

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ МЕТАЛЛОВ имени М.Н. Михеева  
Уральского отделения Российской академии наук

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института  
академик РАН

\_\_\_\_\_ Н.В. Мушников

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

по дисциплине **«Моделирование процессов термической обработки»**  
специальность **05.16.01 «Металловедение и термическая обработка**  
**металлов и сплавов»**

Всего учебных часов / зач. ед. – 72 / 2

Всего аудиторных занятий, час. – 18

Всего часов на самостоятельную работу аспиранта, час. – 54

Екатеринбург 2019

Рабочая программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (далее – ФГОС ВО) по направлению подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 22.06.01 «Технологии материалов» (Приказ Минобрнауки России от 30 июля 2014 года №867), с изменениями, утвержденными Приказом Минобрнауки России от 30.04.2015 г. №464 «О внесении изменений в федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации)»; программы-минимум кандидатского экзамена по специальности 05.16.01 «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов», утвержденной приказом Минобрнауки РФ от 08.10.2007 № 274; паспорта специальности научных работников 05.16.01 «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов»; учебного плана аспирантуры ИФМ.

Составители рабочей программы:  
академик РА В.М. Счастливцев  
д.т.н. Т.И. Табатчикова  
к.т.н. Ю.В. Хлебникова

Рабочая программа утверждена на заседании Ученого совета ИФМ.  
Протокол № 9 от 29.05.2019 г.

Председатель Ученого совета ИФМ, академик РАН

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г. \_\_\_\_\_ В.В. Устинов

Согласовано:

зам. директора по научной работе, д.ф.-м.н.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г. \_\_\_\_\_ М.А. Коротин

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В курсе «Моделирование процессов термической обработки» изучаются вопросы, рассматривающие те задачи, которые стоят перед научными работниками в настоящее время. Круг рассматриваемых тем выходит далеко за рамки конкретной тематики аспиранта, заставляет его шире взглянуть на интересы всего мирового научного сообщества, заставляет аспиранта знакомиться с последними публикациями в научной периодике.

Рабочая программа составлена на основе:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (далее – ФГОС ВО) по направлению подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 22.06.01 «Технологии материалов» (Приказ Минобрнауки России от 30 июля 2014 года №867), с изменениями, утвержденными Приказом Минобрнауки России от 30.04.2015 г. №464 «О внесении изменений в федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации)»;
- программы-минимум кандидатского экзамена по специальности 05.16.01 «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов»;
- паспорта специальности научных работников специальности 05.16.01 «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов»;
- учебного плана ИФМ по основной образовательной программе послевузовского профессионального образования (аспирантура) по специальности 05.16.01 «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

## 2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

### 2.1. Распределение часов учебных занятий

| Вид занятий            | Количество часов в семестр (первый) | Трудоемкость |          |
|------------------------|-------------------------------------|--------------|----------|
|                        |                                     | Час.         | Зач. ед. |
| Лекционные занятия     | 10                                  | 10           | 0,5      |
| Практические занятия   | 8                                   | 8            |          |
| Самостоятельная работа | 54                                  | 54           | 1,5      |
| ИТОГО                  | 72                                  | 72           | 2        |

### 2.2. Содержание дисциплины

2.2.1. Наименование тем, их содержание, объем в часах лекционных занятий (10 час.)

#### 1. МОДЕЛИРОВАНИЕ КИНЕТИКИ ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ В СТАЛЯХ.

Методы расчёта кинетики диффузионного и бейнитного превращения в сталях в изотермических условиях. Методы учёта различных мест зарождения и их возможного исчерпания в ходе превращения. Методы перехода от изотермической кинетики к кинетике при непрерывном охлаждении. Методы расчёта кинетики процессов отпуска сталей с учётом его температуры и длительности.

#### 2. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ И ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Использование методов расчёта фазовых равновесий, кинетики фазовых превращений для расчётной оценки формирования структуры и свойств сплавов при термической обработке изделий. Решение практических задач с использованием указанных методов. Методы прогнозирования прокаливаемости сталей (эмпирические и основанные на кинетике фазовых превращений). Моделирование цементации сталей.

#### 2.2.2. Практические занятия, их наименование, содержание, объем в часах

| № п/п | № раздела | Тематика практических занятий (семинаров)                                                                                | Трудо-ёмкость (час.) |
|-------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 1     | 1         | Расчёты кинетики изотермических превращений переохлаждённого аустенита в сталях.                                         | 2                    |
| 2     | 1         | Моделирование кинетики превращений аустенита при непрерывном охлаждении.                                                 | 2                    |
| 3     | 2         | Прогнозирование структуры и свойств конструкционных сталей в зависимости от режима охлаждения при термической обработке. | 2                    |
| 4     | 2         | Моделирование процессов химико-термической обработки (цементации).                                                       | 2                    |
|       |           | ИТОГО                                                                                                                    | 8                    |

#### 2.2.3. Самостоятельная работа аспирантов

| Разделы и темы рабочей программы самостоятельного изучения           | Перечень заданий для самостоятельной работы (рефераты, доклады, переводы, расчеты, планирование эксперимента и т.п.)                                                                                                                                                                                                                                                 | Трудоемкость |         |
|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|---------|
|                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Час.         | Зач.ед. |
| 1. Моделирование кинетики фазовых превращений в сталях               | Методы расчёта кинетики диффузионного и бейнитного превращения в сталях в изотермических условиях. Методы учёта различных мест зарождения и их возможного исчерпания в ходе превращения. Методы перехода от изотермической кинетики к кинетике при непрерывном охлаждении. Методы расчёта кинетики процессов отпуска сталей с учётом его температуры и длительности. | 30           |         |
| 2 Моделирование процессов термической и химико-термической обработки | Использование методов расчёта фазовых равновесий, кинетики фазовых                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 24           |         |

|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |    |     |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-----|
|       | превращений для расчётной оценки формирования структуры и свойств сплавов при термической обработке изделий. Решение практических задач с использованием указанных методов. Методы прогнозирования прокаливаемости сталей (эмпирические и основанные на кинетике фазовых превращений). Моделирование цементации сталей. |    |     |
| ИТОГО |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 54 | 1,5 |

## 2.3 Учебно-методические материалы по дисциплине

### 2.3.1. Основная и дополнительная литература

#### *Основная литература*

1. Корягин, Ю.Д. Тепловые и электрические расчёты термических печей / Ю.Д.Корягин. — Челябинск: ЮУрГУ, 2005. — 177 с.
2. Михайлов, Г.Г. Термодинамика металлургических процессов и систем / Г.Г.Михайлов, Б.И.Леонович, Ю.С.Кузнецов. — М.: Изд. дом МИСиС, 2009. — 520 с.

#### *Дополнительная литература*

1. Попова Л.Е. Диаграммы превращения аустенита в сталях и  $\beta$ -раствора в сплавах титана. Справочник/Л.Е.Попова, А.А. Попов. - М.: Металлургия, 1991 - 502 с.
2. Кристиан, Дж. Теория превращений в металлах и сплавах. Часть 1. Термодинамика и общая кинетика / Дж.Кристиан. — М.: Мир, 1978. — 808 с.
3. Steel Heat Treatment. Metallurgy and Technologies / Ed. by G.E.Totten. — Taylor & Francis, 2007. — 820 pp.

### 2.3.2. Примерный перечень тем рефератов и докладов

1. Современные модели зернограницной диффузии.
2. Модели неравновесных границ зерен.
3. Расчёт кинетики диффузионного и бейнитного превращения в сталях в изотермических условиях
4. Методы учёта различных мест зарождения и их возможного исчерпания в ходе превращения.
5. Методы перехода от изотермической кинетики к кинетике при непрерывном охлаждении.
6. Методы расчёта кинетики процессов отпуска сталей с учётом его температуры и длительности.