

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



**УТВЕРЖДАЮ**  
Проректор  
по учебно-методической работе

А.А.Панфилов

20 15 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**МЕХАНИКА НАНОСИСТЕМ И ТРИБОЛОГИЯ**  
(наименование дисциплины)

Направление подготовки: 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника»

Профиль/программа подготовки:

Уровень высшего образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. заня- тия, час.	Лаборат. ра- боты, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз./зачет)
5	5 / 180	36	18	18	63	экзамен (45 ч.)
Итого	5 / 180	36	18	18	63	экзамен (45 ч.)

Владимир 20 15

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины «Механика наносистем и трибология» являются: ознакомление студентов с понятиями, математическим аппаратом и методами механики сплошных сред и трибологии.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Механика наносистем и трибология» относится к обязательным дисциплинам вариативной части (Б1.В.ОД.6).

Для успешного изучения дисциплины «Механика наносистем и трибология» студенты должны быть знакомы с основными положениями курсов «Высшая математика», «Теория эксперимента», «Прикладная механика».

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины частично формируются следующие компетенции, состоящая в:

- способности выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат (ОПК-2):

**Знать** соответствующий физико-математический аппарат, необходимый для решения проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности.

**Уметь** выявлять естественнонаучную сущность проблем.

**Владеть** навыками решения проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат.

- готовностью проводить экспериментальные исследования по синтезу и анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники (ПК-2):

**Знать** методы проведения экспериментальных исследований по синтезу и анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники.

**Уметь** проводить экспериментальные исследования по синтезу и анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники.

**Владеть** навыками проведения экспериментальных исследований по синтезу и анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники.

- готовностью работать на современном технологическом оборудовании, используемом в производстве материалов и компонентов нано- и микросистемной техники (ПК-10):

**Знать** современное технологическое оборудование, используемое в производстве материалов и компонентов нано- и микросистемной техники.

**Уметь** работать на современном технологическом оборудовании, используемом в производстве материалов и компонентов нано- и микросистемной техники.

**Владеть** навыками работы на современном технологическом оборудовании, используемом в производстве материалов и компонентов нано- и микросистемной техники.

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС	КП / КР		
1	Основные гипотезы технической механики. Внешние силы и напряжения.	5	1	2	1	1		3		2/50%	Рейтинг-контроль №1
2	Напряжения в координатных площадках. Индексация. Правило знаков. Напряженное состояние в точке.	5	2	2	1	1		3		2/50%	
3	Закон парности касательных напряжений. Тензор напряжений. Главные нормальные напряжения. Инварианты тензора напряжений.	5	3	2	1	1		3		2/50%	
4	Эллипсоид напряжений. Разложение тензора напряжений на шаровой тензор и девиатор.	5	4	2	1	1		3		2/50%	
5	Максимальные касательные напряжения. Октаэдрические напряжения. Интенсивность напряжений. Рейтинг-контроль.	5	5	2	1	1		3		2/50%	
6	Диаграммы Мора. Дифференциальные уравнения равновесия.	5	6	2	1	1		3		2/50%	
7	Плоское деформированное и плоское напряженное состояние. Приближенные уравнения равновесия в анализе формоизменяющих операций.	5	7	2	1	1		3		2/50%	Рейтинг-контроль №2
8	Описание движе-	5	8	2	1	1		3		2/50%	

	ния сплошной среды. Переменные Эйлера и Лагранжа. Понятие деформаций. Виды деформаций.										
9	Компоненты перемещений и малых деформаций. Тензор деформаций. Интенсивность деформаций, максимальные сдвиговые и октаэдрические деформации.	5	9	2	1	1		3		2/50%	
10	Условие совместности деформаций. Скорость деформации и скорость деформирования. Рейтинг-контроль.	5	10	2	1	1		4		2/50%	
11	Зависимость между напряжениями и деформациями в упругой области. Обобщенный закон Гука.	5	11	2	1	1		4		2/50%	
12	Структура твердого тела и его поверхности. Особенности контактирования твердых тел при трении.	5	12	2	1	1		4		2/50%	
13	Трение твердых тел. Тепловые процессы при трении.	5	13	2	1	1		4		2/50%	
14	Эволюция структуры поверхностного слоя при трении. Динамические процессы при трении.	5	14	2	1	1		4		2/50%	
15	Виды и характеристики изнашивания.	5	15	2	1	1		4		2/50%	
16	Методы повышения износостойкости деталей и узлов трения.	5	16	2	1	1		4		2/50%	
17	Особенности разрушения упрочненных слоев при трении.	5	17	2	1	1		4		2/50%	
18	Методы триботехнических испытаний.	5	18	2	1	1		4		2/50%	
<b>Всего</b>				36	18	18		63		36/50%	<b>Экзамен (45ч.)</b>

Рейтинг-контроль №3

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Ориентация на тактические образовательные технологии, являющиеся конкретным способом достижения целей образования в рамках намеченной стратегической технологии.

При проведении лекций используется метод проблемного изложения с использованием интерактивной формы проведения занятия.

При проведении лабораторных работ и практических занятий используются поисковый и исследовательские методы

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

### 5 семестр

#### 6.1. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости

##### Вопросы к рейтинг-контролю №1

1. В чем состоит свойство симметрии тензора напряжений?
2. Какие площадки в точке тела называют главными?
3. С какой целью приводят тензор напряжений к диагональному виду?
4. В чем заключается связь инвариантов с видом напряженного состояния?
5. Каким свойством обладают инварианты тензора?
6. Почему нельзя найти напряжения из статических условий?
7. Какое практическое значение имеет второй инвариант девиатора  $D\sigma$ ?
8. Почему условие перехода металла в пластическое состояние представляют в форме девиаторных зависимостей?
9. С каким инвариантом тензора напряжений связывают условие перехода металлов в пластическое состояние?
10. Перечислите основные гипотезы и допущения технологической механики.

##### Вопросы к рейтинг-контролю №2

1. В чем отличие представления Ж.Лагранжа и Л.Эйлера о движении сплошной среды?
2. Как вычислить скорость относительного изменения объема?
3. Что называется интенсивностью скоростей деформаций сдвига?
4. Какие виды деформации характеризуют компоненты тензора скорости деформаций?
5. В чем заключается физический смысл линейного инварианта?
6. Почему девиатор скорости деформаций можно привести к диагональному виду?
7. Какие гипотезы используются при выводе системы уравнений теории упругости?
8. Чем отличаются уравнения связи, записанные по теории упругости и теории течения?
9. В какой форме записывают условие пластичности?
10. Какие уравнения образуют замкнутую систему в теории пластичности?
11. Какие гипотезы используют в теории течения?
12. Почему условие перехода металла в пластическое состояние представляют в форме девиаторных зависимостей?
13. С каким инвариантом тензора напряжений связывают условие перехода металлов в пластическое состояние?
14. Что является предметом изучения в реологии?

15. Какие виды моделей среды принято рассматривать при анализе линейного напряженного состояния?
16. Как влияет скорость деформации на диаграмму напряжения?
17. На каких принципах основывается построение реологических зависимостей?
18. В чем особенности и значение диаграмм пластичности?
19. В чем особенности современной теории деформируемости металлов?
20. Что такое «запас пластичности»?

### **Вопросы к рейтинг-контролю №3**

1. Этапы развития триботехники.
2. Роль отечественных учёных в развитии триботехники.
3. Сроки службы трущихся деталей машин.
4. Методы и средства трибоиспытаний.
5. Экономические аспекты применения триботехнологий
6. Три категории погрешностей: макрогеометрические отклонения, волнистость поверхности, шероховатость поверхности.
7. Параметры, характеризующие шероховатость поверхности и её обозначение.
8. Технологическое обеспечение параметров поверхностного слоя деталей.
9. Атомный характер дефектов структуры твёрдого тела.
10. Сдвиговой и диффузионный механизм пластической деформации.
11. Структура и свойства поверхностного слоя.
12. Молекулярно-механическая теория трения.
13. Трение качения. 9. Трение скольжения.
14. Основные характеристики трения.
15. Классификация видов трения.
16. Износ. Характеристики износа.
17. Изнашивание. Характеристики изнашивания.
18. Классификация видов изнашивания.
19. Изнашивание при избирательном переносе.
20. Сближение поверхностей при упругом контакте.
21. Сближение поверхностей при пластическом контакте.
22. Расчетные модели изнашивания.

### **6.2. Оценочные средства для промежуточной аттестации (экзамен)**

1. В чем состоит свойство симметрии тензора напряжений?
2. Какие площадки в точке тела называют главными?
3. С какой целью приводят тензор напряжений к диагональному виду?
4. В чем заключается связь инвариантов с видом напряженного состояния?
5. Каким свойством обладают инварианты тензора?
6. Почему нельзя найти напряжения из статических условий?
7. Какое практическое значение имеет второй инвариант девиатора  $D\sigma$ ?
8. Почему условие перехода металла в пластическое состояние представляют в форме девиаторных зависимостей?
9. С каким инвариантом тензора напряжений связывают условие перехода металлов в пластическое состояние?
10. Перечислите основные гипотезы и допущения технологической механики.
11. В чем отличие представления Ж.Лагранжа и Л.Эйлера о движении сплошной среды?
12. Как вычислить скорость относительного изменения объема?
13. Что называется интенсивностью скоростей деформаций сдвига?
14. Какие виды деформации характеризуют компоненты тензора скорости деформаций?

15. В чем заключается физический смысл линейного инварианта?
16. Почему девиатор скорости деформаций можно привести к диагональному виду?
17. Какие гипотезы используются при выводе системы уравнений теории упругости?
18. Чем отличаются уравнения связи, записанные по теории упругости и теории течения?
19. В какой форме записывают условие пластичности?
20. Какие уравнения образуют замкнутую систему в теории пластичности?
21. Какие гипотезы используют в теории течения?
22. Почему условие перехода металла в пластическое состояние представляют в форме девиаторных зависимостей?
23. С каким инвариантом тензора напряжений связывают условие перехода металлов в пластическое состояние?
24. Что является предметом изучения в реологии?
25. Какие виды моделей среды принято рассматривать при анализе линейного напряженного состояния?
26. Как влияет скорость деформации на диаграмму напряжения?
27. На каких принципах основывается построение реологических зависимостей?
28. В чем особенности и значение диаграмм пластичности?
29. В чем особенности современной теории деформируемости металлов?
30. Что такое «запас пластичности»?
31. Этапы развития триботехники.
32. Роль отечественных учёных в развитии триботехники.
33. Сроки службы трущихся деталей машин.
34. Методы и средства трибоиспытаний.
35. Экономические аспекты применения триботехнологий
36. Три категории погрешностей: макрогеометрические отклонения, волнистость поверхности, шероховатость поверхности.
37. Параметры, характеризующие шероховатость поверхности и её обозначение.
38. Технологическое обеспечение параметров поверхностного слоя деталей.
39. Атомный характер дефектов структуры твёрдого тела.
40. Сдвиговой и диффузионный механизм пластической деформации.
41. Структура и свойства поверхностного слоя.
42. Молекулярно-механическая теория трения.
43. Трение качения. 9. Трение скольжения.
44. Основные характеристики трения.
45. Классификация видов трения.
46. Износ. Характеристики износа.
47. Изнашивание. Характеристики изнашивания.
48. Классификация видов изнашивания.
49. Изнашивание при избирательном переносе.
50. Сближение поверхностей при упругом контакте.
51. Сближение поверхностей при пластическом контакте.
52. Расчетные модели изнашивания.

### 6.3. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Для организации самостоятельной работы студентов (самостоятельной проработки теоретического материала, подготовки к лабораторным и практическим занятиям, подготовки к экзамену) рекомендуются учебно-методические пособия и указания из основного и дополнительного списка, перечисленные в разделе 7 настоящей рабочей программы.

### Задания для самостоятельной работы

1. Кривая зависимости между напряжением и деформацией.
2. Влияние гидростатического давления на механические свойства материалов.
3. Влияние скорости деформации. Влияние температуры.
4. Критерий текучести. Поверхность и кривая текучести. Поверхность нагружения.
5. Критерий текучести Треска.
6. Критерий текучести Мизеса.
7. Модели упрочнения.
8. Активное нагружение, нейтральное нагружение и разгрузка.
9. Ассоциированный закон течения.
10. Закон течения в сингулярных точках поверхности нагружения.
11. Деформационная теория пластичности.
12. Принцип максимума Мизеса.
13. Постулат устойчивости Друккера.
14. Граничная задача теории течения.
15. Теоремы единственности.
16. Теорема единственности для жесткопластической модели. Полное решение.
17. Минимальные принципы теории течения.
18. Теория предельного равновесия.
19. Теоремы о приспособляемости.
20. Интегралы Генки вдоль линий скольжения.
21. Этапы развития триботехники.
22. Роль отечественных учёных в развитии триботехники.
23. Сроки службы трущихся деталей машин.
24. Методы и средства трибоиспытаний.
25. Экономические аспекты применения триботехнологий
26. Три категории погрешностей: макрогеометрические отклонения, волнистость поверхности, шероховатость поверхности.
27. Параметры, характеризующие шероховатость поверхности и её обозначение.
28. Технологическое обеспечение параметров поверхностного слоя деталей.
29. Атомный характер дефектов структуры твёрдого тела.
30. Сдвиговой и диффузионный механизм пластической деформации.



## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### а) основная литература (библиотечная система ВлГУ):

1. Теория упругости [Электронный ресурс] / В.В. Новожилов. - 9-е изд., перераб. и доп. - СПб.: Политехника, 2012. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785732509564.html>.
2. Маковкин Г.А. Применение МКЭ к решению задач механики деформируемого твердого тела. Часть 1 [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Маковкин Г.А., Лихачева С.Ю.— Электрон. текстовые данные.— Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2012.— 71 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16043>.
3. Самогин Ю.Н., Хроматов В.Е., Чирков В.П. Метод конечных элементов в задачах сопротивления материалов [Электронный ресурс] - М.: Физматлит, 2012. - 200 с – Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=544799>.

### б) дополнительная литература (библиотечная система ВлГУ):

1. В.Г. Механика процессов пластических сред [Электронный ресурс] / Зубчанинов В.Г. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922112352.html>.
2. "Прикладная теория пластичности [Электронный ресурс]: учебное пособие / К.М. Иванов [и др.]; под ред. К.М. Иванова. - СПб.: Политехника, 2011." - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785732509960.html>.
3. "Решение задач теплопроводности методом конечных элементов: метод. указания к решению задач по курсу "Сеточные методы" [Электронный ресурс] / А.В. Котович, И.В. Станкевич; под ред. В.С. Зарубина. - М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010." - [http://www.studentlibrary.ru/book/bauman\\_0011.html](http://www.studentlibrary.ru/book/bauman_0011.html).

### в) периодические издания:

1. Журнал «Механика твердого тела»  
<http://mtt.ipmnet.ru/ru/>
2. Журнал «Проблемы прочности и пластичности»  
<http://ppp.mech.unn.ru/ru>
3. Журнал «Трение и износ»  
<http://nasb.gov.by/rus/publications/trenie/>
4. Журнал «Физическая мезомеханика»  
<http://ispms.ru/ru/52>

### г) Интернет-ресурсы:

Единое окно доступа к образовательным ресурсам  
<http://window.edu.ru>

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

Для проведения занятий по дисциплине «Механика наносистем и трибология» кафедры ТМС ВлГУ располагает необходимым материально-техническим обеспечением:

ауд. 235-2, «Лаборатория жизненного цикла продукции», количество студенческих мест – 15, площадь 52 м<sup>2</sup>, оснащение: компьютерный класс с 15 рабочими станциями Athlon 64 3000+ и Core 2 Quad, с выходом в Internet, на которых установлено лицензионное программное обеспечение необходимое для проведения занятий: математические пакеты Mathcad 14, DEFORM 3D, QFORM 3D, мультимедийное оборудование.

Ауд. 119-4, «Лаборатория по изучению физико-механических свойств покрытий», оборудование для триботехнических испытаний конструкционных и функциональных материалов, в том числе и наноструктурированных.

Кроме того, для проведения лекционных занятий используются наборы слайдов и кинофильмы, позволяющие студентам:

- приобрести навыки постановки и решения с помощью ЭВМ краевых задач;
- ознакомится с экспериментальными и теоретическими методами описания процесса пластического течения и теплофизических процессов при обработке;
- методами триботехнических испытаний.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника»

Рабочую программу составил к.т.н., доцент кафедры «Технология машиностроения»

\_\_\_\_\_ (ФИО, подпись)

А.В. Аборкин

Рецензент  
(представитель работодателя)

ООО «Вектор» (г. Владимир)  
Зам. директора по производству

\_\_\_\_\_ (место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Технология машиностроения»

Протокол № 8/2 от 06.04.2015 года

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор \_\_\_\_\_

(ФИО, подпись)

В.В. Морозов

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника»

Протокол № 11 от 07.04.2015 года

Председатель комиссии \_\_\_\_\_

(ФИО, подпись)

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Рабочая программа одобрена на 2017-2018 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 30.08.2017 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

*Бракашеч С. И.*

Рабочая программа одобрена на 2018-2019 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 03.09.18 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

*Бракашеч С. И.*

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 \_\_\_\_\_