

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Директор

Инженерной школы новых

производственных технологий

А.Н. Яковлев

«30» 06 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ПРИЕМ 2017 г.**  
**ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная**

**Теория строения материалов**

|                                                         |                                                           |         |   |
|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------|---|
| Направление подготовки/<br>специальность                | 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов         |         |   |
| Образовательная программа<br>(направленность (профиль)) | Материаловедение и технологии материалов                  |         |   |
| Специализация                                           | Материаловедение и технология материалов в машиностроении |         |   |
| Уровень образования                                     | высшее образование - бакалавриат                          |         |   |
| Курс                                                    | 4                                                         | семестр | 7 |
| Трудоемкость в кредитах<br>(зачетных единицах)          | 4                                                         |         |   |
| Виды учебной деятельности                               | Временной ресурс                                          |         |   |
| Контактная (аудиторная)<br>работа, ч                    | Лекции                                                    | 32      |   |
|                                                         | Практические занятия                                      | 32      |   |
|                                                         | ВСЕГО                                                     | 64      |   |
| Самостоятельная работа, ч                               |                                                           | 80      |   |
| ИТОГО, ч                                                |                                                           | 144     |   |

Вид промежуточной  
аттестации

экзамен

Обеспечивающее  
подразделение

ОМ ИШНПТ

Заведующий кафедрой -  
руководитель отделения  
материаловедения (на правах  
кафедры)

Руководитель ООП

Преподаватель

В.А. Клименов

О.Ю. Ваулина

Б.С. Зенин

2020 г.

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 6 Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

| Код компетенции | Наименование компетенции                                                                                                                                                                                                                                 | Код результата освоения ООП | Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенций) |                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                 |                                                                                                                                                                                                                                                          |                             | Код                                                         | Наименование                                                                                                                                                                                              |
| ПК(У)-3         | Готов использовать методы моделирования при прогнозировании и оптимизации технологических процессов и свойств материалов, стандартизации и сертификации материалов и процессов                                                                           | Р10                         | ПК(У)-3.В3                                                  | Владеет опытом анализа условий образования различных фаз с позиций термодинамики                                                                                                                          |
|                 |                                                                                                                                                                                                                                                          |                             | ПК(У)-3.У3                                                  | Умеет моделировать различные процессы, происходящие в конденсированных системах                                                                                                                           |
|                 |                                                                                                                                                                                                                                                          |                             | ПК(У)-3.33                                                  | Знает методы теоретического построения диаграмм состояний сплавов                                                                                                                                         |
| ПК(У)-4         | Способен использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации |                             | ПК(У)-4.В6                                                  | Владеет способностью использовать на практике современные представления о влиянии микро- и нано- структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями |
|                 |                                                                                                                                                                                                                                                          |                             | ПК(У)-4.У6                                                  | Умеет определять условия устойчивого и неустойчивого состояния систем, равновесных и неравновесных фазовых переходов                                                                                      |
|                 |                                                                                                                                                                                                                                                          |                             | ПК(У)-4.36                                                  | Знает условия формирования различных фаз (твердые растворы, промежуточные соединения, упорядоченные твердые растворы)                                                                                     |

## 2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части Блока 1 учебного плана образовательной программы.

## 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

| Теория строения материалов |                                                                                                                                                                        | Компетенция |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Код                        | Наименование                                                                                                                                                           |             |
| РД-1                       | Применять на практике знания общих законов термодинамики при анализе условий образования и областей существования различных фаз.                                       | ПК(У)-3     |
| РД-2                       | Строить теоретические диаграммы состояний сплавов с учетом, равновесных и неравновесных фазовых переходов, необходимые при создании материалов с заданными свойствами. | ПК(У)-3     |
| РД-3                       | Использовать на практике современные представления о влиянии структуры на свойства материалов, целенаправленно изменять свойства за счет внешнего воздействия          | ПК(У)-4     |

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

#### 4. Структура и содержание дисциплины

##### Основные виды учебной деятельности

| Разделы дисциплины                                  | Формируемый результат обучения по дисциплине | Виды учебной деятельности | Объем времени, ч. |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------|-------------------|
| Раздел 1. Структура и свойства материалов           | РД-3                                         | Лекции                    | 2                 |
|                                                     |                                              | Практические занятия      | 4                 |
|                                                     |                                              | Самостоятельная работа    | 10                |
| Раздел 2. Физико-химические основы материаловедения | РД-1,<br>РД-2                                | Лекции                    | 6                 |
|                                                     |                                              | Практические занятия      | 6                 |
|                                                     |                                              | Самостоятельная работа    | 12                |
| Раздел 3. Поверхность твердого тела                 | РД-1                                         | Лекции                    | 2                 |
| Раздел 4. Термодинамика процесса кристаллизации     | РД-3                                         | Практические занятия      | 2                 |
|                                                     |                                              | Самостоятельная работа    | 6                 |
|                                                     |                                              | Лекции                    | 6                 |
|                                                     |                                              | Практические занятия      | 6                 |
| Раздел 5. Диффузия                                  | РД-1<br>РД-2                                 | Самостоятельная работа    | 14                |
|                                                     |                                              | Лекции                    | 4                 |
|                                                     |                                              | Практические занятия      | 2                 |
| Раздел 6. Теория сплавов                            | РД-2,<br>РД-3                                | Самостоятельная работа    | 14                |
|                                                     |                                              | Лекции                    | 6                 |
|                                                     |                                              | Практические занятия      | 6                 |
| Раздел 7. Новые материалы                           | РД-3                                         | Самостоятельная работа    | 10                |
|                                                     |                                              | Лекции                    | 6                 |
|                                                     |                                              | Практические занятия      | 6                 |

Содержание разделов дисциплины:

##### **Раздел 1. Структура и свойства материалов**

*В разделе представлена основная задача дисциплины, показать, что свойства материалов определяются их структурой и химическим составом. Показано, как за счет специального воздействия на примере одного материала можно изменять его структуру, а значит, и регулировать его свойства. Показан пример построения иерархии структур материалов.*

##### **Темы лекций:**

1. Введение. Цели и задачи освоения дисциплины. Структурные виды материалов. Иерархия структур материалов.

##### **Темы практических занятий:**

1. Структура материала и как ее можно изменить.  
2. Кристаллические структуры.

##### **Раздел 2. Физико-химические основы материаловедения**

*В разделе с позиций термодинамики рассматривается поведение систем, их*

состояния, переходы из одного в другое. Показано, как эти переходы контролируются такими важными параметрами систем как энергия, энтропия, свободная энергия и др.

**Темы лекций:**

1. Способы описания состояния макроскопической системы. Термодинамика поведения системы. Параметры системы. Энергия системы. Энергия активации перехода.
2. 1-й закон термодинамики. Изменение энергии системы. Теплота. Работа. 2-ой закон термодинамики. Энтропия. Изменение энтропии. Свободная энергия.
3. Условия равновесия в сплавах. Химический потенциал. Правило фаз Гиббса. Геометрическая термодинамика. Основные положения.

**Темы практических занятий:**

1. Условия перехода системы из одного состояния в другое. Энергия активации перехода.
2. Условия равновесия и направление перехода в изолированной системе.  
Условия равновесия и направление перехода в неизолированной системе.
3. Построение диаграмм состояния на основе экспериментальных данных и на основе теоретических расчетов.

|                                            |
|--------------------------------------------|
| <b>Раздел 3. Поверхность твердого тела</b> |
|--------------------------------------------|

*В разделе рассматриваются особенности строения поверхности твердого тела, энергетические характеристики состояния поверхности на атомном уровне, модель поверхности, физическая и химическая адсорбция.*

**Темы лекций:**

1. Особенности энергетического состояния поверхности. Определение поверхности и ее характеристики. Физические неоднородности. Модель поверхности. Энергия связи атомов с кристаллической решеткой. Химические неоднородности.

**Темы практических занятий:**

1. Поверхностная энергия. Физическая и химическая адсорбция. Модель Ленарда-Джонсона.

|                                                        |
|--------------------------------------------------------|
| <b>Раздел 4. Термодинамика процесса кристаллизации</b> |
|--------------------------------------------------------|

*В разделе рассматриваются Энергетические условия кристаллизации с позиций законов термодинамики. Фазовый переход системы в целом с одной стороны и образование и рост отдельного зародыша кристалла с другой. Такой подход помогает понять механизмы процесса вторичной кристаллизации, образование метастабильных фаз, аморфного состояния.*

**Темы лекций:**

1. Кристаллизация. Кривые нагрева и охлаждения. Скорость нагрева и охлаждения. Энергетические условия кристаллизации. Степень переохлаждения. Кинетика процесса кристаллизации.
2. Кинетика процесса кристаллизации. Скорость зарождения центров кристаллизации и линейная скорость роста кристаллов. Размер и форма образующихся кристаллов.
3. Кристаллизация эвтектических и других двухфазных сплавов. Принцип структурного и размерного соответствия. Вторичная кристаллизация. Направленная кристаллизация. Выращивание монокристаллов

**Темы практических занятий:**

1. Механизм кристаллизации Чернова и Таммана. Скорость зарождения центров кристаллизации и линейная скорость роста кристаллов.
2. Зародышеобразование. Энергия активации и критический размер зародыша.

Кинетика кристаллизации.

3. Аморфные материалы. Металлические стекла, условие получения. Уравнение Колмогорова. Кинетические кривые Т-В-П.

### **Раздел 5. Диффузия**

*В разделе рассматривается коллективное поведение атомов в кристаллической решетке при специфических условиях – наличии градиента концентрации. Показана возможность количественного описания процесса диффузии – распределение диффундирующего элемента по глубине объема при заданных условиях по температуре и времени процесса.*

#### **Темы лекций:**

1. Диффузия. Общая характеристика. Уравнения Фика и их решение.
2. Коэффициент диффузии. Распределение диффундирующего элемента по глубине.

#### **Темы практических занятий:**

1. Влияние внешних условий на процесс диффузии.

### **Раздел 6. Теория сплавов**

*В разделе проведен обзор основных видов диаграмм состояний двойных систем. Анализируются условия образования и пределы существования различных фаз (твердых растворов, химических соединений, промежуточных фаз) с позиций электронной структуры или свободной энергии рассматриваемых фаз.*

#### **Темы лекций:**

1. Диаграммы состояния (ДС) двойных систем. ДС и свойства сплавов по Курнакову.
2. Твердые растворы замещения и внедрения. Предел растворимости. Правила Юм-Розери (размерный фактор, образование промежуточных соединений, электронная концентрация).
3. Упорядочение в твердых растворах. Типы сверхструктур. Условие упорядочения.

#### **Темы практических занятий:**

1. Диаграммы состояния (ДС) тройных систем.
2. Размерный фактор в сплавах, закон Вегарда, отклонение от закона Вегарда.
3. Температурное и концентрационное разупорядочения. Дальний и ближний порядок. Параметр дальнего и ближнего порядка.

### **Раздел 6. Новые материалы**

*В разделе представлены новые классы перспективных материалов. Рассмотрены особенности их структуры, показано, как такая структура позволяет обеспечить специфические свойства, привлекающие потребителя и обещающие широкое будущее таким материалам.*

#### **Темы лекций:**

1. Строение полимеров. Фазовые переходы в полимерах. Релаксационные процессы и явления. Виды физических состояний полимеров.
2. Композиционные материалы. Виды матричных и армирующих компонентов и их роль. Условия оптимального сочетания различных компонентов.
3. Наноструктурные материалы. Масштабные уровни.

#### **Темы практических занятий:**

1. Виды и структура керамических материалов.
2. Градиентные материалы. Материалы с непрерывным изменением структуры. Слоистые материалы.

### 3. Интеллектуальные материалы.

## 5. Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины предусмотрена в следующих видах и формах:

- Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ;
- Подготовка к практическим и семинарским занятиям;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям (экзамен).

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 6.1. Учебно-методическое обеспечение

#### Основная литература

1. Гуляев, А. П.. Металловедение : учебник для вузов / А. П. Гуляев, А. А. Гуляев. – 7-е изд., перераб. и доп.. – Москва: Альянс, 2012. – 644 с.: ил.. – Библиография в конце глав. – Предметный указатель: с. 637-643.. – ISBN 978-5-903034-98-7. (<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C237275> )

2. Лахтин, Юрий Михайлович. Материаловедение : учебник / Ю. М. Лахтин, В. П. Леонтьева. – 4-е изд., перераб.. – Москва: Альянс, 2009. – 528 с.: ил.. – Библиогр.: с. 521. (<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C121078> )

3. Земсков, Ю. П.. Материаловедение : учебное пособие [Электронный ресурс] / Земсков Ю. П.. – Санкт-Петербург: Лань, 2019. – 188 с.. – Книга из коллекции Лань - Инженерно-технические науки.. – ISBN 978-5-8114-3392-6. Схема доступа: <https://e.lanbook.com/book/113910> (контент)

### 6.2. Информационное и программное обеспечение

Internet-ресурсы (в т.ч. в среде LMS MOODLE и др. образовательные и библиотечные ресурсы):

Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы доступны по ссылке: <https://www.lib.tpu.ru/html/irs-and-pdb>

Лицензионное программное обеспечение (в соответствии с **Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ**):

7-Zip; Adobe Acrobat Reader DC; Adobe Flash Player; AkelPad; Ansys 2020; Ascon KOMPAS-3D 18 Education Concurrent MCAD ECAD; Cisco Webex Meetings; Dassault Systemes SOLIDWORKS 2020 Education; Document Foundation LibreOffice; Google Chrome; Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic; Mozilla Firefox ESR; Oracle VirtualBox; ownCloud Desktop Client; Tracker Software PDF-XChange Viewer; WinDjView; Zoom Zoom

## 7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее лабораторное оборудование для практических и лабораторных занятий:

| №  | Наименование специальных помещений       | Наименование оборудования             |
|----|------------------------------------------|---------------------------------------|
| 1. | Аудитория для проведения учебных занятий | Компьютер - 13 шт.; Проектор - 2 шт.; |

|    |                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                 |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс)<br>634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7,108                      | Комплект учебной мебели на 11 посадочных мест; Шкаф для одежды - 1 шт.; Шкаф для документов - 1 шт.; Тумба стационарная - 1 шт. |
| 2. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации<br>634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7, 144 | Компьютер - 2 шт.; Проектор - 1 шт.; Доска аудиторная настенная - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 36 посадочных мест.         |

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению по направлению 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» / специализация «Материаловедение и технология материалов в машиностроении» (приема 2017 г., очная форма обучения).

Разработчик:

| Должность | ФИО        |
|-----------|------------|
| Доцент    | Б.С. Зенин |

Программа одобрена на заседании выпускающей кафедры Материаловедения в машиностроении Института физики высоких технологий (протокол от «24» июня 2017 г. № 53).

Заведующий кафедрой - руководитель  
отделения материаловедения (на правах кафедры),  
д.т.н., профессор

 / В.А. Клименов /

**Лист изменений рабочей программы дисциплины:**

| Учебный год                 | Содержание /изменение                                                                                                               | Обсуждено на заседании ОМ<br>ИШНПТ<br>(протокол) |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 2018/2019<br>учебный<br>год | 1. Обновлено ПО, профессиональные базы данных и информационно-справочные системы.                                                   | № 7 от 30.08.2018 г.                             |
| 2019/2020<br>учебный<br>год | 1. Обновлено ПО, профессиональные базы данных и информационно-справочные системы.                                                   | №19/1 от 01.07.2019 г.                           |
| 2020/2021<br>учебный<br>год | 1.Актуализирован список литературы (пункт 6.1)<br>2. Обновлено ПО, профессиональные базы данных и информационно-справочные системы. | № 35 от 29.06.2020 г.                            |