

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 03.10.2023 16:25:58  
Уникальный программный ключ:  
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет)»

**УТВЕРЖДАЮ**  
Проректор по учебной  
и методической работе  
\_\_\_\_\_ Б.В. Пекаревский  
«26» марта 2019 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВ**  
**ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Направление подготовки

**22.04.01 Материаловедение и технологии материалов**

Направленность программы магистратуры

**Высокотемпературные наноструктурированные композиционные материалы**

Квалификация

**Магистр**

Форма обучения

**Очная**

Факультет **химии веществ и материалов**

Кафедра **технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов**

Санкт-Петербург

2019

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

| Должность разработчика | Подпись | Ученое звание, фамилия, инициалы |
|------------------------|---------|----------------------------------|
| Доцент                 |         | доцент Вихман С.В.               |

Рабочая программа дисциплины «Технологическое проектирование производств высокотемпературных конструкционных материалов» обсуждена на заседании кафедры технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов

протокол от «11» марта 2019 № 12

Заведующий кафедрой

И.Б. Пантелеев

Одобрено учебно-методической комиссией факультета химии веществ и материалов  
протокол от «21» марта 2019 № 6

Председатель

С.Г. Изотова

## СОГЛАСОВАНО

|  |  |                  |
|--|--|------------------|
| Руководитель направления подготовки «Материаловедение и технологии материалов» |  | Н.О. Тагильцева  |
| Директор библиотеки  |  | Т.Н. Старостенко |
| Начальник методического отдела учебно-методического управления                 |  | Т.И. Богданова   |
| Начальник учебно-методического управления                                      |  | С.Н. Денисенко   |

## СОДЕРЖАНИЕ

|   |    |
|---|----|
| 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы ..... | 04 |
| 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы .....   | 05 |
| 3. Объем дисциплины .....   | 05 |
| 4. Содержание дисциплины  |    |
| 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий .....  | 06 |
| 4.2. Формирование индикаторов достижения компетенций разделами дисциплины .....   | 06 |
| 4.3. Занятия лекционного типа .....   | 07 |
| 4.4. Занятия семинарского типа .....  | 08 |
| 4.4.1. Семинары, практические занятия .....   | 08 |
| 4.4.2. Лабораторные занятия .....   | 09 |
| 4.5. Самостоятельная работа обучающихся .....   | 09 |
| 5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....                                       | 10 |
| 6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации .....   | 10 |
| 7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины .....  | 10 |
| 8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины .....   | 11 |
| 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины .....   | 12 |
| 10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине                                |    |
| 10.1. Информационные технологии .....   | 12 |
| 10.2. Программное обеспечение .....   | 12 |
| 10.3. Базы данных и информационные справочные системы .....   | 13 |
| 11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы .....                                 | 13 |
| 12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья .....  | 13 |
| Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации .....   | 14 |

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.**

Для освоения образовательной программы магистратуры обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

| Код и наименование компетенции  | Код и наименование индикатора достижения компетенции  | Планируемые результаты обучения (дескрипторы)  |
|---|---|--|
| <p><b>ПК-2</b><br/>Способен осуществлять рациональный выбор материалов и оптимизировать их расходование на основе анализа заданных условий эксплуатации материалов, оценки их надежности, экономичности и экологических последствий применения</p>      | <p><b>ПК-2.1</b><br/>Умение применять основные типы современных неорганических и органических материалов для решения производственных задач, владение навыками выбора материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности, экологических последствий их применения.</p> | <p><b>Знать:</b><br/>– строение кристаллических материалов, их реальную макро- и микро-структуру, взаимосвязь свойств со структурой (ЗН-1).<br/><b>Уметь:</b><br/>– успешно решать проблему создания материалов с регулируемыми свойствами (У-1).<br/><b>Владеть:</b><br/>– представлениями о фундаментальных физических основах, определяющих важнейшие свойства керамических композиционных материалов (Н-1).</p>  |
| <p><b>ПК-4</b><br/>Способен моделировать процессы обработок и прогнозировать результаты их осуществления при различных режимах, в том числе с использованием стандартных пакетов компьютерных программ и средств автоматизированного проектирования</p> | <p><b>ПК-4.1</b><br/>Знание фундаментальных основ, определяющих физико-механические и эксплуатационные свойства спеченных материалов, создаваемых по керамической технологии.</p>   | <p><b>Знать:</b><br/>– принципы создания композиционных керамических материалов (ЗН-2).<br/><b>Уметь:</b><br/>– ориентироваться в выборе методов управления строением и свойствами материалов, опираясь на диаграммы состояния и технологические возможности (У-2).<br/><b>Владеть:</b><br/>– знаниями иерархической связи и подчиненности структурных уровней керамических материалов различной химической природы, создаваемых путем консолидации дисперсных одно- и многофазных систем (Н-2).</p> |

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока «Факультативные дисциплины» образовательной программы магистратуры (ФТД.03) и изучается на 2 курсе в 3 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на дисциплины «Новые композиционные наноструктурированные материалы», «Аттестация свойств наноструктурированных материалов», «Получение и анализ чистых и особо чистых веществ», «Оптимизация состава и свойств конструкционных материалов», «Керамоматричные композиционные материалы». Полученные в процессе изучения дисциплины «Технологическое проектирование производств высокотемпературных конструкционных материалов» знания, умения и навыки могут быть использованы при прохождении преддипломной практики, а также при выполнении выпускной квалификационной работы.

## 3. Объем дисциплины.

| Вид учебной работы   | Всего,<br>ЗЕ/академ. часов |
|--|----------------------------|
| <b>Общая трудоемкость дисциплины</b><br>(зачетных единиц/ академических часов) | <b>2/72</b>                |
| <b>Контактная работа с преподавателем:</b>                                     | <b>50</b>                  |
| занятия лекционного типа   | 20                         |
| занятия семинарского типа, в т.ч.  | 30                         |
| семинары, практические занятия   | 30                         |
| лабораторные работы  | –                          |
| курсовое проектирование (КР или КП)  | –                          |
| КСР  | –                          |
| другие виды контактной работы  | –                          |
| <b>Самостоятельная работа</b>  | <b>22</b>                  |
| <b>Форма текущего контроля</b>   | <b>Устный опрос</b>        |
| <b>Форма промежуточной аттестации</b>  | <b>Зачёт</b>               |

#### 4. Содержание дисциплины.

##### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

| № п/п | Наименование раздела дисциплины  | Занятия лекционного типа, академ. часы | Занятия семинарского типа, академ. часы |                     | Самостоятельная работа, академ. часы | Формируемые компетенции |
|-------|--|--|---|---------------------|--------------------------------------|-------------------------|
|       |  |  | Семинары и/или практические занятия     | Лабораторные работы |                                      |                         |
| 1.    | Проблема однородности и воспроизводимости свойств керамических материалов. | 4                                      | 4                                       |                     | 4                                    | ПК-2                    |
| 2.    | Структура реальных кристаллов.   | 4                                      | 6                                       |                     | 4                                    | ПК-2                    |
| 3.    | Теплофизические свойства твердых тел и керамики.                           | 2                                      | 5                                       |                     | 4                                    | ПК-2                    |
| 4.    | Стратегия создания новых керамических материалов.                          | 4                                      | 5                                       |                     | 4                                    | ПК-4                    |
| 5.    | Физико-химические аспекты создания композиционных керамических материалов. | 4                                      | 4                                       |                     | 4                                    | ПК-4                    |
| 6.    | Керамические материалы как поликристаллы.                                  | 2                                      | 6                                       |                     | 2                                    | ПК-4                    |

##### 4.2 Формирование индикаторов достижения компетенций разделами дисциплины

| № п/п | Код индикаторов достижения компетенции | Наименование раздела дисциплины  |
|-------|--|--|
| 1.    | ПК-2.3                                 | Проблема однородности и воспроизводимости свойств керамических материалов. Структура реальных кристаллов. Теплофизические свойства твердых тел и керамики.             |
| 2.    | ПК-4.3                                 | Стратегия создания новых керамических материалов. Физико-химические аспекты создания композиционных керамических материалов. Керамические материалы как поликристаллы. |

### 4.3. Занятия лекционного типа.

| № раздела дисциплины | Наименование темы и краткое содержание занятия  | Объем, акад. часы | Инновационная форма                    |
|----------------------|---|-------------------|--|
| 1                    | <p><u>Проблема однородности и воспроизводимости свойств керамических материалов.</u><br/>                     Специфичность керамики – хрупкость, возможные пути решения, масштабный эффект, параметр Вейбулла. Керамоведение – комплексный материаловедческий процесс создания спеченных материалов.</p>   | 4                 | Дискуссия                              |
| 2                    | <p><u>Структура реальных кристаллов.</u><br/>                     Точечные атомные дефекты. Дефекты по Шоттки, по Френкелю. Дефекты и термодинамическое равновесие. Примесные дефекты. Контролируемая валентность. Закон электронейтральности. Дефекты и электропроводность ионных, ковалентных и металлических кристаллов. Линейные дефекты – дислокации. Краевые и винтовые дислокации, плоскость скольжения, вектор Бюргера, системы скольжения. Энергия дислокаций, теоретическая и реальная прочность кристаллов, модели дислокаций. Генерирование дислокаций – источники Франка-Рида. Подвижность дислокаций, переползание при высоких температурах. Границы зерен, строение границ зерен. Мало-угловые, большеугловые, специальные границы, энергия границ зерен. Взаимодействие дислокаций с границами.</p> | 4                 | Слайд-презентация, групповая дискуссия |
| 3                    | <p><u>Теплофизические свойства твердых тел и керамики.</u><br/>                     Квантовый характер колебаний решетки, колебания в решетке из одинаковых атомов, из двух разных атомов. Акустическая и оптическая ветви колебаний. Фононы. Теплостойкость кристаллов, теория Дебая. Колебания атомов в решетке и температура плавления. Ангармонические эффекты в кристаллах. Тепловое расширение твердых тел. Параметр Грюнайзена. Анизотропия теплового расширения. Проявление ее в керамических материалах – поликристаллах. Термомеханическая совместимость фаз в гетерофазных керамиках. Теплопроводность кристаллов различной химической природы. Теплопроводность гетерофазных керамических материалов. Влияние пористости.</p>   | 2                 | Слайд-презентация, групповая дискуссия |

| № раздела дисциплины | Наименование темы и краткое содержание занятия   | Объем, акад. часы | Инновационная форма                    |
|----------------------|--|-------------------|--|
|                      | Термостойкость. Критерии термостойкости. Методы регулирования термостойкости.  |                   |  |
| 4                    | <u>Стратегия создания новых керамических материалов.</u><br>Анализ условий эксплуатации материала и выбор основных носителей свойств. Одно- и гетерофазные керамические материалы. Диаграммы состояния как физико-химический базис новых материалов. Основные типы диаграмм состояния, диаграммы состав – свойство. Взгляды Н.С. Курнакова – принципы непрерывности и соответствия.                              | 4                 | Дискуссия                              |
| 5                    | <u>Физико-химические аспекты создания композиционных керамических материалов.</u><br>Критерий совместимости компонентов в широком диапазоне температур. Квазибинарные, квазитройные системы тугоплавких соединений как физико-химический фундамент создания гетерогенных материалов из веществ различной химической природы.   | 4                 | Слайд-презентация, групповая дискуссия |
| 6                    | <u>Керамические материалы как поликристаллы.</u><br>Структурные параметры: пористость, фазовый состав, размер фазовых составляющих, (зерен), строение границ зерен, дефектность фазовых составляющих, кристаллическая структура, электронное строение. Влияние указанных структурных параметров на свойства планируемых материалов. Фундаментальные структурные параметры и параметры, регулируемые технологией. | 2                 | Слайд-презентация, групповая дискуссия |

#### 4.4. Занятия семинарского типа.

##### 4.4.1. Семинары, практические занятия.

| № раздела дисциплины | Наименование темы и краткое содержание занятия  | Объем, акад. часы | Инновационная форма                    |
|----------------------|---|-------------------|--|
| 1                    | <u>Проблема однородности и воспроизводимости свойств керамических материалов.</u><br>Освоение методов расчета влияния размера зерен на механические свойства керамик.                                     | 4                 |  |
| 2                    | <u>Структура реальных кристаллов.</u><br>Освоение методов расчета влияния пористости на прочность, теплопроводность, электропроводность и модуль упругости, оценка этих параметров для указанных керамик. | 6                 | Слайд-презентация, групповая дискуссия |

| № раздела дисциплины | Наименование темы и краткое содержание занятия   | Объем, акад. часы | Инновационная форма                    |
|----------------------|--|-------------------|--|
| 3                    | <u>Теплофизические свойства твердых тел и керамики.</u><br>Расчет эффективного коэффициента линейного термического расширения, модуля упругости, коэффициента теплопроводности композиционных керамик с использованием информации о физико-механических свойствах компонентов. Рассчитать возможные термические напряжения на границе раздела фаз в гетерогенной керамике. | 5                 |  |
| 4                    | <u>Стратегия создания новых керамических материалов.</u><br>Осуществление физико-химических и термодинамических расчетов по оценке совместимости указанных в задании компонентов с использованием известных для них термодинамических данных.  | 5                 | Слайд-презентация, групповая дискуссия |
| 5                    | <u>Физико-химические аспекты создания композиционных керамических материалов.</u><br>Расчет коэффициентов диффузии $D = f(T)$ для различных указанных твердых тел (металлы, карбиды, оксиды) и оценка времени, необходимого для заданного диффузионного пути (рост частиц, покрытия, твердые растворы и др.).  | 4                 |  |
| 6                    | <u>Керамические материалы как поликристаллы.</u><br>Произвести оценку термостойкости (критерии R1 и R2) ряда материалов по известным механическим и теплофизическим данным.  | 6                 |  |

#### 4.4.2. Лабораторные занятия

Не предусмотрено.

#### 4.5. Самостоятельная работа обучающихся.

| № раздела дисциплины | Перечень вопросов для самостоятельного изучения   | Объем, акад. часы | Форма контроля   |
|----------------------|---|-------------------|------------------|
| 1                    | <u>Проблема однородности и воспроизводимости свойств керамических материалов.</u><br>Изучение физических основ хрупкого разрушения керамических материалов. | 4                 | Устный опрос № 1 |
| 2                    | <u>Структура реальных кристаллов.</u><br>Изучение природы дефектов в кристаллических телах  | 4                 | Устный опрос № 1 |

| № раздела дисциплины | Перечень вопросов для самостоятельного изучения   | Объем, акад. часы | Форма контроля   |
|----------------------|---|-------------------|------------------|
| 3                    | <u>Теплофизические свойства твердых тел и керамики.</u><br>Высокотемпературный крип, связь с диффузией и структурой.                | 4                 | Устный опрос № 2 |
| 4                    | <u>Стратегия создания новых керамических материалов.</u><br>Изучение основных механизмов диффузии и гетеродиффузии в твердых телах. | 4                 | Устный опрос № 2 |
| 5                    | <u>Физико-химические аспекты создания композиционных керамических материалов.</u><br>Прогнозирование разрушения керамики.           | 4                 | Устный опрос № 3 |
| 6                    | <u>Керамические материалы как поликристаллы.</u><br>Длительная прочность, механизмы деградации структуры.                           | 2                 | Устный опрос № 3 |

### **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.**

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте: <http://media.technolog.edu.ru>

### **6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации**

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачёта.

Зачёт предусматривает выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций.

При сдаче зачета, студент получает два вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу – до 30 мин.

Пример билета к зачету:

1. Линейные дефекты – винтовая дислокация, её строение, характеристики, сдвиговое напряжение.
2. Влияние температуры на прочность керамических материалов.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1

Результаты освоения дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций достигнут пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе – оценка «зачёт».

### **7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины.**

#### **а) печатные издания:**

1. Орданьян, С.С. Проектирование состава, структуры и свойств керамических конструкционных наноматериалов: учебное пособие / С.С. Орданьян, А.Е. Кравчик – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2014. – 84 с.

2. Орданьян, С.С. Технология наноструктурированных керамических материалов. Новые керамические инструментальные материалы: учебное пособие / С.С. Орданьян, И.Б. Пантелеев – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2014. – 86 с.
3. Введение в нанотехнологию: учебник / В.И. Марголин, В.А. Жабрев, Г.Н. Лукьянов, В.А. Тупик. – СПб. : Лань, 2012. – 457 с.
4. Основы материаловедения, коррозии и технологии материалов: учебное пособие / М.М. Сычев, В.Н. Коробко, Т.В. Лукашова, С.В. Мякин.– СПб. : СПбГТИ(ТУ), 2011. – 94 с.
5. Научные основы нанотехнологий и новые приборы : учебник-монография/Долгопрудный.: Интеллект, 2011. – 527 с.
6. Вихман, С.В. Физико-химические основы технологии наноструктурированных конструкционных керамических материалов : методические указания к лабораторным работам / С. В. Вихман, О. А. Кожевников ; СПбГТИ(ТУ). Каф. хим. технологии тонкой техн. керамики. - СПб, 2012. - 47 с.

#### **б) электронные издания**

1. Орданьян, С.С. Теоретические основы управляемого спекания наноструктурных материалов: учебное пособие / С.С. Орданьян, И.Б. Пантелеев – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2014. – 33 с.
2. Основы нанотехнологии: учебник / Н.Т. Кузнецов, В.Н. Новоторцев, В.А. Жабрев, В.И. Марголин. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. – 397 с.
3. Суворов, С.А. Процессы разрушения, оптимизация свойств и выбор высокотемпературных наноструктурированных материалов. Учебное пособие / С.А. Суворов, В.В. Козлов, Н.В. Арбузова. – СПб. : СПбГТИ(ТУ), 2013. – 133 с.
4. Пантелеев, И. Б. Теоретические основы технологии керамики: учебное пособие/И. Б. Пантелеев, Л. В. Козловский – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2012.– 114 с.

#### **8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.**

Интернет-ресурсы: проводить поиск в различных системах, таких как [www.yandex.ru](http://www.yandex.ru), [www.google.ru](http://www.google.ru), [www.rambler.ru](http://www.rambler.ru), [www.yahoo.ru](http://www.yahoo.ru) и использовать материалы сайтов, рекомендованных преподавателем на лекционных занятиях.

С компьютеров института открыт доступ к:

[www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru) - eLIBRARY - научная электронная библиотека периодических изданий;

<http://e.lanbook.com> - Электронно-библиотечная система издательства «Лань», коллекции «Химия» (книги издательств «Лань», «Бином», «НОТ»), «Нанотехнологии» (книги издательства «Бином. Лаборатория знаний»);

[www.consultant.ru](http://www.consultant.ru) - КонсультантПлюс - база законодательных документов по РФ и Санкт-Петербургу;

[www.scopus.com](http://www.scopus.com) - База данных рефератов и цитирования Scopus издательства Elsevier;

<http://webofknowledge.com> - Универсальная реферативная база данных научных публикаций Web of Science компании Thomson Reuters;

<http://iopscience.iop.org/journals?type=archive>, <http://iopscience.iop.org/page/subjects> - Издательство IOP (Великобритания);

[www.oxfordjournals.org](http://www.oxfordjournals.org) - Архив научных журналов издательства Oxford University Press;

<http://www.sciencemag.org/> - Полнотекстовый доступ к журналу Science (The American Association for the Advancement of Science (AAAS));

<http://www.nature.com> - Доступ к журналу Nature (Nature Publishing Group);

<http://pubs.acs.org> - Доступ к коллекции журналов Core + издательства American Chemical Society;  
<http://journals.cambridge.org> - Полнотекстовый доступ к коллекции журналов Cambridge University Press.

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.**

Все виды занятий по дисциплине «Технологическое проектирование производств высокотемпературных конструкционных материалов» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

СТП СПбГТИ 040-02. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования;

СТО СПб ГТИ(ТУ) 018-2014 КС УКДВ. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 048-2009. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является:

- плановость в организации учебной работы;
- серьезное отношение к изучению материала;
- постоянный самоконтроль.

На занятия студент должен приходить, имея знания по уже изученному материалу.

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.**

### **10.1. Информационные технологии.**

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

- чтение лекций с использованием слайд-презентаций;
- национальные стандарты и технические регламенты;
- базы данных, каталоги, блок-схемы, иллюстрирующие изучаемый материал;
- плакаты, таблицы с моделями планирования эксперимента и др.;
- взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС.

### **10.2. Программное обеспечение.**

Для проведения занятий имеются персональные компьютеры с программным обеспечением:

- Windows,
- OpenOffice.

### 10.3. Базы данных и информационные справочные системы.

1. <http://prometeus.nse.ru> – база ГПНТБ СО РАН.
2. <http://borovic.ru> - база патентов России.
3. <http://1.fips.ru/wps/portal/Register> - Федеральный институт промышленной собственности
4. <http://google.com/patent>- база патентов США.
5. <http://freepatentsonline.com>- база патентов США.
6. <http://patentmatie.com/welcome> - база патентов США.
7. [http://patika.ru/Epasenet\\_patentnie\\_poisk.html](http://patika.ru/Epasenet_patentnie_poisk.html) - европейская база патентов.
8. <http://gost-load.ru>- база ГОСТов.
9. <http://worlddofaut.ru/index.php> - база ГОСТов.
10. <http://elibrary.ru> – Российская поисковая система научных публикаций.
11. <http://springer.com> – англоязычная поисковая система научных публикаций.
12. <http://dissforall.com> – база диссертаций.
13. <http://diss.rsl.ru> – база диссертаций.
14. <http://webbook.nist.gov/chemistry> - NIST Standard Reference Database.
15. <http://riodb.ibase.aist.go.jp/riohomee.html> - база спектров химических соединений.
16. <http://markmet.ru> – марочник сталей.

### 11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы.

Для ведения лекционных занятий используется аудитория, оборудованная средствами оргтехники.

Для ведения лекционных и практических занятий используется аудитория отделения керамики (помещение № 8), 24 посадочных места. Аудитория оборудована проектором и компьютером для демонстрации презентаций и учебных видеоматериалов, стендами с наглядными образцами изделий и материалов.

### 12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебные процесс осуществляется в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014.

**Фонд оценочных средств  
для проведения промежуточной аттестации по  
дисциплине «Технологическое проектирование производств высокотемпературных  
конструкционных материалов»**

**1. Перечень компетенций и этапов их формирования.**

| Индекс компетенции | Содержание  | Этап формирования |
|--------------------|---|-------------------|
| <b>ПК-2</b>        | <b>Способен осуществлять рациональный выбор материалов и оптимизировать их расходование на основе анализа заданных условий эксплуатации материалов, оценки их надежности, экономичности и экологических последствий применения</b>      | промежуточный     |
| <b>ПК-4</b>        | <b>Способен моделировать процессы обработок и прогнозировать результаты их осуществления при различных режимах, в том числе с использованием стандартных пакетов компьютерных программ и средств автоматизированного проектирования</b> | промежуточный     |

## 2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания

| Код и наименование индикатора достижения компетенции  | Показатели сформированности (дескрипторы)   | Критерий оценивания                | УРОВНИ СФОРМИРОВАННОСТИ<br>(описание выраженности дескрипторов)                          |   |  |
|---|---|------------------------------------|--|---|--|
|   |   |                                    | «удовлетворительно»<br>(пороговый)   | «хорошо»<br>(средний)   | «отлично»<br>(высокий)   |
| <b>ПК-2.3</b><br>Умение применять основные типы современных неорганических и органических материалов для решения производственных задач, владение навыками выбора материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности, экологических последствий их применения. | <b>Знает</b> строение кристаллических материалов, их реальную макро- и микро-структуру, взаимосвязь свойств со структурой (ЗН-1)                  | Ответы на задания № 1-7 к зачёту   | Перечисляет основные виды дефектов в кристаллах.   | Излагает современное состояние исследований в дефектов в реальных кристаллов.                         | Излагает иерархическую взаимосвязь структурных характеристик поликристаллических керамических материалов.  |
|   | <b>Умеет</b> успешно решать проблему создания материалов с регулируемыми свойствами (У-1)   | Ответы на задания № 8-11 к зачёту  | Выделяет основные принципы создания спеченных композиционных материалов.                 | Объясняет последовательность технических решений при разработке новых материалов.                     | Успешно решает проблему создания материалов с регулируемыми свойствами, исходя из конкретных производственных задач.                             |
|   | <b>Владеет</b> представлениями о фундаментальных физических основах, определяющих важнейшие свойства керамических композиционных материалов (Н-1) | Ответы на задания № 12-15 к зачёту | Перечисляет основные типы диаграмм состав – свойство и их связь с диаграммами состояния. | Отвечает на дополнительные вопросы о термомеханической совместимости фаз в композиционных материалах. | Отвечает на дополнительные вопросы о фундаментальных физических основах, определяющих важнейшие свойства керамических композиционных материалов. |

|   |  |   |   |   |   |
|---|--|---|---|---|---|
| <p><b>ПК-4.3</b><br/>Знание фундаментальных основ, определяющих физико-механические и эксплуатационные свойства спеченных материалов, создаваемых по керамической технологии.</p> | <p><b>Знает</b> принципы создания композиционных керамических материалов (ЗН-2)</p>  | <p>Ответы на задания № 16-20 к зачёту</p> | <p>Объясняет характер деформаций и напряжений в твердых телах. Упругие и пластические деформации, изменение формы и объема.</p> | <p>Объясняет особенности диффузии в тугоплавких металлах, ионно-ковалентных оксидах, металлоподобных и ковалентных соединениях.</p> | <p>Интерпретирует статистический характер диффузионных процессов, связь дефектности кристаллов и диффузионной подвижности.</p>            |
|   | <p><b>Умеет</b> ориентироваться в выборе методов управления строением и свойствами материалов, опираясь на диаграммы состояния и технологические возможности (У-2)</p>   | <p>Ответы на задания № 21-27 к зачёту</p> | <p>Интерпретирует влияние структуры на прочностные характеристики поликристаллов.</p>   | <p>Выделяет основные положения теории хрупкого разрушения поликристаллов Гриффитса.</p>   | <p>Ориентируется в выборе методов управления строением и свойствами композиционных материалов.</p>  |
|   | <p><b>Владет</b> знаниями иерархической связи и подчиненности структурных уровней керамических материалов различной химической природы, создаваемых путем консолидации дисперсных одно- и многофазных систем (Н-2)</p> | <p>Ответы на задания № 28-31 к зачёту</p> | <p>Излагает основы управления микроструктурой и свойствами композиционных материалов.</p>                                       | <p>Показывает навыки регулирования свойств композиционных материалов.</p>   | <p>Формулирует выводы о иерархической связи и подчиненности структурных уровней керамических материалов различной химической природы.</p> |

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме зачёта. Для получения зачёта должен быть достигнут «пороговый» уровень сформированности компетенций.

### **3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации**

#### **а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-2:**

1. Линейные дефекты – винтовая дислокация, её строение, характеристики, сдвиговое напряжение.
2. Простейшая «роликовая» модель дислокации.
3. Иерархическая взаимосвязь структурных характеристик поликристаллических керамических материалов.
4. Общие свойства дислокаций (на примере линейной дислокации).
5. «Размножение» дислокаций – механизм Франка-Рида.
6. Плоские дефекты – границы зерен, их строение, влияние на свойства поликристаллов.
7. Реальные кристаллы: точечные атомные дефекты, их виды.
8. Основные принципы создания спеченных композиционных материалов.
9. Последовательность технических решений при разработке новых материалов.
10. Анизотропия, КЛТР и влияние структуры на эффективный КЛТР в кристаллических материалах.
11. Идеальные и реальные кристаллы, основные отличительные характеристики.
12. Взаимодиффузия, эффекты Киркендалла-Френкеля, их роль при спекании керамики.
13. Основные типы диаграмм состав – свойство и их связь с диаграммами состояния.
14. Теоретическая и реальная прочность кристаллических материалов.
15. Термомеханическая совместимость фаз в композиционных материалах.

#### **б) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-4:**

16. Энергия границ зерен, закономерности роста зерен в поликристаллах.
17. Пластическая деформация монокристаллов и поликристаллов, закон Шмида.
18. Поведение при нагружении пластичных и хрупких тел,  $P$ - $\epsilon$ -диаграммы.
19. Схема деформации и разрушения твердых тел по Давиденкову. Влияние температуры на поведение твердых тел.
20. Самодиффузия и диффузия в кристаллах, механизмы диффузии, первый закон Фика.
21. Статистический характер прочности, суть масштабного эффекта, критерий Вейбулла и его суть.
22. Механизмы ползучести по Набарро-Херрину, коблу, влияние структуры на ползучесть.
23. Влияние структуры на прочностные характеристики поликристаллов (керамики).
24. Теплоемкость твердых тел, закон Дюлонга-Пти, смысл понятия «температура Дебая».
25. Закон электронейтральности для ионных кристаллов, его рациональное приложение.
26. Основные положения теории хрупкого разрушения поликристаллов

Гриффитса.

27. Регулируемая валентность, нестехиометрия как проявление дефектности кристаллической структуры.

28. Ползучесть кристаллических материалов, кривая ползучести и ее анализ.

29. Критерии термостойкости и их роль в оценке эксплуатационных свойств керамики.

30. Взаимодиффузия, эффекты Киркендалла-Френкеля, их роль при спекании керамики.

31. Влияние температуры на прочность керамических материалов.

**4. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКДВ. Порядок организации и проведения зачетов и экзаменов.