

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИФВТ

А.Н. Яковлев

«    »

2014 г.

**Рабочая программа модуля (профессионального модуля 2) «Технологии производства наноструктурированных композиционных керамических материалов»**

**Образовательная программа** повышения квалификации «Технологии наноструктурированных композиционных оксидных и безоксидных керамических материалов»

**Направление** «Материаловедение и технологии материалов»

**Учебный план** 2014 г.

**Виды учебной деятельности и временной ресурс:**

всего – 108 часов,

в том числе:

обязательной аудиторной учебной нагрузки обучающегося – 46 часов;

самостоятельной работы обучающегося – 26 часов;

практики – 36 часов

**Форма обучения** очно-заочная

**Вид аттестации** защита проектного задания

**Обеспечивающее подразделение** кафедра НМНТ ИФВТ

Заведующий кафедрой

Руководитель ООП

Преподаватель

  
\_\_\_\_\_  
  
\_\_\_\_\_  
  
\_\_\_\_\_

О.Л. Хасанов

О.Л. Хасанов

Г.А. Воронова

2014 г.

## 1. Цели освоения модуля (дисциплины)

В рамках программы повышения квалификации кадров планируется повышение квалификации по следующим направлениям:

I – Инженеры – исследователи и разработчики технологии производства наноструктурированной керамики

II – Инженеры – технологи производства наноструктурированной керамики

Таблица 1 - Образовательные результаты

Код	Формулировка образовательного результата	Структурная единица
ПК 1	Диагностировать и испытывать композиционные керамические материалы, в том числе наноструктурированные	ПМ 1 [вариативный] для инженеров – исследователей и разработчиков технологии производства наноструктурированной керамики и инженеров – технологов производства наноструктурированной керамики  Исследование структуры и свойств керамических наноматериалов
<b>ПК 2</b>	<b><i>Разрабатывать технологии производства наноструктурированных композиционных керамических материалов</i></b>	<b><i>ПМ 2 [вариативный] для инженеров – исследователей и разработчиков технологии производства наноструктурированной керамики</i></b>  <b><i>Технологии производства наноструктурированных композиционных керамических материалов</i></b>
ПК 3	Модернизировать существующие технологии производства наноструктурированных композиционных керамических материалов	ПМ 3 [вариативный] для инженеров – технологов производства наноструктурированной керамики  Модернизация технологий производства керамических материалов
ПК 4	Прогнозировать влияние микро- и нано- масштаба на механические, физические, поверхностные и другие свойства композиционных керамических материалов	ПМ 4 [инвариантный] Современные технологии керамики: от микро- к нанопорошкам.

## 2. Место модуля (дисциплины) в структуре ООП

Профессиональный модуль предназначен для повышения квалификации инженеров – исследователей и разработчиков технологии производства наноструктурированной керамики. Программа профессионального модуля используется в программе «Технологии наноструктурированных композиционных оксидных и безоксидных керамических материалов» в части получения следующих результатов:

***ПК 2. Разрабатывать технологии производства наноструктурированных композиционных керамических материалов***

Обучающийся по программе «Технологии наноструктурированных композиционных оксидных и безоксидных керамических материалов», должен выбрать данный модуль для построения своей индивидуальной образовательной программы в случае, если он планирует получить или повысить квалификацию инженера – исследователя и разработчика технологии производства наноструктурированной керамики.

### **3. Результаты освоения модуля (дисциплины)**

С целью формирования перечисленных результатов обучающийся в ходе освоения программы модуля должен:

#### **Иметь практический опыт**

- получения керамических изделий на основе порошков, в том числе нанодисперсных методами холодного прессования;
- получения керамических изделий на основе порошков, в том числе нанодисперсных методами холодного прессования с применением ультразвука (УЗ)
- получение керамических изделий на основе порошков, в том числе нанодисперсных, методами спекания под давлением
- получение керамических изделий на основе порошков, в том числе нанодисперсных, методами шликерного литья

#### **Уметь**

- корректировать режимы и схемы прессования, конструкторские особенности пресс-формы на основе анализа макродефектов прессовок (трещины, расслоения, сколы, осыпания);
- определять характер геометрической усадки прессовок при спекании;
- проектировать прессовую УЗ оснастку;
- проводить сопряжение волновода с пресс-формой;
- подбирать оптимальные условия формования керамических изделий при горячем прессовании;
- проектировать оснастку для горячего прессования;
- подбирать оптимальные условия формования керамических изделий при спекании в плазме искрового разряда;
- проектировать оснастку для спекания керамических порошков в плазме искрового разряда;
- эксплуатировать оборудование, используемое для спекания керамики под давлением
- готовить шликеры на водной и органической основе;
- эксплуатировать оборудование для получения изделий методом шликерного литья под давлением;
- эксплуатировать оборудование для получения изделий методом шликерного литья на ленту.

#### **Знать**

- типы макродефектов прессовок, причин их возникновения и способов их устранения;
- основные типы композиционных керамических материалов различного назначения;
- теоретические основы процессов спекания;
- физико-химические свойства композиционных керамических материалов различного назначения;
- основное ультразвуковое оборудование, применяемого для прессования;
- физические эффекты влияния ультразвука на порошки и компакты;
- специфику распространения ультразвука в твердых телах;
- правила конструирования УЗ оснастки;

- механизм текучести материалов при высоких температурах и давлении;
- физические и химические эффекты, возникающих в порошковых компактах при высоких температурах и давлении;
- основные типы оборудования, используемого при горячем прессовании;
- основные типы пресс-форм, используемых при горячем прессовании;
- процессы, протекающие при нагреве детали посредством прямого прохождения тока;
- основные типы оборудования, используемого для спекания керамических порошков в плазме искрового разряда;
- основные типы пресс-форм, используемых при спекании керамических порошков в плазме искрового разряда;
- устройства прессов для горячего прессования;
- устройства оборудования для спекания в разряде плазмы;
- влияние внешних факторов (температура, рН, перемешивание) на свойства шликера;
- основные рецептуры шликеров на водной и неводной основе;
- основные типы оборудования, используемого для шликерного литья под давлением;
- материалы, используемые для изготовления форм для шликерного литья;
- основные типы оборудования, используемого для шликерного литья на ленту;
- специфику состава шликеров, используемых для литья на ленту.

#### 4. Структура и содержание модуля (дисциплины)

##### 4.1 Учебно-тематический план профессионального модуля 2

##### «Технологии производства наноструктурированных композиционных керамических материалов»

Таблица 2 - Учебно-тематический план профессионального модуля

Наименования элементов профессионального модуля	Всего часов	Обязательная аудиторная учебная нагрузка, часов		Практика, часов	Самостоятельная работа, часов
		всего	в т.ч. практические и лабораторные занятия		
<b>МДК 2.1. Получение керамических изделий методом холодного прессования с применением ультразвука</b>	<b>36</b>	<b>22</b>	<b>9</b>		<b>14</b>
Тема 2.1.1 Введение в технологии керамики	22	12	2		10
Тема 2.1.2. Ультразвуковое прессование	14	10	6		4
<b>МДК 2.2. Получение керамических изделий методами горячего прессования</b>	<b>16</b>	<b>12</b>	<b>8</b>		<b>4</b>
<b>МДК 2.3. Получение керамических изделий методами шликерного литья</b>	<b>20</b>	<b>12</b>	<b>8</b>		<b>8</b>
<b>ПП 2. Практика</b> Проектные задания				<b>36</b>	
<b>Всего</b>	<b>108</b>	<b>46</b>	<b>26</b>	<b>36</b>	<b>26</b>

[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]
-----	-----	-----	-----	-----	-----

#### 4.2 Содержание обучения по профессиональному модулю 2 «Технологии производства наноструктурированных композиционных керамических материалов»

Таблица 3 - Содержание обучения по профессиональному модулю

Наименование тем	Содержание учебного материала, лабораторные работы и практические занятия, практика, самостоятельная работа обучающихся, проекты		Объем часов	
<b>МДК 2.1. Получение керамик методом холодного прессования с применением ультразвука</b>				
<b>Тема 2.1.1. Введение в технологии керамики</b>	<b>Содержание</b>			
	<b>1</b>	<b>Лекция 1 Введение в керамическую технологию</b> Типы макродефектов прессовок, причин их возникновения и способов их устранения. Влияние структуры керамики на дефектность изделий в процессе шлифования	<b>2</b>	
	<b>2</b>	<b>Лекция 2</b> Упруго-пластические свойства керамических материалов	<b>2</b>	
	<b>3</b>	<b>Лекция 3</b> Физика прочности и разрушения керамических материалов	<b>2</b>	
	<b>4</b>	<b>Лекция 4.</b> Основные типы безоксидной технической керамики	<b>2</b>	
	<b>Лабораторные работы</b>			
	<b>1</b>	Корректировка режимов прессования и конструкций пресс-формы на основе изображений макродефектов прессовок	<b>2</b>	
	<b>Практические занятия</b>			
	<b>1</b>	Константы и основные характеристики упруго-пластично вязких свойств керамик	<b>2</b>	
	<b>Самостоятельная работа при изучении темы</b>			
	<b>1</b>	<b>СР 1</b> Изучение разделов учебного пособия по механизмам спекания и припекания	<b>3</b>	
	<b>2</b>	<b>СР 2</b> Составление сравнительной таблицы «Изменение морфологии различных керамических материалов при спекании»	<b>1</b>	
	<b>3</b>	<b>СР 3</b> Литературный обзор «Фазовые диаграммы композиционных керамических материалов»	<b>2</b>	
	<b>4</b>	<b>СР 4</b> Составление отчёта «Сравнительный анализ изменения химической стабильности керамик при высоких температурах»	<b>2</b>	
	<b>5</b>	<b>СР 5</b> Составление справочного листа «Совместимость керамических материалов с материалами оборудования, используемого в технологии их производства»	<b>2</b>	
<b>Тема 2.1.2. Ультразвуковое прессование</b>	<b>Содержание</b>			
	<b>1.</b>	<b>Лекция 1</b> Ультразвуковое прессование	<b>2</b>	
	<b>2.</b>	<b>Лекция 2</b> Ультразвуковые пресс-формы.	<b>2</b>	
	<b>Лабораторные работы</b>			
	Проектирование УЗ пресс-форм, форм для горячего прессования и спекания в плазме искрового разряда			<b>4</b>
	<b>Практические занятия</b>			
	<b>1</b>	Получение изделий из оксида алюминия методом УЗ прессования	<b>4</b>	
<b>Самостоятельная работа при изучении темы</b>				

Наименование тем	Содержание учебного материала, лабораторные работы и практические занятия, практика, самостоятельная работа обучающихся, проекты		Объем часов	
	1	<b>СР 1</b> Составление сравнительной таблицы «Типы ультразвукового оборудования (генераторы, преобразователи): преимущества и ограничения»	1,5	
	2	<b>СР 2</b> Изучение раздела учебного пособия «Классификация эффектов УЗ-воздействия на компактируемые порошки»	3,5	
<b>МДК 2.2. Получение керамических изделий методами горячего прессования</b>				
Тема 2.2.1 Получение керамик методами горячего прессования	<b>Содержание</b>			
	1.	<b>Лекция 1.</b> Горячее прессование	2	
	2.	<b>Лекция 2.</b> SPS-синтез	2	
	<b>Практические занятия</b>			
	1	Получение керамики на основе карбида кремния методом горячего прессования	4	
	2	Получение керамики на основе карбида бора спеканием в плазме искрового разряда (SPS)	4	
	<b>Самостоятельная работа при изучении темы</b>			
	1	Составление сравнительной таблицы «Изменение реологии наиболее используемых керамических материалов при воздействии температуры и давления»	1	
	2	Варианты метода горячего прессования: сравнительный анализ	0,5	
	3	Справочный лист «Пресс-формы горячего прессования для различных типов керамики»	0,5	
	4	Типы установок SPS: сравнительный анализ	0,5	
	5	Справочный лист «Пресс-формы SPS для различных типов керамики»	0,5	
	6	Изучение схемы взаимодействия основных узлов пресса FCT HPW-400, их назначение.	0,5	
7	Изучение схемы взаимодействия основных узлов пресса Dr. Sinter Lab SPS-515S, их назначение.	1		
<b>МДК 2.3 Получение керамик методами шликерного литья</b>				
Тема 2.3.1. Получение керамик методами шликерного литья	<b>Содержание</b>			
	1	<b>Лекция</b> Литьё из термопластичного шликера	1,5	
	2	<b>Лекция</b> Керамика, получаемая литьём на плёнку	1,5	
	3	<b>Лекция</b> Металлизационные покрытия керамических изделий. Составы. Технология подготовки паст. Вжигание. Диагностика.	1	
	<b>Практические занятия</b>			
	1	Получение композиционной керамики на основе оксида алюминия и циркония методом шликерного литья	4	
	2	Получение керамики на основе нитрида алюминия методом шликерного литья на ленту	4	
	<b>Самостоятельная работа при изучении темы</b>			
	1	Изучение и систематизация информации о влиянии состава на литьевые свойства шликеров на основе оксида алюминия	3	
	2	Изучение и систематизация информации о влиянии режимов перемешивания и температуры на вязкость шликеров различных керамических порошков	1	
3	Справочный лист «Базовые составы шликеров на основе	2		

Наименование тем	Содержание учебного материала, лабораторные работы и практические занятия, практика, самостоятельная работа обучающихся, проекты		Объем часов
		водных растворов, парафинов, полиацетала: литье, литье под давлением»	
	4	Справочный лист «Основные узлы и конструктивные особенности форм для шликерного литья под давлением»	2
	5	Составление сравнительной таблицы «Установки для отливки керамической ленты на пленку: достоинства и ограничения»	0,5
<b>Практика: виды работ</b>	<p><b>Проектное задание</b> может быть выполнено в следующих организациях: Фраунгоферовский институт керамических технологий и систем (Германия); Институт физики прочности и материаловедения СО РАН (Томск), Институт гидродинамики СО РАН (Новосибирск), Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева (Москва), ЗАО НЭВЗ-КЕРАМИКС (Новосибирск), Томский политехнический университет (Томск).</p> <p>Темы проектных заданий индивидуальны для слушателей и связаны с разработкой технологии производства наноструктурированной композиционной керамики методами прессования и/или шликерного литья.</p>		36

## 5. Образовательные технологии

Таблица 4 - Методы и формы организации обучения (ФОО)

Методы	ФОО		
	Лекции	Лабораторные занятия	СРС
IT-методы	+		+
Опережающая самостоятельная работа			+
Исследовательский метод		+	

**IT-методы** будут применяться для расчета основных физико-химических параметров по экспериментальным данным в ходе выполнения лабораторных работ, статистической обработки данных, оформления отчетов лабораторных работ, оформления рефератов в виде презентаций.

**Опережающая самостоятельная работа** при работе со студентами будет заключаться в том, что заранее перед лекцией студентам будет выдана тема для подготовки. Во время лекции будет обсуждаться тема в виде диалога или дискуссии.

**Исследовательский метод** предполагается использовать при подготовке проектной работы.

## 6. Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

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

При изучении дисциплины 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 практическим занятиям** включает проработку лекционного материала, и изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку, подготовку к тестам по изучаемым темам.
3. **Подготовка к экзамену** включает работу с лекционным материалом, задачам рассмотренным на практических занятиях и материалов, выносимым на самостоятельное изучение.

#### **Творческая проблемно-ориентированная самостоятельная работа**

4. **Подготовка устного сообщения.** Выполняется по выбранной преподавателем теме. Проводится с использованием ресурсов Internet, научно-технической библиотеки и библиотечного фонда кафедры. Студент делает сообщение на практике с использованием компьютерной презентации, выполненной в формате Microsoft Power Point. Включает поиск, анализ, структурирование и презентацию информации.
5. **Конспект (реферат).** 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 публикаций по заранее определенной преподавателем теме.

### **6.2. Содержание самостоятельной работы студентов по модулю (дисциплине)**

Оформление материала предполагает проработку литературы, рекомендуемой преподавателем. Необходимо использовать не менее 10 – 15 источников литературы, найденных самостоятельно (использование электронных ресурсов не более 50 %).

Темы, выносимые на самостоятельную проработку (конспекты, рефераты).

1. Изучение разделов учебного пособия по механизмам спекания и припекания
2. Составление сравнительной таблицы «Изменение морфологии различных керамических материалов при спекании»
3. Литературный обзор «Фазовые диаграммы композиционных керамических материалов»
4. Составление отчёта «Сравнительный анализ изменения химической стабильности керамик при высоких температурах»
5. Составление справочного листа «Совместимость керамических материалов с материалами оборудования, используемого в технологии их производства»
6. Составление сравнительной таблицы «Типы ультразвукового оборудования (генераторы, преобразователи): преимущества и ограничения»
7. Изучение раздела учебного пособия «Классификация эффектов УЗ-воздействия на компактируемые порошки» Составление сравнительной таблицы «Изменение реологии наиболее используемых керамических материалов при воздействии температуры и давления»
8. Варианты метода горячего прессования: сравнительный анализ
9. Справочный лист «Пресс-формы горячего прессования для различных типов керамики»
10. Типы установок SPS: сравнительный анализ
11. Справочный лист «Пресс-формы SPS для различных типов керамики»
12. Изучение схемы взаимодействия основных узлов пресса FCT HPW-400, их назначение.
13. Изучение схемы взаимодействия основных узлов пресса Dr. Sinter Lab SPS-515S, их назначение.
14. Изучение и систематизация информации о влиянии состава на литевые свойства

- шликеров на основе оксида алюминия
15. Изучение и систематизация информации о влиянии режимов перемешивания и температуры на вязкость шликеров различных керамических порошков
  16. Справочный лист «Базовые составы шликеров на основе водных растворов, парафинов, полиацетала: литье, литье под давлением»
  17. Справочный лист «Основные узлы и конструктивные особенности форм для шликерного литья под давлением»
  18. Составление сравнительной таблицы «Установки для отливки керамической ленты на пленку: достоинства и ограничения»

### 6.3 Контроль самостоятельной работы

Таблица 5 - Виды контроля СРС

Тип контроля	Способ осуществления и тип самостоятельной работы
Самостоятельные и контрольные работы	Проводятся в виде тестов или теоретических вопросов на каждом практическом занятии (10 минут). Позволяют контролировать качество проработки лекционного материала, уровень усвоения тем, выносимых на самостоятельное изучение, контролировать уровень опережающей самостоятельной работы.
Устное сообщение	Проводится на практических занятиях. Позволяет контролировать качество выполнения индивидуального задания, оценить студента к поиску, анализу, структурированию и презентации информации; оценить способность студента к анализу научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме.
Индивидуальные задания	Проводиться по ключевым разделам курса и сдаются на проверку преподавателю.
Проверка конспектов	Проводится на каждом занятии. Позволяет контролировать качество проработки тем, выносимых на самостоятельное изучение.

### 6.4 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

#### Основная литература

1. **Гусев, Александр Иванович.** Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А. И. Гусев. — 2-е изд., испр. — Москва: Физматлит, 2009. — 414 с.: ил. — Библиография в конце глав. — Именной указатель: с. 406-407. — Предметный указатель: с. 408-414. — Список основных обозначений: с. 5. — ISBN 978-5-9221-0582-8 ((в пер.)).
2. **Андриевский, Ростислав Александрович.** Наноструктурные материалы : учебное пособие / Р. А. Андриевский, А. В. Рагуля. — Москва: Academia, 2005. — 178, [9] с.: ил.: 22 см. — Высшее профессиональное образование. Естественные науки. — Библиогр.: с. 177-179. — ISBN 5-7695-2034-5 ((в пер.)) ((в пер.)).
3. **Пул - мл., Ч.** Нанотехнологии : учебное пособие : пер. с англ. / Ч. Пул - мл., Ф. Оуэнс. — 5-е изд., испр. и доп. — Москва: Техносфера, 2010. — 330 с.: ил. — Мир материалов и технологий. — Библиография в конце глав. — ISBN 978-5-94836-2397

4. Рыжонков, Дмитрий Иванович. Наноматериалы : / Д.И. Рыжонков, В.В. Левина, Э.Л. Дзидзигури. — Москва: Бином. Лаборатория знаний, 2010. — 365 с.: ил., табл.: 21. — Нанотехнологии. — Библиогр.: с. 363. — ISBN 978-5-9963-0345-8: **Схема доступа:** [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=3134](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=3134)

### Дополнительная литература

1. **Сергеев, Глеб Борисович.** Нанохимия : учебное пособие / Г. Б. Сергеев. — 3-е изд. — Москва: КДУ, 2009. — 336 с.: ил. — Список литературы: с. 307-333. — ISBN 978-5-98227-621-6.
2. **Гусев, Александр Иванович.** Нанокристаллические материалы / А. И. Гусев, А. А. Ремпель. — Москва: Физматлит, 2001. — 223 с.: ил. — Библиогр.: с. 193-222. — ISBN 5-9221-0039-4.
3. Андриевский, Ростислав Александрович. Основы наноструктурного материаловедения. Возможности и проблемы : / Р. А. Андриевский. — Москва: Бином. Лаборатория знаний, 2011. — 252 с.: ил. — Нанотехнологии. — Библиогр. в предисл., библиогр. в конце гл., библиогр. в прил. — ISBN 978-5-9963-0622-0. **Схема доступа:** [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=3133](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=3133)
4. Введение в физику поверхности / К. Оура [и др.]; Дальневосточное отделение РАН; Институт автоматики и процессов управления. — Москва: Наука, 2006. — 490 с.: ил. — Библиогр.: с. 464-481. — Предметный указатель: с. 482-490. — ISBN 5-02-034355-2.
5. **Праттон, Мартин.** Введение в физику поверхности : пер. с англ. / М. Праттон. — Москва; Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2000. — 256 с. — Библиогр.: с. 230-242. — ISBN 5-93972-010-2.

### 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. 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/>

### 7. Средства (ФОС) текущей и итоговой оценки качества освоения модуля (дисциплины)

#### Задания и вопросы для оценки результатов обучения

1 Получение нанокompозита из смеси нанопорошков методом горячего прессования. Все ли утверждения верные? Ответ поясните.

1) Рост наночастиц происходит одновременно с их припеканием и образованием закрытых пор.

2) Чтобы частицы не успели вырасти за пределы наноразмеров, нагревать керамическую заготовку и прикладывать давление после выхода на рабочую температуру надо с максимально допустимой (не приводящей к дефектам) скоростью.

3) Уплотнение заготовки при горячем прессовании происходит за счет пластической деформации.

2 Горячее прессование с одновременным вращением штампов, приводящих к интенсивной пластической деформации заготовок. Все ли утверждения верные?



18 Укажите максимальное значение импульсного тока, пропускаемого через порошковое тело.

- а) 1,5 кА      б) 2 кА      в) 1,8 кА

19 В чем заключаются преимущества технологии SPS?

- а) высокая скорость нагрева.  
б) равномерное распределение тепла по образцу  
в) не контролируемая пористость  
г) необходимость в связке  
д) минимальное время синтеза изделия:  
е) минимальный рост зёрен,  
ж) влияние на микроструктуру  
з) равномерное спекание однородных и разнородных материалов

### Варианты проектных заданий

1 Количественная оценка влияния режимов ультразвукового прессования на свойства кольцевых наноструктурированных композиционных керамических материалов на основе оксида алюминия

2 Количественная оценка влияния режимов горячего прессования на свойства броневых наноструктурированных композиционных керамических материалов на основе карбида бора

3 Количественная оценка влияния режимов горячего прессования на свойства броневых наноструктурированных композиционных керамических материалов на основе карбида кремния

4 Количественная оценка влияния режимов литья на свойства наноструктурированных композиционных керамических подложек на основе оксида алюминия

5 Количественная оценка влияния режимов литья на свойства наноструктурированных композиционных керамических подложек на основе нитрида алюминия

6 Количественная оценка влияния гранулометрического и количественного состава алюмоциркониевой смеси на свойства наноструктурированных композиционных керамических элементов запорной арматуры

### 8. Рейтинг качества освоения модуля (дисциплины)

Образовательное учреждение, реализующее программу профессионального модуля, обеспечивает организацию и проведение текущего и промежуточного контроля демонстрируемых обучающимися знаний, умений и полученного опыта практической деятельности.

Максимальная оценка, которую слушатель может получить в процессе обучения по модулю, составляет 100 баллов, которую слушатель получает по результатам итогового контроля.

Текущий контроль проводится преподавателем на основе оценивания результатов практических работ и самостоятельной работы обучающихся. Цель текущего контроля – оценка сформированных знаний и умений. Набранные баллы не суммируются с баллами за итоговый контроль.

Таблица 6 - Формы и методы оценки результата

Результаты	Формы и методы оценки	Баллы
Знания		
Типы макродефектов прессовок, причин их возникновения и способов их устранения	Сравнение с эталоном	2

Результаты	Формы и методы оценки	Баллы
Основные типы керамики на основе силикатов и алюмосиликатов	Сравнение с эталоном	2
Основные типы оксидной технической керамики	Сравнение с эталоном	2
Основные типы керамики на основе титанатов, цирконатов, шпинелей.	Сравнение с эталоном	2
Основные типы безоксидной технической керамики	Сравнение с эталоном	2
Механизмы спекания и припекания	Сравнение с эталоном	2
Механизм воздействия УЗ на порошки и компакты	Сравнение с эталоном	3
Схема прессы FCTHPW-400	Сравнение с эталоном	2
Схема установки Dr. Sinter Lab SPS-515S	Сравнение с эталоном	2
Изучение и систематизация информации о влиянии перемешивания и температуры на свойства шликеров	Экспертная оценка	5
Базовые составы шликеров для литья под давлением	Сравнение с эталоном	2
Изменения морфологии различных керамических материалов при спекании»	Экспертная оценка	2
Типы ультразвуковых генераторов: преимущества и ограничения	Экспертная оценка	2
<b>Умения</b>		
Корректировать режимов прессования и конструкций пресс	Экспертная оценка	5
Учитывать фазовых диаграмм композиционных керамических материалов при спекании керамики	Сравнение с эталоном	5
Учитывать изменения химической стабильности материалов при высоких температурах при разработке технологии получения керамики	Экспертная оценка	5
Учитывать совместимости керамик с различными материалами, используемыми в технологии керамических производств	Экспертная оценка	3
Проектировать УЗ пресс-форм, форм для горячего прессования и спекания в плазме искрового разряда	Экспертная оценка	3
Получать оксид алюминия методом УЗ прессования	Экспертная оценка	4
Получать керамики на основе нитрида кремния методом горячего прессования	Экспертная оценка	5
Получать керамики на основе карбида бора спеканием в плазме искрового разряда	Экспертная оценка	5
Учитывать изменение текучести наиболее используемых керамических материалов при воздействии температуры и давления	Экспертная оценка	3
Выбирать прессы горячего прессования в зависимости от конкретной задачи (природы сырья и типа изделия)	Экспертная оценка	3
Выбирать пресс-формы, использующиеся при горячем прессовании для различных типов керамик	Сравнение с эталоном	3

Результаты	Формы и методы оценки	Баллы
Выбирать типы установок для спекания в разряде плазмы в зависимости от конкретной задачи (природы сырья и типа изделия)	Сравнение с эталоном	3
Получать композиционную керамику на основе оксида алюминия и кремния методом шликерного литья	Экспертная оценка	10
Получать керамику на основе нитрида алюминия методом шликерного литья на ленту	Экспертная оценка	10
Выбирать установки для отливки керамической ленты на пленку: достоинства и ограничения	Экспертная оценка	3
Всего		100

Итоговый контроль проводится преподавателем на основе оценивания результатов выполнения проектных заданий по модулю. Цель итогового контроля – оценка полученной в ходе обучения профессиональной компетенции, позволяющих выполнять работы по разработке технологии производства наноструктурированных композиционных керамических материалов. Порядок перевода оценочных баллов в оценочное суждение определяется в оценочных средствах.

Формы и методы текущего, промежуточного и итогового контроля, критерии оценивания доводятся до сведения обучающихся в начале обучения.

Для текущего, промежуточного и итогового контроля служат фонды оценочных средств (ФОС). ФОС включают в себя педагогические контрольно-измерительные материалы, предназначенные для определения соответствия (или несоответствия) индивидуальных образовательных достижений основным показателям результатов профессионального модуля.

Таблица 7 – Формы и методы оценки результата

Результаты	Показатели оценки результатов	Формы и методы оценки
(ПК – 2) Разрабатывать технологии производства наноструктурированных композиционных керамических материалов	Стадии технологического процесса соответствуют описанию технологий прессования и шликерного литья	Экспертная оценка
	Технические характеристики оборудования обеспечивают выполнение технологического процесса на всех стадиях	Сравнение с эталоном (характеристики оборудования)
	Операционная технологическая карта оформлена в соответствии с нормативами	Сравнение с эталоном (нормативы оформления)
	Рациональная схема прессования определена на основе классификации порошковых материалов по характеристикам прессуемости	Экспертная оценка рациональной карты
	Режим термообработки определен на основе изменения плотности и микроструктуры керамики	Экспертная оценка предложенных режимов термообработки
	Термическое оборудование для спекания выбрано с учетом возможных взаимодействий материала прессовки, футеровки печи и атмосферы	Экспертная оценка выбора оборудования или сравнение с эталоном (инструкции к оборудованию)
	Прессовая ультразвуковая оснастка выбрана с учетом физических эффектов влияния ульт-	Экспертная оценка выбора

Результаты	Показатели оценки результатов	Формы и методы оценки
	Тразвука на порошки и компакты	
	Сопряжение волновода с пресс-формой произведено в соответствии с правилами конструирования УЗ оснастки	Сравнение с эталоном (правила конструирования УЗ оснастки)
	Условия формования керамических изделий при горячем формовании подобраны с учетом физических и химических эффектов (в т.ч. текучести) в порошковых компактах при высоких температурах и давлении	Экспертная оценка предложенных условий горячего формования
	Условия формования керамических изделий при спекании в плазме искрового разряда подобраны с учетом основных характеристик плазмы и текучести материалов	Экспертная оценка предложенных условий спекания в плазме искрового разряда
	В рецептуре шликеров учтено влияние внешних факторов (температура, рН, перемешивание) на свойства шликера	Экспертная оценка рецептуры
	Эксплуатация оборудования для получения изделий методом шликерного литья на ленту планируется с учетом специфики состава шликеров, использующихся для литья на ленту	Экспертная оценка (наблюдение)

#### Итоговая оценка работы

Баллы	Оценка сформированности ПК
75–100	Сформирована
менее 75	Не сформирована

## 9. Учебно-методическое и информационное обеспечение модуля (дисциплины)

### Основные источники

1. Л. Хасанов, Э.С. Двилис, З.Г. Бикбаева, В.В. и др. «Методы компактирования и консолидации наноструктурных материалов и изделий» – М.: Изд-во "БИНОМ: Лаборатория знаний" – 2012. – 179 с.
2. Г.В. Лямина, А.А. Качаев, И.А. Божко, А.Ю. Годымчук и др. Порошки для изготовления керамики: учебное пособие – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 102 с. [электронный ресурс]
3. Словарь керамиста [Электронный ресурс]. – режим доступа: [http://www.ceramgzhel.ru/about\\_ceramics/](http://www.ceramgzhel.ru/about_ceramics/)
4. Технологии керамики : учебное пособие / под. ред. М.С. Петюкевич– Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 227 с. [электронный ресурс].
5. Химическая технология керамики: Учеб. пособие для вузов / Н. Т. Андрианов, В. Л. Балкевич, А. В. Беляков, А. С. Власов, И. Я. Гузман, Е. С. Лукин, Ю. М. Мосин, Б. С. Скидан / Под ред. И. Я. Гузмана М.:ООО РИФ “Стройматериалы”, 2011. – 496 с.
6. Хасанов, О.Л. 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.
7. Хасанов, О.Л. 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.

### **Дополнительные источники**

1. Сайт о нанотехнологиях в России [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.nanoware.ru/>
2. Нанотехнологическое сообщество [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.nanometer.ru>
3. Интернет-журнал о нанотехнологиях. [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.nanodigest.ru/>
4. Нанобиотехнология. [Электронный ресурс]. – режим доступа: [http://www.community.livejournal.com/ru\\_nanobiotech](http://www.community.livejournal.com/ru_nanobiotech)
5. Российский электронный НАНОЖУРНАЛ. [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.nanorf.ru/>
6. Нанотехнологии. Научно-информационный портал по нанотехнологиям [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.nano-info.ru/>
7. Нанотехнологии: сегодня и будущее. [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.nanoevolution.ru/cat/nanomedicina/>
8. Федеральный интернет-портал «Нанотехнологии и наноматериалы» [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.portalnano.ru/>
9. Портал нанотехнологического общества России [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.ntsrf.info/>
10. Сайт Государственной корпорации «Российская корпорация нанотехнологий» (РОСНАНО) [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.rusnano.com/>
11. Электронная база издательства Elsevier [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://elsevierscience.ru/>
12. Электронные ресурсы издательства SPRINGER [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.springer.com/>
13. Научная электронная библиотека eLIBRARY [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://elibrary.ru/>
14. Реферативная база данных по мировым научным публикациям Web of Science [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.isiknowledge.com/>

## **10. Общие требования к организации образовательного процесса**

### **10.1 Организация образовательного процесса**

Реализация программы модуля может быть осуществлена как на территории организации, координирующей повышение квалификации так и на территории работодателя при наличии соответствующего оборудования и учебных классов для проведения лекций и организации самостоятельной работы, не предполагающей использование специального оборудования для получения керамики.

Для освоения теоретического материала предусмотрены лекции и лекции с использованием виртуальной аудитории в среде Webinar TPU (Adobe Connect Pro Meeting v9): АСРМ (технологии вебинаров).

Для проведения практических занятий могут быть также использованы как площадки и технические ресурсы работодателя, так и организации, реализующей повышение квалификации. Контроль самостоятельной работы и выполнение проектного задания проводится при помощи преподавателя на очных консультациях, через электронную почту и/ или скайп.

### **10.2 Входные требования к обучающимся:**

Для освоения данного профессионального модуля обучающийся должен иметь опыт работы на производстве по производству керамики не менее 1 года, в должности инженера

ра и набрать не менее чем 65 баллов по модулю 1 данной программы повышения квалификации.

**Иметь опыт практической деятельности** получения керамических изделий на основе порошков, методами холодного прессования

**Уметь**

- строить кривые уплотнения порошковых материалов замкнутых жестких пресс-формах;
- определять рациональную схему прессования на основе классификации порошковых материалов по характеристикам прессуемости;
- готовить конструкторскую документацию на изготовление прессовой оснастки;
- выбирать прессовое оборудование для конкретной задачи;
- подбирать оптимальные условия высокотемпературной обработки;
- выбирать термическое оборудование для спекания с учетом возможных взаимодействий материала прессовки, футеровки печи и атмосферы;
- эксплуатировать оборудование, используемое для прессования и спекания керамики.

**1. Знать**

- основы реологии керамических материалов;
- методики построения кривых уплотнения порошкового тела;
- классификации порошковых материалов по характеристикам прессуемости;
- кинематические схемы перемещений формообразующих элементов в закрытой жесткой пресс-форме;
- материалы используемых для изготовления пресс-форм;
- совместимости материалов пресс-форм с керамическими материалами;
- основные типы прессов, использующихся при холодном статическом прессовании;
- способы создания более плотных упаковок порошкового компакта с учетом гранулометрического анализа;
- правила построения и использования фазовых диаграмм;
- необходимость учитывать совместимость материалов при высоких температурах;
- основные типов печей, использующихся для спекания керамики;
- устройства прессов;
- устройства высокотемпературных печей.

### **10.3 Кадровое обеспечение образовательного процесса**

Требования к квалификации кадров, обеспечивающих обучение в рамках реализации программы модуля:

Преподавательский состав, формирующий и читающий лекционный материал:

ученая степень кандидата или доктора наук;

опыт преподавательской деятельности не менее 5 лет, в том числе чтения лекций не менее 3 лет;

опыт выполнения грантов, проектов, договоров, связанных с разработкой наноструктурированной керамики;

научные публикации по разработки и/или исследованию керамики.

Преподавательский состав, консультирующий слушателя в процессе выполнения проектных заданий:

опыт выполнения грантов, проектов, договоров, связанных с разработкой наноструктурированной керамики;

научные публикации по разработки и/или исследованию керамики;

опыт работы на оборудовании по производству керамики методами прессования и шликерного литья.

## 11. Материально-техническое обеспечение модуля (дисциплины)

Реализация программы модуля предполагает наличие учебных кабинетов на территории работодателя, оснащенных компьютерами, соответствующих современным системным требованиям; лабораториями или производственными помещениями, оснащенными необходимым оборудованием (прессы холодного и горячего прессования, машины для шликерного литья и пр.)

### Технические средства обучения:

Таблица 8 – Оборудование

№ п/п	Наименование
1.	Микротвердомер ЛОМО ПМТ-3М
2.	БЭТ-анализатор со станцией подготовки проб МЕТА СОРБИ-М
3.	Установка для спекания объёмных наноматериалов в разряде плазмы Dr. Sinter Lab SPS-515S
4.	Испытательный пресс ИП-500М-авто
5.	Высокотемпературная вакуумная печь Nabertherm VHT 8/22-GR
6.	Лабораторная установка отливки керамической ленты на пленку САМ-L 252 (ТВ)),
7.	Высокотемпературная атмосферная печь LAC VP 20/17
8.	УЗ-генератор ИНЛАБ ИЛ10-5.0
9.	Прибор для определения твёрдости по методу Виккерса ТП-7Р-1
10.	Система подготовки проб JEOL EM-09100IS Ion Slicer

**К компьютерам** в учебном классе предъявляются следующие системные требования:

Процессор: Celeron 1000 МГц и выше

Оперативная память: 1024 Мб и выше

Дисковое пространство: 80 Гб и выше

Привод CD-ROM: 52x и выше

Графическая карта: AGP 128 Мб и выше

Офисный пакет приложений Microsoft Office (Версия 2007 и выше): MS Word, Microsoft PowerPoint

Установленная программа просмотра PDF файлов: Adobe Acrobat Reader версия 1.5.

– Систем треб. Adobe Acrobat 6.0 и выше

Установленный архиватор: WinRar

### 11.1 Требования к месту проведения модуля и практики:

Помещения, где установлено оборудование для производства керамических изделий должно отвечать ведомственным нормам технологического проектирования предприятий керамической промышленности [i, ii].

Все оборудование, используемое при реализации модуля должно эксплуатироваться в соответствии с инструкциями по технике безопасности и эксплуатации.

Помещения, в которых размещаются компьютерные учебные классы, должны оборудоваться в соответствии с Санитарными правилами и нормами. «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03» [iii].

Помещения должны иметь естественное и искусственное освещение. Расположение рабочих мест с компьютерами не допускается в цокольных и подвальных помещениях.

Окна в помещениях, где эксплуатируется вычислительная техника, преимущественно должны быть ориентированы на север и северо-восток.

Оконные проемы должны быть оборудованы регулирующими устройствами типа: жалюзи, занавесей, внешних козырьков и т.п.

Площадь на одно рабочее место пользователей ПЭВМ с ВДТ на базе электронно-лучевой трубки (ЭЛТ) в учебном классе должна быть не менее 6,0 кв. м, а при продолжительности работы менее 4-х часов в день допускается минимальная площадь 4,5 кв. м.

Помещения с ПК должны оборудоваться системами отопления, кондиционирования воздуха или эффективной приточно - вытяжной вентиляцией.

В помещениях, оборудованных ПЭВМ, проводится ежедневная влажная уборка и систематическое проветривание после каждого часа работы на ПЭВМ.

Поверхность пола в помещениях эксплуатации ПК должна быть ровной, без выбоин, нескользкой, удобной для очистки и влажной уборки, обладать антистатическими свойствами.

Шумящее оборудование (печатающее устройство, сервера и т.п.), уровни шума которого превышают нормативное, должно размещаться вне помещений с ПЭВМ.

Рабочий стул (кресло) должен быть подъемно-поворотным, регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки.

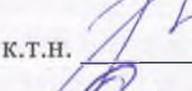
Программа составлена на основе Стандарта ООП ТПУ в соответствии с требованиями ФГОС по направлению и профилю подготовки.

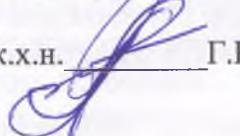
Программа одобрена на заседании

Учебно-методического семинара кафедры НМНТ ИФВТ

(протокол № 42 от «23 октября» 2014 г.).

Автор доцент, к.х.н.  Г.А. Воронова

Рецензенты доцент, к.т.н.  В.В. Ан

доцент, к.х.н.  Г.В. Лямина

### Инструкция для обучающегося

В тестах закрытого типа на каждое задание отводится от 3 до 5 минут. В тестах открытого типа на каждое задание отводится от 0,5 до двух часов. Задания такого типа представляются для проверки преподавателю, затем следует обсуждение задания в рамках практических занятий. На проектные задания отводится 36 часов. Оценка проектного задания проводится 2 – 3 экспертами, один из которых является работодателем.

Целью проектного задания является оценка полученных в ходе обучения профессиональных компетенций, позволяющих выполнять работы в рамках трудовой деятельности в сфере производства наноструктурированных керамических материалов

Структура отчета по проектному заданию:

- 1 Титульный лист;
- 2 Реферат;
- 3 Содержание;
- 4 Введение;
- 5 Основная часть;
- 6 Заключение;
- 7 Список использованных источников;
- 8 Приложения.

### Методические указания для преподавателей

Каждый преподаватель проводит практические и лабораторные занятия с группой не более 10 человек по теме лекционного курса.

Для контроля степени усвоения теоретической части учебного модуля (лекций) используются тестовые и контрольные вопросы для самопроверки. По завершении содержательного раздела проводится тестовый контроль качества усвоения знаний.

При выполнении проектных заданий для каждого слушателя назначается консультант. Проектное задание выполняется слушателем самостоятельно с помощью преподавателя образовательной программы и непосредственного начальника слушателя на производстве / в проектной компании. Назначаемый в ходе обучения руководитель обязан:

- Консультировать слушателя в решении теоретических и практических задач выполняемой работы;
- Поддерживать творческую атмосферу для выполнения проектного задания;
- Контролировать качество задания в соответствии с требованиями дополнительной образовательной программы;
- Контролировать сроки и качество выполнения задания;
- Предоставить отзыв руководителя о проектном задании.

График проведения занятий и консультаций следует составить не позднее, чем за две недели до начала занятий.

Баллы за тестовые и проектные задания следует выставлять своевременно и в соответствии с п.4. программы данного модуля.

В случае несвоевременного выполнения задания слушателем, преподавателю следует известить об этом руководителя программы и координатора от производства.

Защита проектных заданий проводится на открытом заседании утверждённой аттестационной комиссии. В состав аттестационной комиссии должны входить квалифицированные специалисты с практическим опытом работы в индустрии производства и диагностики наноматериалов, высококвалифицированные преподаватели с ученой степенью. К защите допускаются лица, выполнившие требования, предусмотренные программой и успешно прошедшие все оценочные процедуры, предусмотренные программами профессиональных модулей.

Для доклада выпускнику предоставляется время, продолжительностью не более 10 минут. Доклад следует начинать с обоснования актуальности темы проектного задания, его целей и задач. Далее по разделам раскрывается основное содержание выполненной работы с акцентами на ее основные результаты, делаются выводы по работе и даются предложения по использованию ее результатов. После доклада слушатель отвечает на вопросы членов комиссии по существу работы.

Доклад должен сопровождаться презентацией не более чем из 15 слайдов. Презентация должна быть выполнена в форматах pdf (Adobe Acrobat Reader версии не ниже 9.0), ppt/pptx (Microsoft PowerPoint версии не ниже 2003). В презентации должны быть представлены графические и демонстрационные материалы, обсуждаемые в пояснительной записке к проектному заданию.

Требования к процедуре оценки проектного задания

Предмет оценки – Проектное задание

Помещение:

- 1 Аудитория (учебная) на 20 и более человек.

Оборудование для защиты:

- 1 Компьютер (стационарный или ноутбук);
- 2 Проектор;
- 3 Экран для проектора;
- 4 Лазерная указка;
- 5 Стенд для демонстрации чертежей и графиков формата А0;
- 6 Стол для демонстрации модельных образцов керамик.

### **Оценочные бланки Инструмент проверки**

Таблица 9 – Экспертная оценка пояснительной записки и защиты проектного задания по критериям

№	Критерий	Баллы
1	Сформулирована цель работы	5
2	Выводы в работе точно соответствуют поставленной цели	5
3	Сформулированы задачи, решаемые при выполнении работы	5
4	Обоснована актуальность темы работы	5
5	Проведен анализ источников (статьи, монографии, патенты и т.п., опубликованные не ранее, чем за 5 лет до года защиты ВКР), с указанием ссылок	5
6	Список использованных источников оформлен в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0.5 - 2008	5
7	Пояснительная записка выполнена согласно требованиям ГОСТ 7.32-2001 «Отчет о научно-исследовательской работе»	5
8	Достоверность результатов проведенных экспериментов статистически подтверждена воспроизводимостью	3
9	Составлен план эксперимента, соответствующий задачам работы	3
10	Описание эксперимента в пояснительной записке соответствует плану	3
11	Эксперимент выполнен с соблюдением техники безопасности	4
12	Использование исследовательского и производственного оборудования производится в соответствии с требованиями эксплуатации	4
13	Результаты эксперимента интерпретированы однозначно	4
14	Данные эксперимента представлены в легко интерпретируемой форме (графической и табличной)	4
	<b>ИТОГО</b>	<b>60</b>

Таблица 10 - Экспертная оценка защиты комплексной проектной работы по критериям

<b>№</b>	<b>Критерий</b>	<b>Баллы</b>
1	Презентация оформлена в соответствии с требованиями к ВКР ТПУ	10
2	Докладчик свободно владеет специальной терминологией	10
3	Докладчик делает доклад устно без использования дополнительных источников (распечаток)	5
4	Доклад занимает время до 10 минут	5
5	Докладчик свободно сопровождает материалы презентации устной речью	
6	Докладчик правильно отвечает на вопросы комиссии	10
	<b>ИТОГО</b>	<b>40</b>

---

<sup>i</sup> ВНТП 19-86. Ведомственные нормы технологического проектирования предприятий керамической промышленности.

<sup>ii</sup> ОСТ 11 091.430.5-82, НАОП 1.4.32-2.23-82

<sup>iii</sup> Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03