕРЖАНИЕ**

|                                                                     | стр.      |
|---------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. ПАСПОРТ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ</b>                      | <b>3</b>  |
| <b>2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ</b>                 | <b>5</b>  |
| <b>3. УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ</b>           | <b>10</b> |
| <b>4. КОНТРОЛЬ И ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ</b> | <b>12</b> |

# 1. ПАСПОРТ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

## «Теплотехника»

### 1.1. Область применения программы

Программа учебной дисциплины является частью основной профессиональной образовательной программы по специальности СПО 22.02.08. Metallургическое производство (по видам производства).

Программа учебной дисциплины может быть использована в дополнительном профессиональном образовании.

**1.2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы:** учебная дисциплина является частью профессионального учебного цикла и относится к общепрофессиональным дисциплинам.

**1.3. Цели и задачи дисциплины – требования к результатам освоения дисциплины:**

В результате освоения дисциплины формируются элементы следующих общих компетенций обучающегося

ОК 1. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам.

ОК 2. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации, и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 4. Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде.

ОК 5. Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста.

ОК 7. Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, применять знания об изменении климата, принципы бережливого производства, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях.

ОК 9. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

ПК 2.1. Выполнять расчеты параметров технологического процесса, работы оборудования, характеристик шихтовых, формовочных материалов, готовой продукции (отливки) в литейном производстве черных и цветных металлов.

ПК 2.3. Вести технологический процесс плавки металла, изготовления литейной формы, производства отливок из черных и цветных металлов, в соответствии с требованиями технологических инструкций.

ПК 2.5. Осуществлять эксплуатацию и обслуживание плавильного, литейного технологического оборудования в производстве отливок из черных и цветных металлов.

ПК 2.6 Проводить проверку технического состояния плавильного, литейного технологического оборудования, контрольно-измерительных приборов и систем автоматического регулирования при изготовлении отливок в литейном производстве.

ЛР 6 Ориентированный на профессиональные достижения, деятельно выражающий познавательные интересы с учетом своих способностей, образовательного и профессионального маршрута, выбранной квалификации.

ЛР 13 Демонстрирующий умение эффективно взаимодействовать в команде, вести диалог, в том числе с использованием средств коммуникации.

ЛР 15 Демонстрирующий готовность и способность к образованию, в том числе самообразованию, на протяжении всей жизни; сознательное отношение к непрерывному образованию как условию успешной профессиональной и общественной деятельности.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен **уметь:**

- производить расчеты процессов горения и теплообмена в металлургических печах (нагревательных и плавильных);

В результате освоения дисциплины обучающийся должен **знать:**

-основные положения теплотехники и теплоэнергетики;

- назначение и свойства огнеупорных материалов;
- устройства и принципы действия металлургических печей;
- топливо металлургических печей и методику расчетов горения;
- закономерности процессов тепломассообмена в металлургических печах

**1.4. Рекомендуемое количество часов на освоение программы дисциплины:**

максимальной учебной нагрузки студента - 74 часов, в том числе:

обязательной аудиторной учебной нагрузки обучающегося - 60 часа;

курсовой проект - 20 часов.

самостоятельной работы обучающегося - 14 часов.

## **2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **2.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы**

| <b>Вид учебной работы</b>                               | <b>Объем часов</b> |
|---------------------------------------------------------|--------------------|
| <b>Максимальная учебная нагрузка (всего)</b>            | <b>74</b>          |
| <b>Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего)</b> | <b>60</b>          |
| в том числе:                                            |                    |
| практические занятия                                    | 10                 |
| курсовые проекты                                        | 20                 |
| <b>Самостоятельная работа студента (всего)</b>          | <b>14</b>          |
| Промежуточная аттестация в форме экзамен                | 6                  |

## 2.2. Тематический план и содержание учебной дисциплины «Теплотехника»

| Наименование разделов и тем                       | Содержание учебного материала, лабораторные и практические занятия, самостоятельная работа обучающихся                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Объем часов | Коды компетенций, формируемых в соответствии с программой          |
|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------------------------------------------------------------|
| <b>1</b>                                          | <b>2</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <b>3</b>    |                                                                    |
| <b>Раздел 1. Основы технической термодинамики</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <b>1</b>    |                                                                    |
|                                                   | <b>Содержание учебного материала.</b> Определения и понятия теплотехники и термодинамики. Процессы и законы термодинамики. Термодинамические процессы идеальных газов. Термодинамические циклы, эксэргия. Сжатие газа в компрессорах. Применение первого закона термодинамики для потока.                                                                                                   | <b>1</b>    | ОК 01, 02, 04, 05, 07, 09<br>ПК 2.1, 2.3, 2.5, 2.6<br>ЛР 6, 13, 15 |
| <b>Раздел 2. Основы механики печных газов</b>     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <b>5</b>    |                                                                    |
|                                                   | <b>Содержание учебного материала</b><br>Вязкость жидкостей и газов. Режимы движения потоков. Потери давления движущего потока. Расчет потерь давления. Струйное движение газов в печах.                                                                                                                                                                                                     | <b>1</b>    |                                                                    |
|                                                   | <b>Практическое занятие №1</b><br>1. Расчет потерь давления.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | <b>2</b>    | ОК 01, 02, 04, 05, 07, 09<br>ПК 2.1, 2.3, 2.5, 2.6<br>ЛР 6, 13, 15 |
|                                                   | <b>Самостоятельная работа студента:</b> выполнение отчета по практической работе.<br><b>Примерная тематика самостоятельной работы:</b><br>Вентиляторы. Дымовые трубы.                                                                                                                                                                                                                       | <b>2</b>    |                                                                    |
| <b>Раздел 3. Основы теплопередачи</b>             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <b>8</b>    |                                                                    |
| <b>Тема 3.1 Передача тепла теплопроводностью.</b> | <b>Содержание учебного материала</b> Основные понятия теплопередачи. Стационарный и нестационарный тепловой поток. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Передача тепла теплопроводностью. Уравнение теплопроводности при стационарном и нестационарном режимах. Передача тепла через одно- и многослойную стенку, через цилиндрические стенки при различных режимах теплового потока. | <b>1</b>    |                                                                    |
| <b>Тема 3.2 Передача тепла конвекцией</b>         | <b>Содержание учебного материала.</b> Сущность теплообмена конвекцией. Закон Ньютона-Рихтера. Свободная и вынужденная конвекция. Коэффициент теплопередачи конвекцией. Уравнение конвективного теплообмена.<br><b>Самостоятельная работа студента.</b><br><b>Примерная тематика самостоятельной работы:</b><br>Коррозия металлов и методы борьбы с коррозией.                               | <b>1</b>    | ОК 01, 02, 04, 05, 07, 09<br>ПК 2.1, 2.3, 2.5, 2.6<br>ЛР 6, 13, 15 |
|                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <b>2</b>    |                                                                    |

|                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |   |                                                                    |
|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|--------------------------------------------------------------------|
| Тема 3.3 Передача тепла излучением.                        | Содержание учебного материала.<br>Излучательная способность тела. Понятие об абсолютно черном, сером, белом и прозрачном телах. Закон Стефана-Больцмана. Теплообмен излучением между газом и твердым телом.                                                                                             | 1 | ОК 01, 02, 04, 05, 07, 09<br>ПК 2.1, 2.3, 2.5, 2.6<br>ЛР 6, 13, 15 |
|                                                            | Содержание учебного материала.<br>Теплообмен между газом, металлом и кладкой печи. Суммарный коэффициент теплопередачи.                                                                                                                                                                                 | 1 |                                                                    |
|                                                            | Самостоятельная работа студента:<br>Расчет теплопроводности через многослойную стенку<br>Примерная тематика самостоятельной работы                                                                                                                                                                      | 2 |                                                                    |
| Раздел 4. Нагрев металла в печах.                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 8 | ОК 01, 02, 04, 05, 07, 09<br>ПК 2.1, 2.3, 2.5, 2.6<br>ЛР 6, 13, 15 |
| Тема 4.1 Основы рациональной технологии нагрева металла.   | Содержание учебного материала:<br>Общие понятия о нагреве металла в печах. Температура и продолжительность нагрева металла. Равномерность нагрева металла. Перегрев и пережог металла. Термические напряжения. Режимы нагрева металла. Факторы, обеспечивающие рациональную технологию нагрева металла. | 1 |                                                                    |
|                                                            | Практическое занятие №2<br>Расчет нагрева и охлаждения металла.                                                                                                                                                                                                                                         | 2 |                                                                    |
|                                                            | Самостоятельная работа студента: Основы рациональной технологии нагрева металла.<br>Примерная тематика самостоятельной работы: Температурные режимы нагрева стальных изделий в печах.                                                                                                                   | 2 |                                                                    |
| Тема 4.2 Расчет нагрева металла.                           | Содержание учебного материала: Общая характеристика методов расчета нагрева металла. Термически тонкие и термически массивные тела. Режимы нагрева тонких и массивных тел. Экономическая оценка режимов нагрева.                                                                                        | 1 |                                                                    |
|                                                            | Самостоятельная работа:<br>Расчет продолжительности нагрева термически тонкого тела.<br>Расчет продолжительности нагрева термически массивного тела.<br>Примерная тематика самостоятельной работы:<br>Основы методов расчета нагрева металла.                                                           | 2 |                                                                    |
| Раздел 5. Топливо металлургических печей и расчеты горения |                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 5 | ОК 01, 02, 04, 05, 07, 09<br>ПК 2.1, 2.3, 2.5, 2.6<br>ЛР 6, 13, 15 |
| Тема 5.1 Виды топлива и его физико-химические свойства     | Содержание учебного материала Общие сведения о топливе, его классификация. Требования, предъявляемые к топливу. Твердое, и жидкое топливо. Свойства, состав, способы получения и область применения. Экономия топливно-энергетических ресурсов. Газообразное топливо. Состав, свойства,                 | 1 |                                                                    |

|                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |          |                                                                    |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|--------------------------------------------------------------------|
|                                                               | способы получения и область применения.                                                                                                                                                                                                                                                                           |          |                                                                    |
|                                                               | <b>Самостоятельная работа студента:</b> выполнение домашних заданий по разделу 5                                                                                                                                                                                                                                  | <b>1</b> |                                                                    |
|                                                               | <b>Примерная тематика самостоятельной работы:</b><br>Аналитический расчет горения топлива                                                                                                                                                                                                                         |          |                                                                    |
| Тема 5.2 Основы теории горения                                | <b>Содержание учебного материала.</b> Современное состояние теории горения. Пути интенсификации процесса горения. Основные показатели процесса горения. Основные показатели процесса. Понятие о тепловом напряжении. Теория горения Зельдовича, Семенова.                                                         | 1        |                                                                    |
| Тема 5.3. Расчет горения топлива                              | <b>Содержание учебного материала.</b> Полное и не полное горение топлива. Коэффициент расхода воздуха. Способы определения расхода воздуха, состава и количества продуктов горения топлива. Материальный баланс горения топлива. Основы расчета горения газообразного топлива и составления материального баланса | 1        |                                                                    |
|                                                               | <b>Самостоятельная работа студента:</b><br>Расчет горения топлива                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>1</b> |                                                                    |
| Раздел 6. Материалы для сооружения печей.                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>6</b> |                                                                    |
| Тема 6.1 Физико-химические и рабочие свойства                 | <b>Содержание учебного материала</b> Основные понятия о огнеупорах. Требования, предъявляемые к огнеупорным материалам, их физико-химические и рабочие свойства.                                                                                                                                                  | 2        |                                                                    |
|                                                               | <b>Самостоятельная работа студента:</b> выполнение домашних заданий по разделу 6.                                                                                                                                                                                                                                 | <b>1</b> |                                                                    |
|                                                               | <b>Примерная тематика самостоятельной работы:</b> Теплоизоляционные изделия и материалы. Строительные материалы. Металлы.                                                                                                                                                                                         |          | ОК 01, 02, 04, 05, 07, 09<br>ПК 2.1, 2.3, 2.5, 2.6<br>ЛР 6, 13, 15 |
| Тема 6.2 Классификация огнеупоров и область их применения     | <b>Содержание учебного материала</b><br>Способы получения, свойства, характеристики и область применения различных типов огнеупоров.                                                                                                                                                                              | 1        |                                                                    |
| Тема 6.4 Строительные материалы и элементы конструкции печей. | <b>Содержание учебного материала.</b> Фундамент, под, и окна печей. Каркас. Жароупорные и жаропрочные сплавы, используемые в печестроении. Монтаж печей.                                                                                                                                                          | 2        |                                                                    |
| Раздел 7. Тепловой баланс печи                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>2</b> | ОК 01, 02, 04, 05, 07, 09<br>ПК 2.1, 2.3, 2.5, 2.6<br>ЛР 6, 13, 15 |
|                                                               | <b>Содержание учебного материала</b> Значение теплового баланса печей. Статьи прихода и расхода. Уравнение теплового баланса. Способы определения расхода топлива.                                                                                                                                                | 2        |                                                                    |
| Раздел 8. Устройства для сжигания топлива.                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>7</b> |                                                                    |
|                                                               | <b>Содержание учебного материала.</b> Требования к горелкам, форсункам и их классификация. Структура и характеристика факелов. Беспламенные горелки. Пламенные газовые горелки. Радиационные трубы. Форсунок для сжигания мазута. Газо-, мазуто-, и воздухопроводы.                                               | 2        | ОК 01, 02, 04, 05, 07, 09<br>ПК 2.1, 2.3, 2.5, 2.6<br>ЛР 6, 13, 15 |
|                                                               | <b>Контрольная работа:</b> «Нагрев металла в печи, горение топлива. Огнеупорные материалы, тепловых устройств. Элементы нагревательных печей»                                                                                                                                                                     | <b>2</b> |                                                                    |

|                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                 |           |                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------------------------------------------------------------------|
|                                                                        | <b>Практическое занятие №3</b><br>Изучение топливосжигающих устройств.<br>Изучение оборудования для сжигания топлива литейного цеха 552АО НПК<br>“Уралвагонзавод”                                                                                                               | <b>2</b>  |                                                                    |
|                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>1</b>  |                                                                    |
|                                                                        | <b>Самостоятельная работа студента</b> Преимущества и недостатки устройств для сжигания топлива. Области их применения.<br><b>Примерная тематика самостоятельной работы:</b> исследование работы участка основного производства литейного цеха в условиях базового предприятия. |           |                                                                    |
| <b>Раздел 9. Основы сушильного процесса.</b><br><b>Тема 9.1 Сушила</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>4</b>  | ОК 01, 02, 04, 05, 07, 09<br>ПК 2.1, 2.3, 2.5, 2.6<br>ЛР 6, 13, 15 |
|                                                                        | Содержание учебного материала Теплотехнические основы сушильного процесса. Тепловой расчет сушил. Конструкции сушил.                                                                                                                                                            | 2         |                                                                    |
|                                                                        | <b>Практическое занятие №4</b><br>Тепловой расчет сушил.                                                                                                                                                                                                                        | 2         |                                                                    |
|                                                                        | <b>Курсовой проект</b><br>Расчет методической толкательной печи                                                                                                                                                                                                                 | <b>20</b> | ОК 01, 02, 04, 05, 07, 09<br>ПК 2.1, 2.3, 2.5, 2.6<br>ЛР 6, 13, 15 |
|                                                                        | <b>Консультация</b>                                                                                                                                                                                                                                                             | <b>2</b>  | ОК 01, 02, 04, 05, 07, 09<br>ПК 2.1, 2.3, 2.5, 2.6<br>ЛР 6, 13, 15 |
|                                                                        | <b>Экзамен</b>                                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>6</b>  | ОК 01, 02, 04, 05, 07, 09<br>ПК 2.1, 2.3, 2.5, 2.6<br>ЛР 6, 13, 15 |
|                                                                        | <b>Всего:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>60</b> |                                                                    |

### **3. УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

#### **3.1. Требования к минимальному материально-техническому обеспечению**

Реализация программы дисциплины требует наличия учебного кабинета оборудования термических цехов

Оснащенность кабинета оборудования термических цехов: 15 столов, 30 стульев, доска, проектор, экран, переносной проектор, экран, ноутбук, локальная вычислительная сеть с доступом к ресурсам сети Интернет

#### **3.2. Информационное обеспечение обучения.**

**Перечень рекомендуемых учебных изданий, Интернет-ресурсов, дополнительной литературы**

1. Михайлов Д.П., Болдин А.Н., Граблев А.Н. Печи литейных цехов, 2-ое изд., стер-Старый Оскол: ТНТ 2017г

2. Г.П., Кондаков Е.А. Печи и сушила литейного производства. - М.: Машиностроение, 1990.

3. Мастрюков Б.С. Теория, конструкции и расчеты металлургических печей. - М.: Металлургия, 1986. - Т.2: Расчеты металлургических печей

4. А.С., Авдеева В.Г. Теплотехника и нагревательные устройства. – М.: Машиностроение, 1985.

5. Кривандин В.А. Филимонов Ю.П. Теория, конструкции и расчеты металлургических печей, - М.: Металлургия, 1987.

#### **Дополнительная литература:**

##### **Периодические издания:**

1. Журнал «Библиотека литейщика»
2. Журнал «Литейщик России»
3. Газета «Российская газета»
4. Газета «Областная газета»

##### **Интернет-ресурсы:**

1. Российский сайт литейщиков<http://rsl.npp.ru/>
2. Информационно-справочная служба «ЦентрИнформ» [www.infoua.com](http://www.infoua.com).
3. Интернет-представительство "Компании Авант" [www.avantcom.ru](http://www.avantcom.ru).
4. Информационно-поисковая система «Первый Машиностроительный Портал» [www.1bm.ru](http://www.1bm.ru).
5. Информационный книжный портал [www.infobook.ru](http://www.infobook.ru).
6. Информационно-поисковая система OBO.RU [www.obo.ru](http://www.obo.ru)

#### 4. КОНТРОЛЬ И ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Контроль и оценка результатов освоения дисциплины осуществляется преподавателем в рамках текущего контроля и промежуточной аттестации индивидуальных образовательных достижений – демонстрируемых обучающимися знаний, умений и компетенций.

Текущий контроль проводится преподавателем в процессе проведения письменных проверочных работ, тестирования, а также выполнения студеном индивидуальных творческих заданий, защиты рефератов. Формы и методы контроля, применяемые преподавателем для оценивания усвоенных знаний и освоенных умений, представлены в таблице 1.

Контроль и оценивание компетенций осуществляется в соответствии с показателями результатов обучения и с использованием форм и методов контроля, представленных в таблице 2.

Обучение по учебной дисциплине завершается промежуточной аттестацией в форме дифференцированного зачета.

Для текущего контроля и промежуточной аттестации преподавателем разрабатываются фонды оценочных средств (ФОС), которые включают в себя педагогические контрольно-измерительные материалы, предназначенные для определения соответствия (или несоответствия) индивидуальных образовательных достижений основным показателям результатов подготовки (таблицы).

Таблица 2

| Результаты обучения<br>(освоенные умения,<br>освоенные знания)                                             | Основные показатели<br>Оценки результатов                                         | Формы и методы контроля<br>и оценки результатов<br>обучения |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| 1                                                                                                          | 2                                                                                 | 3                                                           |
| <b>Умения:</b>                                                                                             |                                                                                   |                                                             |
| Производить расчеты процессов горения и теплообмена в металлургических печах (нагревательных и плавильных) | Верное выполнение расчетов горения и теплообмена в металлургических печах         | Практическое занятие                                        |
| <b>Знания:</b>                                                                                             |                                                                                   |                                                             |
| Основные положения теплотехники и теплоэнергетики                                                          | Полнота воспроизведения основных положений теплотехники и теплоэнергетики         | Контрольная работа<br>Практическое занятие                  |
| Назначения и свойства огнеупорных материалов.                                                              | Полнота воспроизведения назначения и свойств огнеупорных материалов               |                                                             |
| Устройства и принципы действия металлургических печей.                                                     | Верное изложение устройства и принципов действия металлургических печей           |                                                             |
| Топливо металлургических печей и методику расчетов горения                                                 | Верное воспроизведение топлива металлургических печей и методики расчета горения. |                                                             |
| Закономерности процессов тепломассообмена в металлургических печах.                                        | Верное изложение закономерностей тепломассообмена в металлургических печах        |                                                             |