

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИФВТ ТПУ  
А.Н. Яковлев  
«19» октября 2016 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ (ДИСЦИПЛИНЫ)  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ КОНСОЛИДАЦИИ ОБЪЕМНЫХ  
НАНОМАТЕРИАЛОВ И ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ**

НАПРАВЛЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ) ООП **28.03.03 Наноматериалы**

ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ (СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ, ПРОГРАММА)  
**Наноструктурные материалы**

КВАЛИФИКАЦИЯ (СТЕПЕНЬ) **бакалавр**

БАЗОВЫЙ УЧЕБНЫЙ ПЛАН ПРИЕМА **2018 г.**

КУРС **3** СЕМЕСТР **5, 6**

КОЛИЧЕСТВО КРЕДИТОВ **12**

ПРЕРЕКВИЗИТЫ

**Математика; Химия; Физика; Общее материаловедение и технологии материалов; Порошковые технологии изготовления наноматериалов**

КОРЕКВИЗИТЫ **Физические методы синтеза и модифицирования нанокристаллических материалов**

ВИДЫ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ВРЕМЕННОЙ РЕСУРС:

Лекции **48 час.**

Лабораторные работы **16 час.**

Практические занятия **96 час.**

Аудиторные занятия **160 час.**

Самостоятельная работа **272 час.**

ИТОГО **432 час.**

ФОРМА ОБУЧЕНИЯ **очная**

ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ **зачет, экзамен**

ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЕ **кафедра НМНТ ИФВТ**

ЗАВЕДУЮЩИЙ КАФЕДРОЙ \_\_\_\_\_ О.Л. Хасанов

РУКОВОДИТЕЛЬ ООП \_\_\_\_\_ О.Л. Хасанов

ПРЕПОДАВАТЕЛЬ \_\_\_\_\_ Г.В. Лямина

**2016 г.**

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Цели освоения модуля (дисциплины)	3
2. Место модуля (дисциплины) в структуре ООП	4
3. Результаты освоения модуля (дисциплины)	4
4. Структура и содержание модуля (дисциплины)	5
4.1. Аннотированное содержание разделов модуля (дисциплины):	5
4.1.1. Содержание лекций	5
4.1.2. Содержание практических занятий	6
4.1.3. Содержание лабораторных работ	7
4.2. Структура модуля (дисциплины) по разделам и видам учебной деятельности	8
5. Образовательные технологии	8
6. Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов	9
6.1. Текущая и творческая проблемно-ориентированная СРС	9
6.2. Содержание самостоятельной работы студентов по модулю (дисциплине)	9
6.3. Контроль самостоятельной работы	9
6.4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов	10
7. Средства (ФОС) текущей и итоговой оценки качества освоения модуля (дисциплины)	10
8. Рейтинг качества освоения модуля (дисциплины)	12
9. Учебно-методическое и информационное обеспечение модуля дисциплины	13
10. Материально-техническое обеспечение дисциплины	14

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ МОДУЛЯ (ДИСЦИПЛИНЫ)

Цель преподавания дисциплины – дать представление об основных технологических процессах, с помощью которых в настоящее время создаются консолидированные наноматериалы; ознакомить с перспективами и проблемами разработок в этой области.

Цель дисциплины соответствует целям ООП подготовки бакалавра по направлению 28.03.03 Наноматериалы:

Код цели	Формулировка цели	Требования ФГОС и (или ) заинтересованных работодателей
Ц1	Подготовка выпускника к производственной деятельности в области создания наноматериалов с заданными технологическими и функциональными свойствами для различных областей техники и технологии	Требования ФГОС ВПО, профессиональных стандартов 40.046 и 40.103, критерии АИОР, соответствующие международным стандартам <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> . Потребности российских предприятий nanoиндустрии, электроники, машиностроительного комплекса, приборостроения, авиационной и ракетно-космической техники, атомной энергетики, медицинской техники.
Ц2	Подготовка выпускника к проектно-технологической деятельности в области создания инновационных технологий производства, обработки и модификации наноматериалов и изделий на их основе.	Требования ФГОС ВПО, профессиональных стандартов 40.046 и 40.103, критерии АИОР, соответствующие международным стандартам <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> . Потребности российских предприятий nanoиндустрии, электроники, машиностроительного комплекса, приборостроения, авиационной и ракетно-космической техники, атомной энергетики, медицинской техники.
Ц4	Подготовка выпускника к научно-исследовательской и расчетно-аналитической деятельности в области создания конструкционных и функциональных неорганических (металлических и неметаллических) и органических наноматериалов; композитов и гибридных материалов; на основе ресурсоэффективных технологий.	Требования ФГОС по направлению 28.03.03, профессиональных стандартов 40.046 и 40.103, критерии АИОР, соответствующие международным стандартам <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> . Потребности российских предприятий nanoиндустрии, электроники, машиностроительного комплекса, приборостроения, авиационной и ракетно-космической техники, атомной энергетики, медицинской техники. Потребности научно-исследовательских центров РАН

## 2. МЕСТО МОДУЛЯ (ДИСЦИПЛИНЫ) В СТРУКТУРЕ ООП

Модуль (дисциплина) относится к профессиональному циклу общеобразовательной программы. Дисциплина является вариативной и ориентирована, в основном, для студентов, обучающихся на кафедре наноматериалов и нанотехнологий Томского политехнического университета. Для успешного освоения дисциплины студентам необходимо знать основные методы синтеза наноразмерных порошков, иметь представление о современном материаловедении, владеть аппаратом химической термодинамики, уметь составлять уравнения химических реакций, иметь представление о высокомолекулярных веществах. Иметь опыт работы в приложениях Microsoft Office. Соответственно *пререквизитами* данного курса являются дисциплины математика; химия; физика; Общее материаловедение и технологии материалов; Порошковые технологии изготовления наноматериалов. Соответственно *коррективитами* являются следующие дисциплины: экологические аспекты применения нанотехнологий; физические методы синтеза и модифицирования нанокристаллических материалов.

## 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ МОДУЛЯ (ДИСЦИПЛИНЫ)

Компетенции, осваиваемые в результате обучения представлены в таблице 1, результаты (профессиональный опыт, знания и умения) в таблице 2.

Таблица 1

### Компетенции, развиваемые в процессе обучения по дисциплине

Компетенции	Результат обучения
<p>способностью использовать на практике современные представления наук о свойствах веществ и материалов при переходе их в наноразмерное состояние (ноль, одно и двухмерное), о влиянии размера на свойства веществ и материалов, взаимодействии наноматериалов и наносистем с окружающей средой (ПК-2);</p> <p>способностью применять навыки использования (под руководством) методов моделирования, оценки, прогнозирования и оптимизации технологических процессов и свойств наноматериалов, стандартизации и сертификации материалов и процессов (ПК-4);</p> <p>производственная и проектно-технологическая деятельность: способностью применять основные типы наноматериалов и наносистем неорганической (металлических и неметаллических) и органической (полимерных и углеродных) природы (твердых, жидких, гелеобразных, аэрозольных), включая нанопленки и наноструктурированные покрытия, для решения производственных задач, владением навыками выбора этих материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности, экологических последствий их применения (ПК-5)</p>	<p>Р.5. Внедрять в производство наноматериалы заданными свойствами и технологии их получения: неорганические (керамические, металлические), органические, композиционные.</p>

**Результаты обучения**

Профессиональный опыт (владеть)	Умения	Знания
10. технологиям и получения объемных консолидированных наноматериалов	У.10.12.1. получать керамические наноматериалы методами шликерного литья	З.10.12.1.1. составы и условия изготовления шликеров
		З.10.12.1.2. принципиальные схемы машин для шликерного литья под давлением
		З.10.12.1.3. условия спекания керамики, полученной методами шликерного литья
		З.10.12.1.4. материалы, используемые для изготовления пресс-форм для шликерного литья
		З.10.12.1.5. методику подготовки эскиза пресс-формы для шликерного литья для изделий различной формы
	У. 10.12.2. получать керамические наноматериалы методами ультразвукового прессования	З.10.12.2.1. принципиальную схему прессов
		З.10.12.2.2. материалы для изготовления пресс-форм для прессования
		З.10.12.2.3 условия совмещения волновода с пресс-формой
		З.10.12.2.4 типы ультразвуковых генераторов
		З.10.12.2.5. условия спекания керамик, полученных методами прессования
	У.10.12.3. получать керамические наноматериалы методами горячего прессования	З.10.12.3.1. типы установок, использующихся для получения керамик методами горячего прессования
		З.10.12.3.2 принципиальная схема установки для SPS-синтеза керамик
		З.10.12.3.3. материалы пресс-форм для горячего прессования
		З.10.12.3.4 условия спекания карбидных и нитридных керамик методом SPS

**4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ МОДУЛЯ (ДИСЦИПЛИНЫ)**

**4.1. Аннотированное содержание разделов модуля (дисциплины):**

**4.1.1. Содержание лекций (5 семестр)**

№ лекции	СОДЕРЖАНИЕ ЛЕКЦИИ	Час
<b>МОДУЛЬ 1. ПОРОШКОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КОМПАКТИРОВАНИЯ</b>		<b>24</b>
1	Прессование. Одноосное сжатие. Закономерности процесса одноосного прессования в закрытых жестких пресс-формах. Способы подготовки порошков к формованию.	2
2	Характеристики компактирования порошков. Оценка этапов и	4

№ лекции	СОДЕРЖАНИЕ ЛЕКЦИИ	Час
	граничных условий процесса уплотнения порошков. Пристенное и межчастичное трение в процессе компактирования порошка. Распределение давления вдоль оси прессования. Зависимость параметров прессовки от ее упругих свойств. Параметры межчастичных связей. Оптимизация внешнего воздействия.	
3	Уравнения прессования. Уравнение Бережного. Модифицированное уравнение Бережного. Оценка перепада плотности по высоте прессовки на основе коэффициентов уравнения прессования. Методика построения кривых уплотнения НП.	4
4	Ультразвуковой способ прессования. Распространение ультразвуковых колебаний в среде нанопорошков переменной плотности. Механизмы воздействия мощного ультразвука на компактируемый нанопорошок.	2
5	Эффективность способов ориентации колебательного смещения относительно оси прессования. Влияние ультразвукового воздействия (УЗВ) на качество прессовок. Влияние УЗВ на плотность, усадку, порораспределение и зернистость спеченной керамики.	2
6	Динамическое прессование. Магнитно-импульсный метод. Взрывное прессование. Изостатическое прессование.	4
7	Спекание оксидной керамики. Спекание керамических изделий в воздушной среде. Спекание в вакууме.	2
8	Спекание керамики по SPS-технологии. Определение режимов спекания. Усадка прессовок в процессе их спекания. Дефекты керамических изделий после спекания и причины их появления.	4
<b>МОДУЛЬ 2. ШЛИКЕРНОЕ ЛИТЬЕ</b>		<b>24</b>
9	Схемы наливного и сливного литья	2
10	Требования, предъявляемые к суспензиям и литьевому процессу	2
11	Основные количественные характеристики процесса шликерного литья	4
12	Методы получения суспензий. Состав, связующие, модификаторы	2
13	Стабилизация суспензий.	2
14	Влияние перемешивания, pH, температуры на свойства шликеров.	4
15	Технологии шликерного литья, литье под давлением, литье на ленту.	4
16	Оборудование для шликерного литья: пресс-формы, литьевые машины	4
		<b>48</b>

**4.1.2. Содержание практических занятий  
(семестр 5) 16 часов – 5 семестр; 80 часов – 6 семестр (курсовой проект)**

№ ЛР	СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ	Час.
<b>МОДУЛЬ 3 МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАНОМАТЕРИАЛОВ (СЕМЕСТР 5)</b>		
1	<b>1. Моделирование и исследование свойств наночастиц.</b> 1.1. Математические методы конструирования однокомпонентных и	2

№ ЛР	СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ	Час.
	двухкомпонентных наночастиц. 1.1.1. Модель однокомпонентных наночастиц. 1.1.2. Модель двухкомпонентных наночастиц.	
2	1.1.3. Построение потенциального поля одно- и двухкомпонентных наночастиц.	2
3	1.2. Исследование свойств наночастиц на основании геометрических и физико-химических расчетов.	2
4	<b>2. Моделирование микроструктур</b> 2.1. Моделирование микроструктуры с помощью плотной упаковки сфер. 2.2. Алгоритм перекатывающихся частиц. 2.3. Условия реализации модели стохастической плотной упаковки сферических частиц.	2
5	2.5. Моделирование микроструктуры с помощью плотной упаковки сферополиэдров	2
6	<b>3. Моделирование процессов спекания и самоорганизации наночастиц</b> 3.1. Многофазная упаковка сферополиэдров под давлением. 3.2. Структурно-имитационное моделирование спекания.	2
7	3.3. Спекание на подложке.	2
8	3.4. Самосборка ансамблей микро- и наночастиц в капле растворителя	2
Всего		16

#### 4.1.3. Содержание лабораторных работ 16 часов – 5 семестр

№ ЛР	СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ	Час.
<b>МОДУЛЬ 1. ПОРОШКОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КОМПАКТИРОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ (Семестр 5)</b>		
1	Лабораторная работа № 1. «Уплотнение сухих нанопорошков» 1.1. Ознакомление с техникой для прессования. Коллекторные и УЗ – пресс-формы. Прессы, компьютеризованная установка Mitutoyo ID-F125/150; ДМ 5001EУ (2 часа). 1.3. Уплотнение нанопорошков различной дисперсности: частиц микронного размера с добавками нанопорошков $Al_2O_3$ (4 часа). 1.4. Построение кривых уплотнения нанопорошков различных типов (4 часа). 1.5. Изучение КТР полученных компактов (6 часов).	4
2	Лабораторная работа № 2 «Спекание нанокерамики и нанокompозитов». 2.1. Ознакомление с установкой для спекания нанокерамики и нанокompозитов “Spark Plasma Sintering” (SPS) (2 часа). 2.3. Спекание нанопорошков различной дисперсности: частиц микронного размера с добавками нанопорошков $Al_2O_3$ и $B_4C$ (8 часов). 2.5. Изучение КТР и микротвердости структуры полученных образцов (6 часов).	4



№ ЛР	СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ	Час.
	<b>МОДУЛЬ 2. ШЛИКЕРНОЕ ЛИТЬЕ (Семестр 5)</b>	
3	Лабораторная работа № 3 Получение деталей на основе оксида алюминия методом свободного литья. Подготовка шликера и отливка (4 часа) Предварительный (утельный) и окончательный обжиг отлитых деталей (2 часа) Изучение механических характеристик полученных деталей (2 часа).	8
Всего		16

#### 4.2 Структура модуля (дисциплины) по разделам и видам учебной деятельности

Структура модуля (дисциплины) по разделам и формам организации обучения

Название раздела	Аудиторная работа (час)			СРС (час)	Итого
	Лекции	ЛБ	ПЗ		
Модуль 1. Порошковые технологии компактирования материалов (Семестр 5)	24	8		54	86
Модуль 2. Шликерное литье (Семестр 5)	24	8		32	64
Модуль 3. Методы моделирование наноматериалов (Семестр 5)	–		16	50	66
Курсовое проектирование (Семестр 6)			80	136	216
<b>Итого</b>	<b>48</b>	<b>16</b>	<b>96</b>	<b>272</b>	<b>432</b>

### 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Методы и формы организации обучения (ФОО)

Методы	ФОО	Лекции	Лабораторные работы	СРС
IT-методы				
Работа в команде			+	
Case-study				+
Игра				
Методы проблемного обучения		+	+	+
Обучение на основе опыта				
Опережающая самостоятельная работа				+
Проектный метод				
Поисковый метод			+	+
Исследовательский метод			+	



## 6. ОРГАНИЗАЦИЯ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

### 6.1. Текущая и творческая проблемно-ориентированная СРС

При изучении дисциплины «Технологические процессы консолидации объемных наноматериалов и производства изделий» предусмотрено несколько типов внеаудиторной (самостоятельной) работы:

#### *Текущая самостоятельная работа*

**1. Подготовка к лекции** включает работу с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса, (опережающая самостоятельная работа).

**2. Подготовка к лабораторным работам** включает оформление отчета, проработку лекционного материала, и изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку.

**3. Подготовка к экзамену** включает работу с лекционным материалом, отчетами по экспериментальным лабораторным работам и материалов, выносимым на самостоятельное изучение.

Творческая проблемно-ориентированная самостоятельная работа

**4. Подготовка индивидуального задания.** Решение задач.

**5. Конспект.** Выполняется по отдельным темам, которые не рассматриваются на лекции. Проводится с использованием ресурсов научно-технической библиотеки ТПУ и библиотечного фонда кафедры НМНТ. Включает анализ научных и учебных публикаций по заранее определенной преподавателем теме.

**6. Подготовка устного сообщения.** Выполняется по каждому модулю по материала лабораторных работ и конспектов. Темы выбираются самостоятельно по одной из лабораторных работ и материалу соответствующего конспекта и лекции.

### 6.2. Содержание самостоятельной работы студентов по дисциплине

Материал, выносимый на самостоятельную проработку, оформляется в виде конспекта (развернутого плана) и включает 6 тем. Оформление материала предполагает проработку литературы, рекомендуемой преподавателем. Соответственно у каждого студента в конце семестра должна быть собрана информация по всем темам.

### 6.3 Контроль самостоятельной работы

#### *Виды контроля СРС*

Тип контроля	Способ осуществления и тип самостоятельной работы
Самостоятельные работы	Проводятся на каждой лабораторной работе (10 минут). Позволяют контролировать качество проработки лекционного материала, уровень усвоения тем, выносимых на самостоятельное изучение, контролировать уровень опережающей самостоятельной работы.
Защита лабораторных работ	Проводятся после каждой лабораторной работы в группе из 3–4 человек.

Тип контроля	Способ осуществления и тип самостоятельной работы
	Позволяют контролировать качество проработки лекционного материала; уровень усвоения тем, выносимых на самостоятельное изучение, оценить уровень усвоения методик синтеза порошковых наноматериалов; проверить навыки оформления и представления информации в лабораторных отчетах; оценивать способность студента работать в команде.
Проверка индивидуальных заданий	Проводится на лабораторных занятиях. Позволяет контролировать качество выполнения индивидуального задания, уровень усвоения материала дисциплины.
Проверка конспектов	Проводится на лабораторных занятиях. Позволяет контролировать качество проработки тем, выносимых на самостоятельное изучение, оценить способность студента к анализу научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме..
Устное сообщение	Проводится на лабораторных и лекционных занятиях во время конференц-недель. Включает подготовку компьютерной презентации и краткого реферата.

Содержание разделов дисциплины, выносимых  
На самостоятельное изучение

№	ТЕМА И СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛА	Форма СР
1	1. Коэффициенты температурного расширения неметаллических материалов 2. Теплоемкость керамических материалов. Методы определения теплоемкости. 3. Изменение линейных размеров керамических образцов при спекании. 4. Определение оптимального режима спекания керамики с использованием данных дилатометрии. 5. Изменение линейных размеров спеченных керамических образцов при нагревании и охлаждении.	1. Проработка лекций 2. Индивидуальное задание № 2. 4. Подготовка устного сообщения

#### 6.4 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Включает основную и дополнительную литературу (см. раздел 9)

### 7. СРЕДСТВА (ФОС) ТЕКУЩЕЙ И ИТОГОВОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ МОДУЛЯ (ДИСЦИПЛИНЫ)

#### Примеры экзаменационных билетов по дисциплине

##### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Шликерное литье. Стабилизация суспензий на основе SiO<sub>2</sub>. Влияние перемешивания, рН, температуры. Оборудование для шликерного литья: пресс-

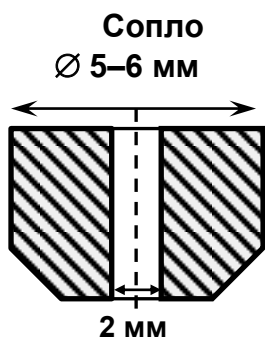
формы, литьевые машины.

3. Диаметр цилиндрического порошкового образца в пресс-форме, установленной в гидравлический пресс, составляет 14 мм. Диаметр поршня гидравлического пресса составляет 178 мм. Какое давление прессования испытывает образец, если показание манометра пресса составляет 40 кгс/см<sup>2</sup>? Ответ представить в единицах МПа.

### Задания для курсового проектирования

#### Вариант 1

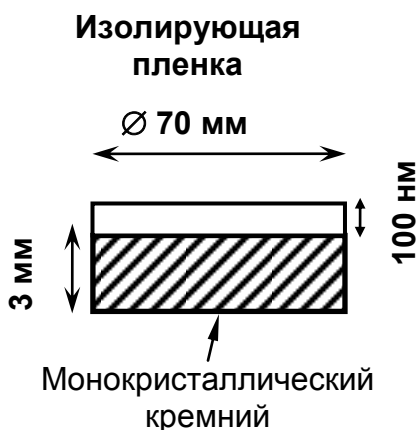
#### Ваше изделие – электропроводящая насадка для сопла



**Требование** – сопло, изготовленное из электропроводящей керамики, применяемое для плазменной резки металлов для газоплазменной аппаратуры работающее в условиях повышенного давления и высокой температуры.

**Задача выполнения проекта** – предложить полную технологию получения предлагаемого изделия. Курсовой проект должен включать в себя следующие основные пункты

1. Сырье для получения изделия.
  - 1.1. Обоснование выбора метода получения сырья.
  - 1.2. Возможные реальные поставщики сырья.
  - 1.3. При отсутствии подходящего поставщика (неудовлетворительная ценовая политика, неудобное месторасположение), который мог бы обеспечить экономическую выгодность проекта, необходимо оценить возможность оптимального получения прекурсора на месте производства, включая стоимость и тип оборудования и сырья.
2. Основное оборудование для получения изделия
  - 2.1. Обоснование выбора оборудования для получения изделия.
  - 2.2. Возможные реальные поставщики оборудования.
3. Полное описание технологии получения изделия, включая подробное описание последовательности действий и перечень вспомогательного оборудования и материалов.
4. Ключевые вопросы охраны окружающей среды



#### Вариант 7

#### Ваше изделие – наноструктурированная сегнетоэлектрическая пленка для электроники

**Требование** – наноразмерная пленка, толщиной 30-300 нм и высотой рельефа 5 нм, как каталитический, изолирующий, планаризирующий слой для использования в устройствах памяти и управляемых СВЧ-устройствах.

**Задача выполнения проекта** – предложить полную технологию получения предлагаемого изделия. Курсовой проект должен включать в себя следующие основные пункты

1. Сырье для получения изделия.
  - 1.1. Обоснование выбора метода получения сырья.
  - 1.2. Возможные реальные поставщики сырья.
  - 1.3. При отсутствии подходящего поставщика (неудовлетворительная ценовая политика, неудобное месторасположение), который мог бы обеспечить экономическую выгодность проекта, необходимо оценить возможность оптимального получения прекурсора на месте производства, включая стоимость и тип оборудования и сырья.
2. Основное оборудование для получения изделия
  - 2.1. Обоснование выбора оборудования для получения изделия.
  - 2.2. Возможные реальные поставщики оборудования.
3. Полное описание технологии получения изделия, включая подробное описание последовательности действий и перечень вспомогательного оборудования и материалов.
4. Ключевые вопросы охраны окружающей среды

### **Вариант 8**

#### **Ваше изделие – носитель для металлических катализаторов**

**Требование** – инертный носитель, изготовленный из оксидной керамики, в виде цилиндров толщиной 1 мм и высотой 2-5 мм с диаметром пор 0,1-10 микрон

**Задача выполнения проекта** – предложить полную технологию получения предлагаемого изделия. Курсовой проект должен включать в себя следующие основные пункты

1. Сырье для получения изделия.
  - 1.1. Обоснование выбора метода получения сырья.
  - 1.2. Возможные реальные поставщики сырья.
  - 1.3. При отсутствии подходящего поставщика (неудовлетворительная ценовая политика, неудобное месторасположение), который мог бы обеспечить экономическую выгодность проекта, необходимо оценить возможность оптимального получения прекурсора на месте производства, включая стоимость и тип оборудования и сырья.
2. Основное оборудование для получения изделия
  - 2.1. Обоснование выбора оборудования для получения изделия.
  - 2.2. Возможные реальные поставщики оборудования.
3. Полное описание технологии получения изделия, включая подробное описание последовательности действий и перечень вспомогательного оборудования и материалов.
4. Ключевые вопросы охраны окружающей среды

## **8. РЕЙТИНГ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ МОДУЛЯ (ДИСЦИПЛИНЫ)**

Промежуточная аттестация (экзамен, зачет) производится в конце семестра также путем балльной оценки. Итоговый рейтинг определяется суммированием баллов текущей оценки в течение семестра и баллов промежуточной аттестации в конце семестра по результатам экзамена или зачета. Максимальный итоговый рейтинг

соответствует 100 баллам.

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОДУЛЯ (ДИСЦИПЛИНЫ)**

### **9.1. Основная литература**

1. Хасанов О. Л. , Двиллис 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)
2. О.Л. Хасанов, Э.С. Двиллис, З.Г. Бикбаева, В.В. Полисадова, А.А. Качаев «Методы компактирования и консолидации наноструктурных материалов и изделий» – М.: Изд-во "БИНОМ: Лаборатория знаний" - 2011. – 179 с. (гриф УМО)
3. Хасанов, О.Л. Эффекты мощного ультразвукового воздействия на структуру и свойства наноматериалов: учебное пособие / О.Л. Хасанов, Э.С. Двиллис, В.В. Полисадова, А.П. Зыкова – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 149 с.
4. Хасанов, О.Л. Метод коллекторного компактирования нано- и полидисперсных порошков: учебное пособие / О.Л. Хасанов, Э.С. Двиллис, А.А. Качаев – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 102 с.

### **9.2. Дополнительная литература**

1. Хасанов, О.Л.. Методы компактирования и консолидации наноструктурных материалов и изделий: учебное пособие. / О.Л. Хасанов, Э.С. Двиллис, З.Г. Бикбаева – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 196 с.
2. Оськин, В.А. Материаловедение. Технология конструкционных материалов: учебное пособие. / В.А. Оськин, В.В. Евсиков. Кн. 1. М.: КолосС, 2006. – 448 с.
3. Андриевский, Р.А. Наноструктурные материалы: учеб. пособие для вузов по направлению подготовки дипломир. спец. 651800 "Физ. материаловедение" / Андриевский, Р.А., Рагуля, А.В. - М.: Академия, 2005. – 187 с.
4. Головин Ю. И.. Введение в нанотехнику. — М.: Машиностроение, 2007. – 496 с. (в библиотечном фонде каф. НМНТ).
5. Гусев, А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии - М.: Физматлит, 2005. – 410 с.
6. 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.
7. Случинская И.А. Основы материаловедения и технологии полупроводников, - Москва, 2002 г. - 376 с.
8. Пул Ч. Нанотехнологии : уч. пособие. — М. : Техносфера, 2006. — 336 с. (в библиотечном фонде каф. НМНТ)
9. Сергеев, Г.Б. Нанохимия. Химия - М.: Книжный дом университет, 2006. - 333 с.
10. Кормилицын О. П.. Механика материалов и структур нано- и микротехники : уч. пособие. — М. : Академия, 2008. – 217 с.
11. Суздалев И.П. Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. – М.: КомКнига, 2006.

### 9.3. Электронные ресурсы

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

## 10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОДУЛЯ (ДИСЦИПЛИНЫ)

Для выполнения исследований и организации учебного процесса используются компьютерная техника, мультимедиа проекторы, современные программные продукты. Кафедры располагает собственными компьютерными классами с общим числом компьютеров – 10, объединенных в локальную сеть с выходом в Интернет (ауд. 209, 15 корпус).

Для выполнения лабораторных работ на кафедре НМНТ имеется лаборатория (ауд. 211, 15 корпус; ауд 018, 10 корпус), снабженная весами, вытяжными шкафами, химической посудой, реактивами и соответствующее оборудование: анализатор удельной поверхности и пористости Сорби (ауд. 206, 15 корпус), пресс для спекания нанокерамики SPS-1500A, растровый электронный микроскоп сверхвысокого разрешения JSM-7500; вакуумный электронный высокотемпературный дилатометр DIL 402 E/7/G-Ру, Установка для спекания объемных наноматериалов в разряде плазмы Dr. sinter lab SPS-515S, испытательный пресс ИП-500М-авто, печь атмосферная LAC VP 20/17.

Программа составлена на основе Стандарта ООП ТПУ в соответствии с требованиями ФГОС 3+ по направлению **28.03.03 Наноматериалы**

Программа одобрена на заседаниикафедры НМНТ ИФВТ  
протокол № 61 от «11» октября 2016 г.

Автор доцент, к.х.н. \_\_\_\_\_ Г.В. Лямина

Рецензенты доцент, к.ф.м..н. \_\_\_\_\_ И.А. Божко

С.н.с, к.т.н. \_\_\_\_\_ В.М. Соколов