

**ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ**



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**СОГЛАСОВАНО**

**УТВЕРЖДАЮ**

Руководитель ОПОП ВО  
профессор Е.И. Пряхин

Проректор по образовательной  
деятельности  
доцент Д.Г. Петраков

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

***ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ  
ФОРМИРОВАНИЯ И ОБРАБОТКИ НАНОМАТЕРИАЛОВ И  
ПОКРЫТИЙ***

<b>Уровень высшего образования:</b>	<i>Магистратура</i>
<b>Направление подготовки:</b>	<i>22.04.01 Материаловедение и технологии материалов</i>
<b>Направленность (профиль):</b>	<i>Материаловедение и технологии наноматериалов и покрытий</i>
<b>Квалификация выпускника:</b>	<i>Магистр</i>
<b>Форма обучения:</b>	<i>очная</i>
<b>Составитель:</b>	<i>Профессор Петкова А.П.</i>

Санкт-Петербург

**Рабочая программа дисциплины** Проектирование технологических процессов формирования и обработки наноматериалов и покрытий разработана:

- в соответствии с требованиями ФГОС ВО – магистратура по направлению подготовки 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов», утвержденного приказом Минобрнауки России № 306 от 24.04.2018;
- на основании учебного плана магистратуры по направлению подготовки «22.04.01 Материаловедение и технологии материалов» направленность (профиль) «Материаловедение и технологии наноматериалов и покрытий».

Составитель \_\_\_\_\_ д.т.н., профессор Петкова А.П.

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена** на заседании кафедры материаловедения и технологии художественных изделий от 15.02.2023 г., протокол № 10.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ профессор, д.т.н. Е.И. Пряхин

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ.

Цель дисциплины – научить магистранта разработке и проектированию основных технологических процессов формирования наноструктурных составляющих в современных конструкционных материалах и процессов нанесения наноразмерных и/или нанотруктурированных покрытий.

Основные задачи дисциплины – освоение магистрантом основных приемов проектирования технологических процессов в материалах с целью получения в них заданной структуры и требуемых физико-механических свойств.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО.

Дисциплина «Проектирование технологических процессов формирования и обработки наноматериалов и покрытий» относится к дисциплинам обязательной части Блока 1 основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов» и изучается в 3 семестре.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Проектирование технологических процессов формирования и обработки наноматериалов и покрытий» являются «Материаловедение и технология современных и перспективных материалов»; «Математическое моделирование и современные проблемы наук о материалах и процессах», «Компьютерные и информационные технологии в науке и производстве».

Дисциплина «Проектирование технологических процессов формирования и обработки наноматериалов и покрытий» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Композиционные материалы и покрытия», «Технологии и свойства керамических материалов», «Технологии и свойства керамических материалов», «Основы порошковой металлургии».

Особенностью дисциплины является получение знаний в области технологических процессов формирования и обработки наноматериалов и покрытий, их взаимосвязи со структурными параметрами, а также возможностей управления свойствами современных материалов.

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОСНОВНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ:

Процесс изучения дисциплины «Проектирование технологических процессов формирования и обработки наноматериалов и покрытий» направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции по ФГОС ВО		Основные показатели освоения программы дисциплины
Содержание компетенции	Код компетенции	
Способен разрабатывать научно-техническую, проектную и служебную документацию, оформлять научнотехнические отчеты, обзоры, публикации, рецензии	ОПК-2	<b>ОПК-2.1.</b> Знать основы проектирования технологических процессов, используемых в профессиональной деятельности.
		<b>ОПК-2.2.</b> Осуществлять сбор исходных данных для составления технического задания на проектирование технологического процесса.
		<b>ОПК-2.3.</b> Уметь разрабатывать и оформлять научнотехническую, проектную, служебную документацию с учетом требований нормоконтроля и соблюдением требований ГОСТ.

		<b>ОПК-2.4.</b> Уметь выбрать и применять инновационные методы и технологии проектирования в профессиональной деятельности.
Способен моделировать процессы обработок и прогнозировать результаты их осуществления при различных режимах, в том числе с использованием стандартных пакетов компьютерных программ и средств автоматизированного проектирования	ПКО-6	<b>ПКО-6.1.</b> Моделировать процессы создания и различных обработок материалов с использованием стандартных пакетов компьютерных программ и средств автоматизированного проектирования.
		<b>ПКО-6.2.</b> Прогнозировать результаты различных обработок материалов, в том числе с использованием стандартных пакетов компьютерных программ и средств.
Способен определять соответствие готового изделия заявленным потребительским характеристикам; прогнозировать и описывать процесс достижения заданного уровня свойств в материале	ПКО-7	<b>ПКО-7.3.</b> Составлять технологические карты процессов производства, обработки и модификации материалов и покрытий, деталей и изделий.

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1 Объём дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 5 зачётных единицы, 180 ак. часов.

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак часы по семестрам
		3
<b>Аудиторная работа, в том числе:</b>	<b>60</b>	<b>60</b>
В том числе:		
Лекции	15	15
Практические занятия (ПЗ)	45	45
Семинары (С)	-	-
Лабораторные работы (ЛР)	-	-
<b>Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:</b>	<b>84</b>	<b>84</b>
Выполнение курсовой работы	36	36
Расчетно-графическая работа (РГР)	-	-
Домашнее задание	-	-
Реферат	-	-
Подготовка к практическим занятиям	30	30
Работа с литературой	18	18
Вид промежуточной аттестации – экзамен, защита курсовой работы	<b>Э (36)</b>	<b>Э (36)</b>
<b>Общая трудоёмкость дисциплины</b>		
<b>ак. час.</b>	<b>180</b>	<b>180</b>
<b>зач. ед.</b>	<b>5</b>	<b>5</b>

##### 4.2. Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лекции, практические занятия и самостоятельная работа.

##### 4.2.1 Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование разделов	Виды занятий				
		Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа студента, в том числе курсовая работа
1.	Раздел 1 «Структурные параметры и технологии получения углеродных наноматериалов»	28	2	8	-	18
2.	Раздел 2 Технологии компактирования конструкционных наноматериалов»	42	4	18	-	20
3.	Раздел 3 «Технологии получения, параметры аморфизации аморфно-нанокристаллических сплавов»	18	2	4	-	12
4.	Раздел 4 «Структурные параметры и технологии компактирования композиционных наноматериалов»	29	4	9	-	16
5.	Раздел 5 «Технологии нанесения нанопленок и	27	3	6	-	18

	нанопокровитий»					
		<b>Итого:</b>	<b>144</b>	<b>15</b>	<b>45</b>	<b>-</b>
						<b>84</b>

#### 4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
1.	Структурные параметры и технологии получения углеродных наноматериалов	Введение. Углеродные наноматериалы. Кластеры и фуллерены. Углеродные нанотрубки. Графен. Нанолуковицы. Структурные параметры, технологии получения, свойства, применение.	2
2.	Технологии компактирования конструкционных наноматериалов.	Конструкционные объемные нанокристаллические материалы, их структурные параметры. Физические и механические свойства объемных наноструктурных материалов. Технологии компактирования конструкционных наноматериалов. Компактирование порошков. Аморфизация закалкой из расплава. Кристаллизация из аморфного состояния. Интенсивная пластическая деформация. Технологии послойного синтеза изделий (аддитивные технологии). Назначение и область применения аддитивных технологий. Проектирование и оптимизация геометрии изделий средствами аддитивных технологий. Топологическая и многовариантная оптимизация конструкции изделий. Применение генеративного дизайна изделий. Процессы получения нанопорошков для аддитивных технологий. Механосинтез тугоплавких металлических соединений, карбидов, карбонитридов. Атомизация (газовая, вакуумная, центробежная). Технология спрей-форминг. Компактирование порошков методами аддитивных технологий. Применение аддитивных технологий в машиностроении. 3D-печать изделий из полимерных материалов.	4
3.	Технологии получения, параметры аморфизации аморфно-нанокристаллических сплавов	Аморфно-нанокристаллические сплавы. Технологии получения, параметры аморфизации. Структура аморфных сплавов. Критерии перехода из аморфного в нанокристаллическое состояние. Механические и физические свойства аморфных материалов. Области применения. Аморфные сплавы с эффектом памяти формы. Особенности структуры, термическая стабильность. Технологии получения, свойства, применение.	2

4.	Структурные параметры и технологии компактирования композиционных наноматериалов	Структура и технологии компактирования композиционных наноматериалов. Структурные параметры и свойства нанокompозитов (стали и сплавы на основе железа, титановые, алюминиевые, твердые сплавы, керамика, полимеры, нанопористые материалы). Применение композиционных наноматериалов в машиностроении.	4
5.	Технологии нанесения нанопленок и нанопокровтий	Технологии нанесения нанопленок и нанопокровтий. Строение и свойства наноструктурных покровтий. Нанокompозиционные покровтия. Применение наноструктурных покровтий.	3
<b>Итого:</b>			<b>15</b>

#### 4.2.3. Практические занятия:

№ п/п	Раздел	Тематика практических занятий	Трудоемкость в ак. часах
1.	Раздел 1.	Структура наноматериалов	2
		Углеродные наноструктуры	4
		Физические и механические свойства объемных наноструктурных материалов	2
2.	Раздел 2.	Технологические процессы компактирования конструкционных наноматериалов. Компактирование порошков. Аморфизация из расплава. Кристаллизация из аморфного состояния. Интенсивная пластическая деформация.	2
		Аддитивные технологии в проектировании композиционных наноматериалов	2
		Проектирование и оптимизация геометрии изделий средствами аддитивных технологий. Топологическая и многовариантная оптимизация конструкции. Генеративный дизайн.	2
		Методы получения нанопорошков для аддитивных технологий. Атомизация. Механосинтез. Спрей-форминг.	4
		Компактирование порошков методами аддитивных технологий. Применение аддитивных технологий в машиностроении. 3D-печать изделий из полимерных материалов.	2
		Порошковая металлургия. Получение нанопорошков. Компактирование порошковых наноматериалов.	2
		Интенсивная пластическая деформация	2
3.	Раздел 3.	Аморфно-нанокристаллические сплавы. Технологии получения, параметры аморфизации. Структура, свойства, применение.	4
		Получение композиционных наноматериалов	2
4.	Раздел 4.	Структурные параметры и свойства нанокompозитов. Стали и сплавы на основе железа, титановые, алюминиевые, твердые сплавы, керамика, полимеры,	4

№ п/п	Раздел	Тематика практических занятий	Трудоемкость в ак. часах
		нанопористые материалы.	
		Применение композиционных наноматериалов в машиностроении	3
5.	Раздел 5.	Технологии нанесения нанопленок и нанопокровтий. Строение и свойства наноструктурных покровтий.	4
		Наноконпозиционные покровтия. Применение наноструктурных покровтий.	2
<b>Итого:</b>			<b>45</b>

#### 4.2.4. Лабораторные работы

Лабораторные работы не предусмотрены.

#### 4.2.5. Курсовая работа

№ п/п	Тематика курсовой работы
1	Формирование цветного покровтия на титане с помощью лазерного прецизионного комплекса МиниМаркер-2А4
2	Оптимизация режимов лазерной маркировки металлических изделий
3	Оптимизация режимов лазерной маркировки изделий из полимерных материалов
4	Режимы формирования цветных покровтий на нержавеющей стали
5	Оптимизация режимов лазерной маркировки изделий из керамики
6	Проектирование и оптимизация геометрии изделий средствами аддитивных технологий.
7	Проектирование процесса нанесения защитных нанопокровтий со специальными свойствами на машиностроительные материалы
8	Оптимизация технологических параметров процессов компактирования конструкционных наноматериалов
9	Аддитивные технологии в проектировании композиционных наноматериалов
10	Оптимизация технологических процессов получения аморфно-нанокристаллических материалов
11	Оптимизация процессов получения нанопорошков для аддитивных технологий.
12	Оптимизация технологических процессов компактирования порошков методами аддитивных технологий.

### 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе обучения применяются:

**Лекции**, которые являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся.

Цели лекционных занятий:

-дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины;

-стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

**Практические занятия.** Цели практических занятий:

-совершенствовать умения и навыки решения практических задач.

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.



**Консультации** (текущая консультация, накануне экзамена) является одной из форм руководства учебной работой обучающихся и оказания им помощи в самостоятельном изучении материала дисциплины, в ликвидации имеющихся пробелов в знаниях, задолженностей по текущим занятиям, в подготовке письменных работ.

Текущие консультации проводятся преподавателем, ведущим занятия в учебной группе, научным руководителем и носят как индивидуальный, так и групповой характер.

**Самостоятельная работа обучающихся** направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и других занятиях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

**Курсовая работа** позволяет обучающимся развить навыки научного поиска.

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости**

#### **Раздел 1. Структурные параметры и технологии получения углеродных наноматериалов**

1. Аллотропные модификации чистого углерода.
2. Классификация углеродных наноматериалов.
3. Смешанные и промежуточные аллотропные модификации углерода.
4. Строение и номенклатура кластеров углерода.
5. Методы получения фуллеренов.
6. Металлофуллерены. Легированные фуллерены.
7. Однослойные и многослойные УНТ.
8. Методы получения УНТ.
9. Методы синтеза графена.
10. Гетероструктуры на основе графена.
11. Алмазоподобные структуры и пленки.

#### **Раздел 2. Технологии компактирования конструкционных наноматериалов.**

1. Компактирование порошков.
2. Аморфизация закалкой из расплава.
3. Кристаллизация из аморфного состояния.
4. Интенсивная пластическая деформация.
5. Технологии послойного синтеза изделий (аддитивные технологии).
6. Назначение и область применения аддитивных технологий.
7. Проектирование и оптимизация геометрии изделий средствами аддитивных технологий.
8. Топологическая и многовариантная оптимизация конструкции изделий.
9. Применение генеративного дизайна изделий.
10. Процессы получения нанопорошков для аддитивных технологий.
11. Механосинтез тугоплавких металлических соединений, карбидов, карбонитридов.
12. Атомизация (газовая, вакуумная, центробежная).
13. Технология спрей-форминг.
14. Компактирование порошков методами аддитивных технологий.
15. Применение аддитивных технологий в машиностроении.
16. 3D-печать изделий из полимерных материалов.

#### **Раздел 3. Технологии получения, параметры аморфизации аморфно-нанокристаллических сплавов**

1. Технологии получения, параметры аморфизации.
2. Структура аморфных сплавов.
3. Механические и физические свойства аморфных материалов. Области применения.
4. Критерии перехода из аморфного в нанокристаллическое состояние.

5. Превращения при отжиге аморфных сплавов.
6. Лазерная обработка аморфных сплавов.
7. Устойчивость структуры аморфных сплавов.
8. Аморфно-нанокристаллические сплавы.
9. Аморфные сплавы с эффектом памяти формы.
10. Особенности структуры, термическая стабильность.
11. Технологии получения, свойства, применение.

#### **Раздел 4. Структурные параметры и технологии компактирования композиционных наноматериалов**

1. Физические методы получения порошковых наночастиц
2. Получение нанопорошков методом испарения и конденсации
3. Получение нанопорошков методом высокоэнергетического разрушения.
4. Получение нанопорошков методом распыления жидкого расплава.
5. Непрерывное получение высокопористых металлов за счет агрегации металлических наночастиц.
6. Механические методы получения порошковых наночастиц. Аттриторы. Самолойеры.
7. Основные стадии измельчения и размер получаемых частиц.
8. Механическое легирование.
9. Метод испарения, конденсации и компактирования.
10. Стадии порошкового компактирования.
11. Компактирование нанопорошков прессованием.
12. Сущность ИПД.
13. Кручение под давлением.
14. Экструзия через фильеру.
15. РКУ-прессование.
16. Всесторонняя ковка.
17. Нанокompозиты на основе стали и сплавов железа
18. Нанокompозиты на основе титановых сплавов
19. Нанокompозиты на основе алюминиевых сплавов
20. Твердые сплавы
21. Керамика
22. Полимеры
23. Нанопористые материалы
24. Применение композиционных наноматериалов в машиностроении.

#### **Раздел 5. Технологии нанесения нанопленок и нанопокровов**

1. Технологии нанесения нанопленок и нанопокровов.
2. Строение и свойства наноструктурных покрытий.
3. Нанокompозиционные покрытия.
4. Применение наноструктурных покрытий.

#### **6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (экзамена)**

##### **6.2.1. Примерный перечень вопросов/заданий для подготовки к экзамену (по дисциплине):**

1. Общая характеристика наноматериалов.
2. Классификация наноматериалов по Глейтеру.
3. Классификация наноматериалов по Зигелю.
4. Полимерные нанокompозиты.
5. Металлические нанокompозиты.
6. Физико-химические особенности наноструктурных материалов.
7. Механическое измельчение порошков.
8. Газофазный синтез.
9. Левитационно-струйный метод.
10. Метод электрического взрыва проводников (ЭВП).

11. Криохимический синтез нанопорошков.
12. Плазмохимический синтез (ПХС).
13. Осаждение из растворов.
14. «Золь-гель» метод.
15. Компактирование *in situ* по Гляйтеру.
16. Магнитно-импульсное прессование.
17. Спекание нанопорошков.
18. Кручение под высоким давлением (КВД).
19. Равноканальное угловое (РКУ) прессование.
20. Всестороннее прессование и прокатка.
21. Сущность ИПД.
22. Кручение под давлением.
23. Экструзия через фильеру.
24. Всесторонняя ковка.
25. Многократная прокатка.
26. Многократное гофрированное распрямление.
27. Кристаллизация объемно-аморфизирующихся сплавов.
28. Методы получения аморфных сплавов.
29. Превращения при отжиге аморфных сплавов.
30. Молекулярно-лучевая эпитаксия.
31. Метод газофазной эпитаксии из металлоорганических соединений.
32. Наноматериалы в атомной энергетике.
33. Наноразмерные полупроводниковые гетероструктуры.
34. Классификация упорядоченных наноструктур.

### 6.2.2. Примерные тестовые задания к экзамену

#### Вариант 1

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1.	К нанообъектам относятся материалы с размером зерен:	1. 1..10 нм 2. 0,1...100 нм 3. 10 нм ... 1 мкм 4. более 100 нм
2.	Сверхпрочный конструкционный материал последних лет - углеродные волокна - образован ....	1. модифицированным графитом. 2. нанотрубками. 3. поликристаллическим карбином. 4. цепочкой фуллеренов.
3.	Радиус молекулы C <sub>60</sub> равен ...	1. 0,287 нм. 2. 0,357 нм. 3. 0,397 нм. 4. 0,437 нм.
4.	Путем сворачивания плоскости графита образуется ...	1. фуллерен. 2. идеальная однослойная нанотрубка. 3. фуллерит. 4. нанолуковица.
5.	Карбин представляет собой сверхпрочные нити из углеродных волокон, обладающих....	1. проводящими свойствами. 2. высокой пластичностью. 3. высокой хрупкостью. 4. высокой теплопроводностью.

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
6.	Плотность конденсированного кристаллического углерода (фуллерита) составляет ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 1,69 г/см<sup>3</sup>.</li> <li>2. 2,69 г/см<sup>3</sup>.</li> <li>3. 3,69 г/см<sup>3</sup>.</li> <li>4. 4,69 г/см<sup>3</sup>.</li> </ol>
7.	К основным способам получения углеродных нанотрубок не относится:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. электродуговое распыление графита.</li> <li>2. абляция графита с помощью лазерного облучения.</li> <li>3. каталитическое разложение углеводородов.</li> <li>4. интенсивная пластическая деформация графита.</li> </ol>
8.	При лазерном облучении для синтеза нанотрубок графитовая мишень содержит небольшие количества ..., являющиеся каталитическими зародышами образования нанотрубок.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. никеля и хрома</li> <li>2. кобальта и меди</li> <li>3. хрома и марганца</li> <li>4. кобальта и никеля</li> </ol>
9.	Несущим элементом в дисперсноупрочненных КМ является	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. матричная основа.</li> <li>2. дислокации матричной основы.</li> <li>3. термообработка.</li> <li>4. наполнители.</li> </ol>
10.	Для наиболее высоких рабочих температур в качестве матричного материала применяют ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. сплавы на основе меди.</li> <li>2. сплавы на основе титана.</li> <li>3. керамику.</li> <li>4. полимеры.</li> </ol>
11.	Объемные наноструктурные материалы - это твердые тела с ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. наносвойствами.</li> <li>2. наноразмерным объемом.</li> <li>3. наноразмерной микроструктурой.</li> <li>4. наноразмерным весом.</li> </ol>
12.	Металлические нанопорошки добавляют к моторным маслам для ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. восстановления трущихся поверхностей.</li> <li>2. улучшения качества смазки.</li> <li>3. легирования трущихся поверхностей.</li> <li>4. улучшения прирабатываемости деталей.</li> </ol>
13.	Как меняется вклад межфазной области в общие свойства объекта при уменьшении его размера?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. При уменьшении размера объекта вклад межфазной области в общие свойства объекта уменьшается.</li> <li>2. При уменьшении размера объекта вклад межфазной области в общие свойства объекта увеличивается.</li> <li>3. При уменьшении размера объекта вклад межфазной области в общие свойства объекта проходит через максимум при 100 нм.</li> <li>4. При уменьшении размера объекта вклад межфазной области в общие свойства объекта проходит через минимум при 100 нм.</li> </ol>

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
14.	В атомной энергетике таблетки ТВЭЛов изготавливаются из ультрадисперсных порошков ...	1. $UO_2$ . 2. $B_4C$ . 3. $Al_2O_3$ . 4. $TiB_2$ .
15.	Какая из наноструктур является термодинамически неустойчивой?	1. Микроэмульсия 2. Мицеллы 3. Углеродные нанотрубки 4. Наноструктуры, формирующиеся интенсивной пластической деформацией
16.	Волокна бора, защищенные карбидом кремния, называют ...	1. карбокремний. 2. борсик. 3. ситалл. 4. карбор.
17.	Пленочные наноматериалы плоской и сложной формы из магнитомягких сплавов применяются для ....	1. нанесения износостойких покрытий. 2. нанесения коррозионно-стойких покрытий. 3. нанесения художественных покрытий. 4. головок видеоманитофонов.
18.	К порошковым технологиям получения наноматериалов относится	1. золь-гель технология. 2. всесторонняя ковка. 3. химическое осаждение. 4. метод Глейтера.
19.	Кратностью измельчения принято считать...	1. отношение значений массы частицы материала после и до измельчения. 2. отношение значений удельной поверхности материала после и до измельчения. 3. отношение значений радиуса частицы материала после и до измельчения. 4. отношение значений диаметра частицы материала после и до измельчения.
20.	К химическим методам получения наноразмерных порошков относится	1. испарение и конденсация в вакууме или инертном газе. 2. испарение и конденсация в реакционном газе. 3. детонационная обработка. 4. лазерный метод.

### Вариант 2

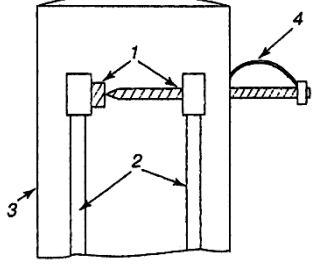
№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1.	Условно процесс измельчения порошков делится на ....	1. две стадии. 2. три стадии. 3. четыре стадии. 4. пять стадий.

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
2.	Химические методы синтеза включают различные реакции и процессы, кроме ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. термического разложения.</li> <li>2. электроосаждения.</li> <li>3. интенсивного пластического деформирования.</li> <li>4. газофазных химических реакций.</li> </ol>
3.	С какой скоростью охлаждают при закалке аморфные металлические сплавы?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 10 000 – 20 000 К/с</li> <li>2. 1500-2000 К/с</li> <li>3. 500-1000 К/с</li> <li>4. 300-500 К/с</li> </ol>
4.	Для получения нанопорошков тугоплавких материалов наиболее предпочтителен...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. плазмохимический метод.</li> <li>2. электроразрядное спекание.</li> <li>3. горячая обработка давлением.</li> <li>4. метод Глейтера.</li> </ol>
5.	На эффективность измельчения частиц оказывает влияние соотношение массы шаров и измельчаемой смеси, которое обычно поддерживается в интервале от ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 5:1 до 40:1.</li> <li>2. 2:1 до 5:1.</li> <li>3. 10:1 до 20:1.</li> <li>4. 40:1 до 60:1.</li> </ol>
6.	Для получения нанопорошков чистых металлов более предпочтителен...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. золь-гель синтез.</li> <li>2. контролируемая кристаллизация из аморфного состояния.</li> <li>3. метод испарения и конденсации.</li> <li>4. плазмохимический метод.</li> </ol>
7.	При получении материалов методом испарения, конденсации и компактирования можно получить образцы с плотностью до ... от теоретической плотности для нанокерамики.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 75%.</li> <li>2. 85%.</li> <li>3. 95 %.</li> <li>4. 100 %.</li> </ol>
8.	На <b>второй</b> стадии процесса компактирования порошков происходит ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. структурные деформации.</li> <li>2. сдвиговые деформации.</li> <li>3. образуются мостики диффузионного типа.</li> <li>4. развитие мостиков спайки.</li> </ol>
9.	<b>Не</b> относится к методам интенсивной пластической деформации ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. равноканальное угловое прессование.</li> <li>2. экструзия через фильеру с винтовым сечением.</li> <li>3. метод Глейтера.</li> <li>4. развитие мостиков спайки.</li> </ol>

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
10.	<p>На рисунке представлена схема ИПД:</p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. равноканальное угловое прессование.</li> <li>2. кручение под высоким давлением.</li> <li>3. экструзия через фильеру с винтовым сечением.</li> <li>4. многократная прокатка.</li> </ol>
11.	<p>На рисунке представлена схема ИПД:</p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. равноканальное угловое прессование.</li> <li>2. кручение под высоким давлением.</li> <li>3. экструзия через фильеру с винтовым сечением.</li> <li>4. многократная прокатка.</li> </ol>
12.	<p>Что такое CVD?</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Испарение и осаждение в инертной среде.</li> <li>2. Испарение и осаждение в реакционной среде с получением новых соединений.</li> <li>3. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез.</li> <li>4. Электронный чип на основе квантовой точки.</li> </ol>
13.	<p>Нанотрубки ... жесткость и прочность пластмасс и изделий из них:</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. повышают.</li> <li>2. понижают.</li> <li>3. не изменяют.</li> <li>4. вначале повышают, потом нет.</li> </ol>
14.	<p>При переходе от нанокристалла CdS к макрокристаллу его температура плавления:</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. понижается.</li> <li>2. не изменяется.</li> <li>3. повышается.</li> <li>4. вначале повышается, потом понижается.</li> </ol>
15.	<p>При переходе от микрокристаллов к нанокристаллам происходит ....</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. снижение амплитуды колебаний атомов.</li> <li>2. увеличение амплитуды колебаний атомов.</li> <li>3. снижение частоты колебаний атомов.</li> <li>4. увеличение частоты колебаний атомов.</li> </ol>
16.	<p>Для наноструктурированного материала значение модуля Юнга резко снижаются при достижении величины зерна ...</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 1 нм.</li> <li>2. 5 нм.</li> <li>3. 10 нм.</li> <li>4. 20 нм.</li> </ol>

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
17.	Жгуты из однослойных нанотрубок имеют длину несколько микрон и содержат от нескольких десятков до сотен нанотрубок, связанных друг с другом силами ....	1. Ван-дер-Ваальсового притяжения. 2. ковалентной связи. 3. ионной связи. 4. гравитационного притяжения.
18.	.... свойства керамики могут быть существенно улучшены путем ее модифицирования наноразмерными компонентами типа фуллеренов.	1. Проводящие. 2. Триботехнические. 3. Магнитные. 4. Технологические.
19.	Как называется устройство для сборки наномеханизмов?	1. дизассемблер. 2. ассемблер. 3. икосэдр. 4. резистор.
20.	Наноструктурные композиты Cu/Nb характеризует ... проволоки, растягиваемой при температуре жидкого гелия.	1. полное подавление механизма хрупкого разрушения. 2. аномально высокая пластичность. 3. полное подавление дислокационного перемещения в зернах 4. аномально высокая температура плавления.

### Вариант 3

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1.	В ассортимент наполнителей нанокompозитных материалов на основе полимеров <b>не</b> входит ...	1. наностержни. 2. нанотрубки. 3. наноглина. 4. нанонити.
2.	Многослойные (ламинированные) наноусиленные композиты (МНК) для индивидуальной защиты, армированы блоками ...	1. углеродных нанотрубок. 2. волокон бора. 3. волокон борсика. 4. кремниевых нанотрубок.
3.	На схему установки для производства фуллеренов 2 – это... 	1. графитовые электроды. 2. медная шина. 3. охлаждаемая поверхность, на которой осаждается конденсат. 4. пружина.



№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
4.	Синтез УНТ при лазерном облучении поверхности графита осуществляется в ...	1. вакууме. 2. атмосфере инертного буферного газа. 3. атмосфере углеводородов. 4. атмосфере реактивных газов.
5.	В состав аморфных сплавов вводят до 20 % металлоидов ...	1. для снижения скорости кристаллизации. 2. для образования и стабилизации аморфной структуры. 3. для повышения температуры перехода в аморфное состояние. 4. для улучшения физических свойств.
6.	По типу упрочняющих наполнителей КМ не бывают...	1. дисперсноупрочненные. 2. волокнистые. 3. слоистые. 4. объемные.
7.	Армирование волокнистых КМ не может осуществляться по... схеме.	1. одноосной. 2. двухосной. 3. трехосной. 4. нульмерной.
8.	В классификации нанокристаллических материалов по Г. Глейтеру отсутствует наноконпозиционный материал с...	1. многофазным составом и идентичными границами. 2. многофазным составом и неидентичными границами. 3. многофазным составом и матричным распределением 4. однофазным составом и матричным распределением.
9.	Компоненты в композиционном материале...	1. растворимы друг в друге. 2. частично растворимы друг в друге. 3. нерастворимы друг в друге. 4. образуют химические соединения.
10.	Дисперсноупрочненные КМ на алюминиевой основе - это материалы типа ...	1. ПАС. 2. САМ. 3. САП. 4. ПАМ.
11.	Для создания слоистых композиций обычно используют ...	1. псевдосплавы. 2. фуллерены. 3. неметаллические материалы. 4. металлические материалы.
12.	Методами распыления струи расплава жидкостью или газом при получении консолидированных наноматериалов обычно получают порошки металлов и сплавов с размерами частиц около ...	1. 100 нм. 2. 10 нм. 3. 50 нм. 4. 200 нм.

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
13.	Общим принципом получения нанопорошков различными методами является сочетание ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. низкой скорости образования центров зарождения частиц с малой скоростью их роста.</li> <li>2. высокой скорости образования центров зарождения частиц с малой скоростью их роста.</li> <li>3. высокой скорости образования центров зарождения частиц с большой скоростью их роста.</li> <li>4. высокой температуры процесса и высоких давлений.</li> </ol>
14.	К пленочным технологиям получения наноматериалов относится	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. золь-гель технология.</li> <li>2. всесторонняя ковка.</li> <li>3. фазовый наклеп.</li> <li>4. равноканальное угловое прессование.</li> </ol>
15.	В самолейерах измельчение порошков происходит за счет...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. большой скорости вращения барабана.</li> <li>2. за счет удара о размалывающие шары.</li> <li>3. механизма истирания.</li> <li>4. большого объема барабана.</li> </ol>
16.	К пленочным технологиям <b>не</b> относится...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. золь-гель технология.</li> <li>2. фазовый наклеп.</li> <li>3. химическое осаждение.</li> <li>4. физическое осаждение.</li> </ol>
17.	Механосинтез (механическое легирование) <b>не</b> применяется для получения ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. нанопорошки легированных сплавов.</li> <li>2. нанопорошки интерметаллидов.</li> <li>3. нанопорошки силицидов.</li> <li>4. нанопорошков фуллеренов.</li> </ol>
18.	Нанопорошки сложного состава получают методом ...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. гидролиза.</li> <li>2. осаждения.</li> <li>3. соосаждения.</li> <li>4. электроосаждения.</li> </ol>
19.	Для получения нанопорошков тугоплавких материалов более предпочтителен...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. золь-гель синтез.</li> <li>2. контролируемая кристаллизация из аморфного состояния.</li> <li>3. метод испарения и конденсации.</li> <li>4. плазмохимический метод.</li> </ol>
20.	При получении материалов методом испарения, конденсации и компактирования можно получить образцы с плотностью до ... от теоретической плотности для нанометаллов.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 75%.</li> <li>2. 85%.</li> <li>3. 95 %.</li> <li>4. 100 %.</li> </ol>

### 6.3. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

#### 6.3.1. Критерии оценок промежуточной аттестации (экзамен)

*Примерная шкала оценивания знаний по вопросам/выполнению заданий экзамена:*

<b>Оценка</b>			
<b>«2» (неудовлетворительно)</b>	<b>Пороговый уровень освоения</b>	<b>Углубленный уровень освоения</b>	<b>Продвинутый уровень освоения</b>
	<b>«3» (удовлетворительно)</b>	<b>«4» (хорошо)</b>	<b>«5» (отлично)</b>
Посещение менее 50 % лекционных и практических занятий	Посещение не менее 60 % лекционных и практических занятий	Посещение не менее 70 % лекционных и практических занятий	Посещение не менее 85 % лекционных и практических занятий
Студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы	Студент поверхностно знает материал основных разделов и тем учебной дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос	Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос.	Студент в полном объёме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
Не умеет находить решения большинства предусмотренных программой обучения заданий	Иногда находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Уверенно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Безошибочно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий
Большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено	Предусмотренные программой обучения задания выполнены удовлетворительно	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены

*Примерная шкала оценивания знаний в тестовой форме:*

<b>Количество правильных ответов, %</b>	<b>Оценка</b>
0-50	Неудовлетворительно
51-65	Удовлетворительно
66-85	Хорошо
86-100	Отлично

#### 6.3.4. Описание шкалы и критериев оценивания для проведения промежуточной аттестации в форме защиты курсовой работы

Студент выполняет курсовую работу в соответствии с графиком, принятым на заседании кафедры. Оценка может быть снижена за несоблюдение установленного кафедрой графика.

<b>Оценка</b>			
<b>«2» (неудовлетворительно)</b>	<b>Пороговый уровень освоения</b>	<b>Углубленный уровень освоения</b>	<b>Продвинутый уровень освоения</b>
	<b>«3» (удовлетворительно)</b>	<b>«4» (хорошо)</b>	<b>«5» (отлично)</b>
Студент не выполнил курсовую работу в соответствии с заданием. Не владеет теоретическими знаниями по изучаемой дисциплине. Необходимые практические компетенции не сформированы	Студент выполнил курсовую работу с существенными ошибками. При защите курсового проекта демонстрирует слабую теоретическую подготовку. При решении задач, предусмотренных программой учебной дисциплины, допускает неточности, существенные ошибки	Студент выполнил курсовую работу с некоторыми незначительными ошибками и неточностями. При защите курсового проекта демонстрирует хорошую теоретическую подготовку. Хорошо справляется с решением задач, предусмотренных программой учебной дисциплины	Студент выполнил курсовую работу полностью в соответствии с заданием. При защите курсового проекта демонстрирует высокую теоретическую подготовку. Успешно справляется с решением задач, предусмотренных программой учебной дисциплины

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:**

### **7.1. Рекомендуемая литература**

#### **7.1.1. Основная литература**

1. Нанотехнологии и специальные материалы [Текст] : учеб. пособие для вузов / Ю. П. Солнцев [и др.] ; под ред. Ю. П. Солнцева. - СПб. : Химиздат, 2009. - 334, [1] с.  
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938081772.html>
2. Рыжонков, Д. И. Наноматериалы [Текст] : учеб. пособие / Д. И. Рыжонков, В. В. Левина, Э. Л. Дзидзигури. - М. : Бином, 2008. - 365 с. : граф., табл., фото.  
<http://window.edu.ru/resource/332/65332>
3. Солнцев, Ю. П. Материаловедение специальных отраслей машиностроения [Текст] : учеб. пособие для вузов / Ю. П. Солнцев, В. Ю. Пирайнен, С. А. Вологжанина ; под ред. Ю. П. Солнцева. - СПб. : Химиздат, 2007. - 782, [1] с.  
<http://www.iprbookshop.ru/49796.html> — ЭБС «IPRbooks»/.
4. Оптические свойства наноструктур [Текст] : учеб. пособие для вузов / Л. Е. Воробьев [и др.] ; под общ. ред. В. И. Ильина, А. Я. Шика. - СПб. : Наука, 2001. - 186, [1] с.  
<http://booksonchemistry.com/index.php?id1=3&category=fizhim&author=vorobev-le&book=2001>
5. Пряхин Е. И., Вологжанина С.А., Петкова А.П., Ганзуленко О.Ю Наноматериалы и нанотехнологии. - Санкт-Петербург: Лань, 2020. — 372 с. — ISBN 978-5-8114-5373-3. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система.

#### **7.1.2. Дополнительная литература**

1. Андриевский, Р. А. Наноструктурные материалы [Текст] : учеб. пособие для вузов / Р. А. Андриевский, А. В. Рагуля. - М. : Академия, 2005. - 178, [9] с.
2. Рыков, С. А. Сканирующая зондовая микроскопия полупроводниковых материалов и наноструктур [Текст] : учеб. пособие для вузов / С. А. Рыков ; под общ. ред. В. И. Ильина, А. Я. Шика. - СПб. : Наука, 2001. - 52 с

3. Новые технологии в металлургии, химии, обогащении и экологии [Текст] : научное издание / Федер. агентство по образованию, СПбГГИ им. Г. В. Плеханова (ТУ) ; [ред. В. С. Литвиненко и др.]. - СПб. : Изд-во СПбГГИ, 2005. - 222 с.
4. Пул, Ч. Нанотехнологии [Текст] : учебник / Ч. Пул, Ф. Оуэнс ; пер. с англ. под ред. Ю. И. Головина. - 2-е доп. изд. - М. : Техносфера, 2005. - 334 с.
5. Волков, Г. М. Объемные наноматериалы [Текст] : учеб. пособие для вузов / Г. М. Волков. - М. : КноРус, 2011. - 168 с. : граф., ил. - Библиогр.: с. 159.
6. Рамбиди, Н. Г. Физические и химические основы нанотехнологий [Текст] : [курс лекций] / Н. Г. Рамбиди, А. В. Березкин. - М. : Физматлит, 2008. - 454 с.

### **7.1.3. Учебно-методическое обеспечение**

1. Петкова А.П.. Методические указания к самостоятельной работе по дисциплине «Проектирование технологических процессов формирования и обработки наноматериалов и покрытий».
2. Учебно-методические материалы для написания курсовой работы по учебной дисциплине «Проектирование технологических процессов формирования и обработки наноматериалов и покрытий».
3. Григорьев, С. Н. Технологии нанообработки [Электронный ресурс] : учеб. пособие для вузов / С. Н. Григорьев, А. А. Грибков, С. В. Алешин. - Старый Оскол : ТНТ, 2008. - 319 с.  
[http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=108&task=static\\_req&bns\\_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req\\_irb=<.>I=34%2E4%D1%8F73%2F%D0%93%20834%2D690727<.>](http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=108&task=static_req&bns_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req_irb=<.>I=34%2E4%D1%8F73%2F%D0%93%20834%2D690727<.>)

### **7.2. базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:**

1. Мировая цифровая библиотека: <http://wdl.org/ru>
2. Научная электронная библиотека «Scopus» <https://www.scopus.com>
3. Научная электронная библиотека ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>
4. Научная электронная библиотека «eLIBRARY»: <https://elibrary.ru/>
5. Поисковые системы Yandex, Google, Rambler, Yahoo и др.
6. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ): <http://www.rsl.ru/>
7. Электронная библиотека учебников: <http://studentam.net>
8. Электронно-библиотечная система издательского центра «Лань» <https://e.lanbook.com/books>.
9. Европейская цифровая библиотека Europeana: <http://www.europeana.eu/portal>
10. Свободная энциклопедия Википедия: <https://ru.wikipedia.org>

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **8.1 Материально-техническое оснащение аудиторий**

#### **Аудитории для проведения лекционных занятий**

23 посадочных места Металлографический комплекс-1шт, микроскоп Метам РВ-22 (5) – 1 шт., микроскоп металлографический ЛабоМет-1 – 1 шт., микроскоп металлографический ЛабоМет-1 бинокляр – 1 шт., ноутбук HP Compaq 615 VC288EA – 1 шт., проектор изображения 1928 T2G – 1 шт., проектор NEC M363W – 1 шт., твердомер по Рюквеллу 210HR-150 – 1 шт., экран настенный 178×178 - 1 шт., компьютер HP 6200 Pro – 3 шт., ПЭВМ Р11 – 1 шт., ПЭВМ Кей Р911 – 1 шт., стол аудиторный - 10 шт., стол компьютерный 1100×600×750 - 6 шт., стул черный кожзаменитель - 23 шт.

#### **Аудитории для проведения практических занятий**

23 посадочных места Металлографический комплекс-1шт, микроскоп Метам РВ-22 (5) – 1 шт., микроскоп металлографический ЛабоМет-1 – 1 шт., микроскоп металлографический ЛабоМет-1 бинокляр – 1 шт., ноутбук HP Compaq 615 VC288EA – 1 шт., проектор изображения 1928 T2G – 1 шт., проектор NEC M363W – 1 шт., твердомер по Рюквеллу 210HR-150 – 1 шт., экран настенный 178×178 - 1 шт., компьютер HP 6200 Pro – 3 шт., ПЭВМ Р11 – 1

шт., ПЭВМ Кей Р911 – 1 шт., стол аудиторный - 10 шт., стол компьютерный 1100×600×750 - 6 шт., стул черный кожзаменитель - 23 шт.

### **8.2. Помещения для самостоятельной работы:**

23 посадочных места Металлографический комплекс-1шт, микроскоп Метам РВ-22 (5) – 1 шт., микроскоп металлографический ЛабоМет-1 – 1 шт., микроскоп металлографический ЛабоМет-1 бинокляр – 1 шт., ноутбук HP Compaq 615 VC288EA – 1 шт., проектор изображения 1928 T2G – 1 шт., проектор NEC M363W – 1 шт., твердомер по Рюквеллу 210HR-150 – 1 шт., экран настенный 178×178 - 1 шт., компьютер HP 6200 Pro – 3 шт., ПЭВМ Р11 – 1 шт., ПЭВМ Кей Р911 – 1 шт., стол аудиторный - 10 шт., стол компьютерный 1100×600×750 - 6 шт., стул черный кожзаменитель - 23 шт.

### **8.3. Помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования:**

Центр новых информационных технологий и средств обучения:

персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»);

монитор – 4 шт.;

сетевой накопитель – 1 шт.;

источник бесперебойного питания – 2 шт.;

телевизор плазменный Panasonic – 1 шт.;

точка Wi-Fi – 1 шт.,

паяльная станция – 2 шт.;

дрель – 5 шт.;

перфоратор – 3 шт.;

набор инструмента – 4 шт.;

тестер компьютерной сети – 3 шт.;

баллон со сжатым газом – 1 шт.;

паста теплопроводная – 1 шт.;

пылесос – 1 шт.;

радиостанция – 2 шт.;

стол – 4 шт.;

тумба на колесиках – 1 шт.;

подставка на колесиках – 1 шт.;

шкаф – 5 шт.;

кресло – 2 шт.;

лестница Alve - 1 шт.

### **8.4. Лицензионное программное обеспечение:**

Пакеты прикладных программ Microsoft Office

Microsoft Windows 7 Professional

Microsoft Office 2007 Professional Plus

Microsoft Windows XP Professional

Autodesk product: Building Design Suite Ultimate 2016, product Key: 766H1 с возможностью доступа к сети «Интернет»

Microsoft Office 2010 Professional Plus Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security