

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)

Институт машиностроения и автомобильного транспорта

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор института

\_\_\_\_\_ А.И. Елкин  
« 31 \_\_\_\_\_ 20 22 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ В НАНОТЕХНОЛОГИИ**  
(наименование дисциплины)

**направление подготовки / специальность**

28.03.02 «Наноинженерия»

(код и наименование направления подготовки (специальности))

**направленность (профиль) подготовки**

Инженерные нанотехнологии в машиностроении

(направленность (профиль) подготовки)

г. Владимир

2022

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Целями освоения** дисциплины «Технологические системы в нанотехнологии» состоит в формировании современных представлений о методах синтеза наночастиц и наноматериалов, способах контролируемого роста получения наночастиц требуемого размера и формы, методах синтеза пленок и покрытий, массивных наноструктурированных и микропористых материалов; технологических систем, обеспечивающих указанные процессы.

Изучение курса «Технологические системы в нанотехнологии» способствует расширению научного кругозора и повышению общей культуры будущего специалиста, развитию его мышления и становлению его мировоззрения.

### **Задачи дисциплины:**

- 1) изучить методы синтеза наночастиц и нанопорошков, а также ознакомится с технологическими системами, обеспечивающими данные процессы;
- 2) освоить современные методы получения компактных двумерных и трехмерных наноматериалов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Технологические системы в нанотехнологии» относится к блоку 1 (часть, формируемая участниками образовательных отношений) учебного плана подготовки бакалавров по направлению 28.03.02 «Наноинженерия».

Пререквизиты дисциплины: Физика, Химия, Введение в наноинженерию, Материаловедение наноматериалов и наносистем.

### **Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) дисциплинами и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами**

Наименование обеспечивающих (предыдущих) дисциплин и обеспечиваемых (последующих) дисциплин	Разделы данной дисциплины, которые необходимы для изучения обеспечиваемых (последующих) дисциплин	
	4 семестр	
	1	2
<b>Предшествующие дисциплины</b>		
1. Физика.	+	+
2. Химия.	+	+
3. Введение в наноинженерию.	+	+
4. Материаловедение наноматериалов и наносистем.	+	+
<b>Последующие дисциплины</b>		
1. Методы получения наноструктурированных покрытий в машиностроении.		+
2. Основы нанотехнологий в машиностроении.	+	+
3. Оборудование нанотехнологического производства.	+	+
4. Научно-исследовательская работа.	+	+
5. Выпускная квалификационная работа.	+	+

### 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесённые с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций):

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
ПК-5 Способен технологически обеспечивать производство изделий с наноструктурированным керамическим покрытием.	ПК-5.1. Знает типовые методы производства изделий с наноструктурированным керамическим покрытием. ПК-5.2. Умсет планировать и проводить мероприятия по разработке изделий с наноструктурированным керамическим покрытием в части, касающейся технологического процесса. ПК-5.3. Владеет навыками выполнения технологических операций процесса производства изделий с наноструктурированным керамическим покрытием и обслуживания технологического оборудования.	<b>Знает:</b> - типовые методы производства изделий с наноструктурированным керамическим покрытием. <b>Умеет:</b> - планировать и проводить мероприятия по разработке изделий с наноструктурированным керамическим покрытием в части, касающейся технологического процесса. <b>Владеет:</b> - навыками выполнения технологических операций процесса производства изделий с наноструктурированным керамическим покрытием и обслуживания технологического оборудования.	Тестовые вопросы

#### 4. ОБЪЁМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоёмкость дисциплины составляет 7 зачётных единиц, 252 часов.

##### 4.1. Тематический план (форма обучения - очная)

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником (в часах)					Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	в форме практической подготовки	СРП		
<b>1</b>	<b>МЕТОДЫ СИНТЕЗА НАНОЧАСТИЦ И НАНОПОРОШКОВ</b>	<b>4</b>		<b>12</b>	<b>12</b>		<b>1</b>		<b>114</b>	
1.1	Конденсация паров и газофазный синтез. Плазмохимический синтез.		1-2	2					19	Рейтинг-контроль № 1
1.2	Осаждение из коллоидных растворов. Химическая конденсация. Пиролиз.		3-4	2					19	
1.3	Механохимический синтез. Дезинтеграция.		5-6	2	12		1		19	
1.4	Детонационный синтез. Электро взрыв.		7-8	2					19	Рейтинг-контроль № 2
1.5	Самораспространяющийся высокотемпературный синтез.		9-10	2					19	
1.6	Термоциклирование вблизи температуры структурных фазовых переходов.		11-12	2					19	
<b>2</b>	<b>ПОЛУЧЕНИЕ КОМПАКТНЫХ ДВУМЕРНЫХ И ТРЕХМЕРНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ</b>	<b>4</b>		<b>6</b>	<b>24</b>		<b>2</b>		<b>57</b>	
2.1	Компактирование нанопорошков. Нанокерамика. Осаждение и напыление на подложку.		13-14	2	12		1		19	Рейтинг-контроль № 3
2.2	Гетероструктуры. Кристаллизация аморфных сплавов. Магнитные наноматериалы.		15-16	2					19	
2.3	Интенсивная пластическая деформация. Конструкционные наноматериалы.		17-18	2	12		1		19	
<b>Всего за 4 семестр:</b>					<b>18</b>	<b>36</b>			<b>171</b>	<b>Экзамен (27ч)</b>
<b>Наличие в дисциплине КП/КР</b>										
<b>Итого по дисциплине:</b>					<b>18</b>	<b>36</b>			<b>171</b>	<b>Экзамен (27ч)</b>

## 4.2. Содержание лекционных занятий по дисциплине

### Раздел 1. МЕТОДЫ СИНТЕЗА НАНОЧАСТИЦ И НАНОПОРОШКОВ

Тема 1.1. Конденсация паров и газофазный синтез. Плазмохимический синтез.

Физико-химические основы конденсации паров. Модификации газофазного получения наночастиц. Лазерная абляция. Распыление в дуговом разряде. Плазмохимический синтез – материалы и область применения. Модификации плазмохимического получения наночастиц.

Тема 1.2. Осаждение из коллоидных растворов. Химическая конденсация. Пиролиз.

Метод жидкофазного восстановления из растворов. Золь-гель процесс. Метод гидротермального синтеза. Микроэмульсионный метод. Криогенная сушка. Химическая конденсация. Пиролиз – назначение и материалы.

Тема 1.3. Механохимический синтез. Дезинтеграция.

технологические схемы. Область применения механохимического синтеза. Особенности использования механохимического синтеза. Материалы. Условия развития трещин при дезинтеграции.

Тема 1.4. Детонационный синтез. Электровзрыв.

Физические аспекты детонационного синтеза. Синтезируемые материалы. Особенности реализации. Материал, размерность синтезируемых порошков. Производительность и масштабирование методов.

Тема 1.5. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез.

Физико-химические аспекты макрокинетических процессов при СВС. СВС экструзия. Особенности использования сдвиговых деформаций при СВС. Керамические материалы получаемые СВС и область их применения.

Тема 1.6. Термоциклирование вблизи температуры структурных фазовых переходов.

Формирования наноструктуры с помощью атомно-вакансионного упорядочения нестехиометрических соединений. Перспективные материалы.

### Раздел 2. ПОЛУЧЕНИЕ КОМПАКТНЫХ ДВУМЕРНЫХ И ТРЕХМЕРНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ.

Раздел 2.

Тема 2.1. Компактирование нанопорошков. Нанокерамика. Осаждение и напыление на подложку.

Высокоскоростной микроволновой нагрев. Ступенчатое контролируемое спекание. Плазмоактивированное спекание. Спекание в вакууме или восстановительных средах. Импульсное электроосаждение. Электрохимический синтез. Анодирование. Метод движущегося растворителя. Эпитаксиальное осаждение. Метод химической сборки.

Тема 2.2 Гетероструктуры. Кристаллизация аморфных сплавов. Магнитные наноматериалы.

Классификация, области применения и перспективы гетероструктур. Аморфизирующие сплавы. Получение аморфной структуры. Технологические схемы. Перспективы использования аморфных сплавов.

Тема 2.3. Интенсивная пластическая деформация. Конструкционные наноматериалы.

Механические основы интенсивной пластической деформации. Материаловедческие основы ИПД. Структура и физико-механические свойства конструкционных материалов после ИПД.

### **4.3. Содержание практических занятий по дисциплине**

#### **Раздел 1. МЕТОДЫ СИНТЕЗА НАНОЧАСТИЦ И НАНОПОРОШКОВ.**

Тема 1.3 Механохимический синтез. Дезинтеграция.

Получение механолегированных порошков. Измельчение материалов в вибрационных, вихревых, планетарных и гироскопических мельницах. Измельчение материалов в шаровых мельницах (12 час.).

#### **Раздел 2. ПОЛУЧЕНИЕ КОМПАКТНЫХ ДВУМЕРНЫХ И ТРЕХМЕРНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ**

Тема 2.1. Компактирование нанопорошков. Нанокерамика. Осаждение и напыление на подложку.

Одноосное статическое прессование. Динамическое прессование. Изостатическое прессование. Ультразвуковое компактирование. газовая экструзия (12 час.).

Тема 2.3. Интенсивная пластическая деформация. Конструкционные наноматериалы.

Кручение под высоким давлением. Равноканальное угловое прессование. Конформ. Винтовая экструзия (12 час.).

## **5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

### **5.1. Текущий контроль успеваемости**

Проводится трижды в течение учебного семестра в соответствии с "Положением о рейтинговой системе комплексной оценки знаний студентов во Владимирском государственном университете имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых" в следующие сроки:

- рейтинг-контроль № 1 – 5 – 6 неделя семестра;
- рейтинг-контроль № 2 – 11 – 12 неделя семестра;
- рейтинг-контроль № 3 – 17 - 18 неделя семестра.

#### **Вопросы к рейтинг-контролю № 1**

1. Конденсация паров и газофазный синтез.
2. Плазмохимический синтез.
3. Осаждение из коллоидных растворов.
4. Химическая конденсация.
5. Пиролиз.
6. Механохимический синтез.
7. Дезинтеграция.
8. Получение механолегированных порошков.
9. Измельчение материалов в вибрационных мельницах.
10. Измельчение материалов в вихревых мельницах.
11. Измельчение материалов в планетарных мельницах.
12. Измельчение материалов в гироскопических мельницах.
13. Методы получения нанопорошков и наноматериалов.
14. Структурные и субструктурные особенности, рентгеновская плотность взрывчатых нанопорошков.
15. Структурно-энергетическое состояние нанопорошка алюминия.
16. Измельчение материалов в шаровых мельницах.

#### **Вопросы к рейтинг-контролю № 2**

1. Детонационный синтез.
2. Взрыв.
3. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез.
4. Термоциклирование вблизи температуры структурных фазовых переходов.
5. Структурный и размерный факторы в физико-химии малых частиц.
6. Структурное состояние частиц, полученных с помощью электрического взрыва проводников.
7. Избыточная энергия малых частиц и порошков.
8. Методы определения полной удельной поверхности ультрадисперсных сред.
9. Пикнометрические методы определения плотности.
10. Определение насыпной плотности и плотности утряски. Методы измерения текучести.

#### **Вопросы к рейтинг-контролю № 3**

1. Компактирование нанопорошков.
2. Нанокерамика.
3. Осаждение и напыление на подложку.
4. Гетероструктуры.

5. Кристаллизация аморфных сплавов.
6. Магнитные наноматериалы.
7. Интенсивная пластическая деформация.
8. Конструкционные наноматериалы.
9. Консолидация нанопорошков с применением концентрированных потоков энергии.
10. Методы синтеза аморфных порошков.
11. Влияние интенсивной пластической деформации на структуру и свойства алюминиевых сплавов.

## 5.2. Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины

### Вопросы к экзамену

1. Конденсация паров и газофазный синтез.
2. Плазмохимический синтез.
3. Осаждение из коллоидных растворов.
4. Химическая конденсация.
5. Пиролиз.
6. Механохимический синтез.
7. Дезинтеграция.
8. Получение механолегированных порошков.
9. Измельчение материалов в вибрационных мельницах.
10. Измельчение материалов в вихревых мельницах.
11. Измельчение материалов в планетарных мельницах.
12. Измельчение материалов в гироскопических мельницах.
13. Методы получения нанопорошков и наноматериалов.
14. Структурные и субструктурные особенности, рентгеновская плотность взрывчатых нанопорошков.
15. Структурно-энергетическое состояние нанопорошка алюминия.
16. Измельчение материалов в шаровых мельницах.
17. Детонационный синтез.
18. Электровзрыв.
19. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез.
20. Термоциклирование вблизи температуры структурных фазовых переходов.
21. Структурный и размерный факторы в физико-химии малых частиц.
22. Структурное состояние частиц, полученных с помощью электрического взрыва проводников.
23. Избыточная энергия малых частиц и порошков.
24. Методы определения полной удельной поверхности ультрадисперсных сред.
25. Пикнометрические методы определения плотности.
26. Определение насыпной плотности и плотности утряски. Методы измерения текучести.
27. Компактирование нанопорошков.
28. Нанокерамика.
29. Осаждение и напыление на подложку.
30. Гетероструктуры.
31. Кристаллизация аморфных сплавов.
32. Магнитные наноматериалы.
33. Интенсивная пластическая деформация.
34. Конструкционные наноматериалы.
35. Консолидация нанопорошков с применением концентрированных потоков энергии.
36. Методы синтеза аморфных порошков.

31. Влияние интенсивной пластической деформации на структуру и свойства алюминиевых сплавов.

### **5.3. Самостоятельная работа обучающегося**

Для организации самостоятельной работы студентов (самостоятельной проработки теоретического материала, подготовки по лекционному материалу, подготовки к практическим занятиям) рекомендуются учебно-методические пособия и указания из основного и дополнительного списка, перечисленные в разделе 6 настоящей рабочей программы.

#### **Задания к самостоятельной работе по дисциплине**

1. Методы получения нанопорошков и наноматериалов.
2. Структурные и субструктурные особенности, рентгеновская плотность электровзрывных нанопорошков.
3. Структурно-энергетическое состояние нанопорошка алюминия.
4. Структурный и размерный факторы в физико-химии малых частиц.
5. Структурное состояние частиц, полученных с помощью электрического взрыва проводников.
6. Избыточная энергия малых частиц и порошков.
7. Консолидация нанопорошков с применением концентрированных потоков энергии.
8. Методы синтеза аморфных порошков.
9. Влияние интенсивной пластической деформации на структуру и свойства алюминиевых сплавов.

Фонд оценочных материалов (ФОМ) для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### ДИСЦИПЛИНЫ

#### 6.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ
		Наличие в электронном каталоге ЭБС
<b>Основная литература</b>		
1. Композиционные наноматериалы: учебное пособие / Е. А. Сергеева, Ю. А. Тимошина; Минобрнауки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. - Казань: Изд-во КНИТУ, 2017. - 152 с.	2017	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788222578.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788222578.html</a>
2. Физикохимия керамических, композиционных и наноматериалов: учеб. пособие / Э.М. Никифорова, Р.Г. Еромасов, А.Ф. Шиманский. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2016. - 156 с.	2016	<a href="http://znanium.com/catalog/product/978676">http://znanium.com/catalog/product/978676</a>
3. Материалы и методы нанотехнологий: Учебное пособие / Ремпель А.А., Валеева А.А., - 2-е изд., стер. - М.:Флинта, 2017. - 136 с.: ISBN 978-5-9765-3225-0.	2018	<a href="http://znanium.com/catalog/product/959235">http://znanium.com/catalog/product/959235</a>
<b>Дополнительная литература</b>		
1. Основы технологий и применение наноматериалов: Монография / Колмаков А.Г., Баринов С.М., Алымов М.И. - М.:ФИЗМАТЛИТ, 2012. - 208 с.: ISBN 978-5-9221-1408-0.	2018	<a href="http://znanium.com/catalog/product/852369">http://znanium.com/catalog/product/852369</a>
2. Морозов В.В. Нанотехнологии в керамике: монография: в 2 ч. / В.В. Морозов, Э.П. Сысоев; Владимирский государственный университет (ВлГУ). — Владимир: Владимирский государственный университет (ВлГУ), 2010-2011. — ISBN 978-5-9984-0075-9. Ч. 1: Наночастицы [Электронный ресурс]. — Электронные текстовые данные (1 файл: 18,5 Мб). — 2010. — 274 с.	2018	<a href="http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/3076/1/00687.pdf">http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/3076/1/00687.pdf</a>
3. Морозов В.В. Нанотехнологии в керамике: монография: в 2 ч. / В.В. Морозов, Э.П. Сысоев; Владимирский государственный университет (ВлГУ). — Владимир:	2017	<a href="http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/3055/1/00633.pdf">http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/3055/1/00633.pdf</a>

<p>Владимирский государственный университет (ВлГУ), 2010-2011. — ISBN 978-5-9984-0075-9. Ч. 2: Нанопленки, нанопокрyтия, наномембраны, нанотрубки, наностержни, нанопроволока [Электронный ресурс]. — Электронные текстовые данные (1 файл: 24,9 Мб). — 2011. — 167 с.</p>		
--	--	--

## 6.2. Периодические издания

1. Российские нанотехнологии: научно-технический журнал. <https://sciencejournals.ru/journal/nano/>
2. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез: научно-технический журнал. [http://www.ism.ac.ru/n\\_journal/indexr.php](http://www.ism.ac.ru/n_journal/indexr.php)
3. Неорганические материалы: научно-технический журнал. <https://sciencejournals.ru/journal/neorgmat/>
4. Металлы: научно-технический журнал. <http://www.imet.ac.ru/metally/>

## 6.3. Интернет-ресурсы

1. Федеральный портал «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» <http://window.edu.ru/window> и <http://window.edu.ru/window/catalog>
2. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов <http://fcior.edu.ru/>

## Учебно-методические издания

1. Аборкин А.В. Методические указания к практическим работам по дисциплине «Технологические системы в нанотехнологии» для студентов направления 28.03.02 [Электронный ресурс] / сост. Аборкин А.В.; Влад. гос. ун-т. ТМС - Владимир, 2021. - Доступ из корпоративной сети ВлГУ. - Режим доступа: <http://cs.cdo.vlsu.ru/>
2. Аборкин А.В. Методические рекомендации к выполнению самостоятельной работы по дисциплине «Технологические системы в нанотехнологии» для студентов направления 28.03.02 [Электронный ресурс] / сост. Аборкин А.В.; Влад. гос. ун-т. ТМС - Владимир, 2021. - Доступ из корпоративной сети ВлГУ. - Режим доступа: <http://cs.cdo.vlsu.ru/>
3. Аборкин А.В. Оценочные средства по дисциплине «Технологические системы в нанотехнологии» для студентов направления 28.03.02 [Электронный ресурс] / сост. Аборкин А.В.; Влад. гос. ун-т. ТМС - Владимир, 2021. - Доступ из корпоративной сети ВлГУ. - Режим доступа: <http://cs.cdo.vlsu.ru/>

## Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

- 1) Портал Центр дистанционного обучения ВлГУ [электронный ресурс] / - Режим доступа: <http://cs.cdo.vlsu.ru/>
- 2) Раздел официального сайта ВлГУ, содержащий описание образовательной программы [электронный ресурс] / - Режим доступа: Образовательная программа Образовательная программа 28.03.02 «Наноинженерия» <http://op.vlsu.ru/index.php?id=169>

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для обеспечения учебного процесса по дисциплине «Технологические системы в нанотехнологии» предусмотрено использование следующих лабораторий кафедры ТМС.

### 1. Лаборатория 2D- и 3D наноструктурированных покрытий (ауд. 119-4)

Краткая характеристика помещения:

Общая площадь – 102 кв.м (2 этажа). 1 этаж – лабораторное и производственное оборудование (67 кв.м), 2 этаж – учебный класс на 15 посадочных мест (36 кв.м).

Оборудование:

- Установка для нанесения наноструктурированных покрытий UniCoat 600SL+; производитель – РФ, год выпуска - 2008. Установка для нанесения покрытий методом PVD с максимальной толщиной многослойного сэндвич-покрытия до 20 мкм на весь диапазон используемого концевой инструмента с системой визуализации, управления и термометрирования технологического процесса в течение всего цикла изготовления. Основные типы покрытий: традиционные покрытия – TiN, TiCN, Ti-C:H; 3D-нанокompозитные покрытия; 2D-нанокompозитные покрытия и пленки (в том числе алмазоподобные)- суперлаттики.

- Стационарная установка для измерения микротвердости HVS 1000, производитель – Тайвань. Предназначен для измерения микротвердости в том числе и покрытий.

- Испытательная система на растяжение термокамерой WDW-100. Жесткость силовой рамы: 100 кН/мм, Наибольшая предельная нагрузка: 100 кН (10 тс); Тип привода: электромеханический, Точность измерения нагрузки:  $\pm 1,0\%$  (по заказу 0,5%), Диапазон измерения нагрузки: 400 Н ~ 100 кН; (0,4%-100% полной шкалы, автоматически переключаемые шкалы), 6 шкал, Разрешение нагрузки: 0,001% FS, Диапазон измерения деформации: 2 – 100%, Точность измерения деформации:  $\pm 1,0\%$ .

- Калотестер CSM CAT (Модель CAT-S-AE), производитель: CSM (Швейцария).

- Микрокомбитестер CSM MCT Производитель: CSM (Швейцария).

- Трибометр CSM (Модель TRB-S-CE-000) Производитель: CSM (Швейцария).

### 2. Ауд.104-3. Лаборатория электронной микроскопии (входит в состав ЦКП ВлГУ).

Краткая характеристика помещения:

Общая площадь – 52 кв.м., климат-контроль, число посадочных мест – 3.

Оборудование:

сканирующий электронный микроскоп Quanta 200-3D, производитель FEI (Нидерланды). Позволяет производить широкий диапазон метрологических исследований. Имея уникальное поле сканирования до нескольких см, он позволяет, благодаря современной системе фокусировки электронного луча, получать разрешения до 3 нм. Применение данного комплекса дает возможность существенно расширить измерительную линейку аналитической техники.

### 3. Лаборатория зондовой микроскопии (входит в состав ЦКП ВлГУ, ауд.419-3).

Краткая характеристика помещения:

Общая площадь – 52 кв.м., климат-контроль, число посадочных мест – 6.

Оборудование:

сканирующая зондовая нанолаборатория «Интегра Аура», производитель НТ-МДТ (РФ). Уникальный комплексный прибор, реализующий все основные методики AFM (атомно-силовой) сканирующей микроскопии. Дополнительно реализован режим отражательной SNOM (ближнеполевой) микроскопии. Комплекс позволяет проводить измерения в условиях вакуума до 10<sup>-2</sup> Торр, что предоставляет целый ряд преимуществ. Это относится как к повышению чувствительности измерений за счет повышения добротности колебаний кантилевера, так и к возможности проведения измерений без вредного влияния поверхностного адсорбата.

### 4. Лаборатория получения и исследования углеродных нанотрубок (ауд. 108а-4).

Краткая характеристика помещения:

Общая площадь – 102 кв.м (2 этажа). 1 этаж – лабораторное и производственное оборудование (67 кв.м), 2 этаж – исследовательская лаборатория на 6 посадочных мест (36 кв.м).

**Оборудование:**

установка для получения углеродных нанотрубок и волокон «Таунит», производитель – РФ, год выпуска – 2008. Промышленный реактор для получения углеродных нанотрубок, нановолокон в объеме 2000 кг в год. - установка ультразвуковой мойки, производитель УЗ техника (РФ). Предназначена для предварительной очистки и подготовки режущего инструмента к напылению. - диспергатор, производитель УЗ техника (РФ). Предназначен для разделения нанотрубок и нанопорошка и подготовки коллоидных растворов.

## 8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОВЗ

### 8.1. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

### 8.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ОВЗ

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При обучении студентов с нарушениями слуха предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема-передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями слуха, мобильной системы обучения для студентов с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой обучаются студенты с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видео-техникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При обучении студентов с нарушениями зрения предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для удаленного просмотра.

При обучении студентов с нарушениями опорно-двигательного аппарата используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема-передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями опорно-двигательного аппарата, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

### 8.3. Требования к фонду оценочных средств для лиц с ОВЗ

Для студентов с ограниченными возможностями здоровья предусмотрены дополнительные оценочные средства, перечень которых указан в таблице 1.

Таблица 1 – Дополнительные средства оценивания для студентов с инвалидностью

Категории студентов	Виды дополнительных оценочных средств	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные лабораторные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)

С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные лабораторные, самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показателям	Тесты, письменные лабораторные, самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами, исходя из состояния обучающегося на момент проверки

#### **8.4. Методические рекомендации по оценочным средствам для лиц с ограниченными возможностями здоровья**

Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы.

Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Рабочую программу составил АБРАКИН А.В., к.т.н., доцент  
(ФИО, должность, подпись)

Рецензент (представитель работодателя):  
Генеральный директор ООО "НТЦ Композит"  
к.т.н., доцент

Прусов Е.С.

(место работы, должность, ФИО, подпись)



Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Технология машиностроения»  
Протокол № 1 от 31.08.2022 года

Заведующий кафедрой МОРОЗОВ В.В., д.т.н., профессор  
(ФИО, должность, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена  
на заседании учебно-методической комиссии направления 28.03.02 «Наноинженерия»  
Протокол № 1 от 31.08.2022 года

Председатель комиссии МОРОЗОВ В.В., д.т.н., профессор  
(ФИО, должность, подпись)

### ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_