

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 2020 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

**Процессы консолидации порошков: закономерности и критерии
 эффективности**

Направление подготовки/ специальность	22.04.01 Материаловедение и технологии материалов	
Образовательная программа (направленность (профиль))	Производство изделий из наноструктурных материалов и аддитивные технологии	
Специализация	Производство изделий из наноструктурных материалов и аддитивные технологии	
Уровень образования	высшее образование - магистратура	
Курс	1	2
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	3	
Виды учебной деятельности	Временной ресурс	
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	16
	Практические занятия	16
	Лабораторные занятия	
	ВСЕГО	32
Самостоятельная работа, ч		76
ИТОГО, ч		108

Вид промежуточной
аттестации

зачёт

Обеспечивающее
подразделение

Отделение
материаловедения
ИШНПТ

Заведующий кафедрой -
руководитель ОМ на правах
кафедры ИШНПТ
Руководитель ООП

Преподаватель

	В.А. Клименов
	О.Л. Хасанов
	Э.С. Двилис

2020 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5.4 Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
ПК(У)-1	Способен реализовывать на производстве технологии сухого компактирования порошковых материалов, используя методы горячего и холодного прессования, ультразвукового и коллекторного компактирования	И.ПК(У)-1.1	Применяет методики количественной оценки текущих свойств и поведения порошков в процессах их консолидации	ПК(У)-1.1В1	Владеет принципами построения механистической модели прессования порошковых материалов, аппаратом описания связи континуальных и дискретных характеристик порошкового тела, пространственным представлением о вариантах предельных состояний упаковки частиц, математическим аппаратом описания упаковки частиц, деформируемых в процессе прессования
				ПК(У)-1.1У1	Умеет представить этапы и стадии процесса прессования математически и графически, выбирать и комбинировать уравнения упаковки частиц по назначению
				ПК(У)-1.1З1	Знает основные проблемы физического моделирования процессов прессования порошков и способы их решения, основные уравнения связи континуальных и дискретных характеристик уплотняемого порошкового тела
		И.ПК(У)-1.2	Способен выбрать оптимальные способы, схемы и рациональные приёмы прессования порошков на основе количественной оценки их свойств	ПК(У)-1.2В1	Владеет теоретическими основами, математическим аппаратом описания и оптимизации, практическими навыками эффективного отдельного и совместного применения рациональных приёмов и методов прессования порошковых материалов
				ПК(У)-1.2У1	Умеет выявлять на основе экспериментальных данных и выбирать оптимальные составы, режимы и схемы деформации порошковых тел, уплотняемых различными методами в изделия заданной формы
				ПК(У)-1.2З1	Знает основные проблемы оптимизации, механизмы внешнего энергетического воздействия в процессе прессования порошков, особенности влияния геометрии пресс-форм и кинематических схем деформации на свойства прессовок, технику и методики определения характеристик порошковых смесей
		И.ПК(У)-1.3	Использует методики выявления и сопоставления критериев эффективности и оптимизации процессов консолидации порошков	ПК(У)-1.3В1	Владеет методикой комплексной оптимизации режимов прессования и внешнего энергетического воздействия по эксплуатационным характеристикам спечённых изделий
				ПК(У)-1.3У1	Умеет выявлять оптимальные режимы прессования и внешнего энергетического воздействия по характеристикам прессовок и спечённой из них керамики
				ПК(У)-1.3З1	Знает и умеет интерпретировать физический смысл основных характеристик уплотняемого порошкового тела

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

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

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Индикатор достижения компетенции
Код	Наименование	
РД 1	Применяет математический аппарат описания процессов свободной и деформированной упаковки частиц порошков	И.ПК(У)-1.1
РД 2	Рассчитывает значения давления и плотности на границах начала и окончания основных этапов и стадий процесса прессования порошковых материалов	И.ПК(У)-1.1
РД 3	Использует теоретические основы, математический аппарат описания и методики оптимизации для эффективного раздельного и совместного применения рациональных приёмов и методов прессования порошковых материалов	И.ПК(У)-1.2
РД 4	Выбирает оптимальные составы, режимы и схемы деформации порошковых тел, уплотняемых различными методами в изделия заданной формы	И.ПК(У)-1.2
РД 5	Решает основные проблемы оптимизации и применения внешнего энергетического воздействия в процессе прессования порошков,	И.ПК(У)-1.2
РД 6	Использует особенности влияния геометрии пресс-форм и кинематических схем деформации на свойства прессовок, технику и методики определения характеристик порошковых смесей для оптимизации их состава	И.ПК(У)-1.2
РД 7	Применяет методики комплексной оптимизации режимов прессования и внешнего энергетического воздействия по эксплуатационным характеристикам спечённых изделий	И.ПК(У)-1.3
РД 8	Практически интерпретирует изменения количественных характеристик уплотняемого порошкового тела по их физическому смыслу для оптимизации режимов прессования и внешнего воздействия	И.ПК(У)-1.3

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 (модуль) 1. Методики количественной оценки текущих свойств и поведения порошков в процессах их консолидации	РД1	Лекции	2
		Практические занятия	2
		Самостоятельная работа	10
	РД2	Лекции	2
		Практические занятия	2
		Самостоятельная работа	10
Раздел (модуль) 2. Рациональные способы, схемы и приёмы прессования порошков	РД3	Лекции	2
		Практические занятия	2
		Самостоятельная работа	10
	РД4	Лекции	2
		Практические занятия	2
		Самостоятельная работа	10
	РД5	Лекции	2
		Практические занятия	2
		Самостоятельная работа	10
	РД6	Лекции	2
		Практические занятия	2
		Самостоятельная работа	10
Раздел (модуль) 3. Методики выявления и сопоставления критериев эффективности и оптимизации процессов консолидации порошков	РД 7	Лекции	2
		Практические занятия	2
		Самостоятельная работа	10
	РД 8	Лекции	2
		Практические занятия	2
		Самостоятельная работа	5

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Методики количественной оценки текущих свойств и поведения порошков в процессах их консолидации

Темы лекций:

- Физические модели прессования порошков.** Проблемы построения, Общая концепция, Гипотеза, положения, допущения, ограничения, Этапы и стадии процесса прессования (2 часа)
- Модели упаковки частиц.** Введение в проблему, Вывод и выбор по применимости, Область определения координационного числа, Взаимная укладка деформированных частиц (2 часа)

Темы практических занятий:

- Дополнительные характеристики порошкового тела в рамках механистической модели прессования (2 часа)
- Экспериментальные и аналитические способы определения координационного числа упаковок частиц (2 часа)

Раздел 2. Рациональные способы, схемы и приёмы прессования порошков

Темы лекций:

- Метод УЗ-прессования.** Квазирезонансный механизм влияния на порошковую систему в процессе прессования, Экспериментальная оценка эффектов УЗ-воздействия (2 часа)

2. **Метод коллекторного прессования.** Теоретическое и модельное определение перепада плотности по высоте прессовок, Теоретическое обоснование коллекторных схем прессования, в том числе, при УЗ-воздействии (2 часа)
3. **Прессование в конической полости.** Модельное описание вариантов прессования в конической полости, Математическое описание вариантов реализации приёма (2 часа)
4. **Горячее прессование и СПС.** Описание процесса совместного компрессионного и термического воздействия при консолидации: описание поверхности уплотнения, Оптимизация режимов консолидации (линия наискорейшего подъёма на поверхности уплотнения) (2 часа)
5. **Квазиизостатическое прессование (КИП).** Описание кривой КИП, Моделирование процесса методом КЭ (1 час)
6. **Оптимизация гранулометрического состава многокомпонентных порошковых смесей.** Введение в проблему оптимизации гранулометрического состава, варианты решения, Техника реализации методики (1 час)

Темы практических занятий:

1. Практическая реализация УЗ-прессования (включая особенности учёта крепления оснастки) (2 часа)
2. Практическая реализация коллекторных схем прессования (включая особенности учёта упрессовки) (2 часа)
3. Варианты реализации рациональных методов прессования по целям использования (2 часа)
4. Примеры практического использования метода оптимизации гранулометрического состава многокомпонентных порошковых смесей (2 часа)

Раздел 3. Методики выявления и сопоставления критериев эффективности и оптимизации процессов консолидации порошков

Темы лекций:

1. **Стандартные критерии оптимизации процесса прессования порошков.** Классификация порошков по характеристикам прессуемости, Производные критерии эффективности процесса прессования (2 часа)
2. **Методы исследования и анализ процессов консолидации порошков на основе количественных критериев эффективности.** Физический смысл интенсивности уплотнения и относительного давления прессования, Оценка влияния режимов внешнего воздействия на характеристики порошковых прессовок, Оценка влияния и оптимизация режимов внешнего воздействия при прессовании по характеристикам спечённой керамики (2 часа)

Темы практических занятий:

1. Вычисление характеристик прессуемости и производных критериев эффективности прессования (2 часа)
2. Построение экспериментальных зависимостей эксплуатационных характеристик изделий в координатах характеристик прессуемости порошков (2 часа)

5. Организация самостоятельной работы студентов

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

- Работа с лекционным материалом
- Поиск и обзор литературы и электронных источников информации по теме индивидуального задания
- Структурирование и создание презентаций по теме индивидуального задания
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку (промышленное технологическое

- ультразвуковое оборудование, оборудование для горячего прессования, промышленные технологии шликерного литья, изостатического прессования)
- Описание экспериментальных результатов и оформление отчёта (2 шт)
 - Подготовка к оценивающим мероприятиям

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

1. Хасанов О. Л., Двилис Э. С., Бикбаева З. Г., Качаев А. А., Полисадова В. В. Методы компактирования и консолидации наноструктурных материалов и изделий: Учебное пособие. - Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013 - 269 с. (Гриф УМО) Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2015/m127.pdf>
2. Эффекты мощного ультразвукового воздействия на структуру и свойства наноматериалов: учебное пособие / О.Л. Хасанов, Э.С. Двилис, В.В. Полисадова, А.П. Зыкова – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 149 с. Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2012/m160.pdf>
3. Метод коллекторного компактирования нано- и полидисперсных порошков: учебное пособие / О.Л. Хасанов, Э.С. Двилис, А.А. Качаев – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 102 с. Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2012/m130.pdf>

Дополнительная литература (указывается по необходимости)

1. Оськин, В.А. Материаловедение. Технология конструкционных материалов: учебное пособие. / В.А. Оськин, В.В. Евсиков. Кн. 1. М.: КолосС, 2006. – 448 с.
2. Карпенков, В.Ф. Материаловедение. Технология конструкционных материалов: учебное пособие. / В.Ф. Карпенков, Л. Г. Баграмов, В.Н. Байкалова и др. Кн. 2. М.: КолосС, 2006. – 312 с.
3. Двилис Э.С. Закономерности процессов консолидации порошковых систем при изменении условий деформации и физических воздействий: дис. ... д-ра физ.-мат. наук. Томский политехнический университет, Томск, 2014
4. Валиев Р.З., Александров И.В. Наноструктурные материалы, полученные интенсивной пластической деформацией.- М.:Логос, 2000.- 272 с.
5. Алымов М.И. Порошковая металлургия нанокристаллических материалов.-М.: Наука, 2007.-169 с.
6. Тимохова М.И. Некоторые особенности квазиизостатического прессования //Стекло и керамика.– 2002.–№1.– С. 20-25.
7. Тимохова М. И. Квазиизостатическое прессование в серийном производстве керамики (обзор) //Стекло и керамика.– 2002.– №8.–С. 14-19.
8. Горячее динамическое компактирование наноразмерных порошков оксида алюминия и титана / Иванов В.В., Котов Ю.А., Вихрев А.Н., Носкова Н.И. // Доклады академии наук. – 1997.–Т.352.– №6.– С.759-761.

6.2. Информационное и программное обеспечение

1. Сайт о нанотехнологиях в России [Электронный ресурс]: <http://www.nanoware.ru/>
2. Нанотехнологическое сообщество [Электронный ресурс]: www.nanometer.ru
3. Интернет-журнал о нанотехнологиях. [Электронный ресурс]: <http://nanodigest.ru/>
4. Российский электронный НАНОЖУРНАЛ. [Электронный ресурс]: <http://www.nanorf.ru/>
5. Нанотехнологии. Научно-информационный портал по нанотехнологиям [Электронный ресурс]: <http://nano-info.ru/>
6. Нанотехнологии: сегодня и будущее. [Электронный ресурс]: <http://www.nanoevolution.ru/cat/nanomedicina/>

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;
Cisco Webex Meetings;
Document Foundation LibreOffice;
Google Chrome;
Microsoft Office 2013 Standard Russian Academic;
Mozilla Firefox ESR;
ownCloud Desktop Client;
Tracker Software PDF-XChange Viewer;
WinDjView; Zoom Zoom

7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 2, строн. 1, 203	Комплект оборудования для проведения занятий по основным разделам дисциплины Доска аудиторная настенная - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 42 посадочных мест; Компьютер - 2 шт.
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 2, строн. 1, 210	Комплект оборудования для проведения занятий по основным разделам дисциплины Комплект учебной мебели на 22 посадочных мест; Проектор - 1 шт.; Компьютер - 1 шт.

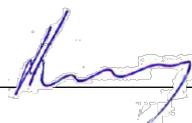
Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов / специализация «Производство изделий из наноструктурных материалов и аддитивные технологии» (приема 2020 г., очная форма обучения).

Разработчик:

Должность	ФИО
Профессор ОМ	Двилис Э.С.

Программа одобрена на заседании Отделения материаловедения ИШНПТ (протокол № 35 от 29.06.2020).

Руководитель выпускающего отделения,
д.т.н, профессор

 /В.А. Клименов/

Лист изменений рабочей программы дисциплины:

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании Отделения материаловедения (протокол)
2020/2021 учебный год	1. Обновлено программное обеспечение 2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем 3. Обновлен список литературы, в том числе ссылок ЭБС.	№ 36/1 от 01.09.2020 г.