

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

УТВЕРЖДАЮ

Проректор  
по учебно-методической работе

А.А.Панфилов

« 14 » \_\_\_\_\_ 2016 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА**

(наименование дисциплины)

Направление подготовки: 28.03.02 Наноинженерия

Профиль/программа подготовки:

Уровень высшего образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежу- точного контро- ля (экз./зачет)
6	6 (216)	18	-	36	117	экзамен (45 ч.)
Итого	6 (216)	18	-	36	117	экзамен (45 ч.)

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины «Технологическая механика» направлено на достижение следующих целей ОПОП 28.03.02 «Наноинженерия»:

Код цели	Формулировка цели
Ц1	Подготовка выпускников к <i>научно-исследовательской и инновационной деятельности</i> в области нанотехнологий и нанодиагностики, в том числе междисциплинарных областях, связанных с выбором необходимых методов исследования, модифицирования существующих и разработки новых технологий исходя из задач конкретного исследования.
Ц2	Подготовка выпускников к <i>проектно-конструкторской и проектно-технологической деятельности</i> , включающей в себя участие в составе коллектива исполнителей в проведении расчетных и проектных работ при разработке процессов нанотехнологий

Целями освоения дисциплины **технологическая механика** являются: ознакомление студентов с понятиями, математическим аппаратом и методами механики сплошных сред и ее основных разделов: теории упругости и пластичности.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Технологическая механика» относится к дисциплинам по выбору вариативной части (Б1.В.ДВ.8).

Для успешного изучения дисциплины «Технологическая механика» студенты должны быть знакомы с основными положениями курсов «Высшая математика» и «Основы математического моделирования», а также курсов теоретической механики и сопротивления материалов.

При изучении дисциплины «Высшая математика» студенты должны хорошо усвоить её разделы: алгебра, дифференциальные уравнения, функциональный анализ и интегральные уравнения, уравнения с частными производными, численные методы. Это необходимо для дальнейшего понимания подходов и методов вычисления показателей напряженно-деформированного состояния принятых в механике сплошных сред.

Материал дисциплины «Моделирование процессов в машиностроении» совместно с высшей математикой является базой для успешной разработки алгоритмов решения задач вычисления напряжений, деформаций и скоростей деформаций в деформируемых телах, а также реализации их в виде программ для ЭВМ.

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

После изучения данной дисциплины студент приобретает знания, умения и опыт, соответствующие результатам ОПОП направления 28.03.02:

**Р1, Р2, Р4, Р5** (расшифровка результатов обучения приводится в ОПОП направления 28.03.02).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты обучения, согласующиеся с формируемыми компетенциями ОПОП:

- способности в составе коллектива участвовать в разработке макетов изделий и их модулей, разрабатывать программные средства, применять контрольно-измерительную аппаратуру для определения технических характеристик макетов (ПК-1):

*знать:* методы определения технических характеристик макетов;

*уметь*: в составе коллектива участвовать в разработке макетов изделий и их модулей, разрабатывать программные средства для определения технических характеристик макетов;

*владеть*: навыками участия в разработке макетов изделий и их модулей, разрабатывать программные средства для определения технических характеристик макетов;

- способности в составе коллектива исполнителей участвовать в проведении расчетных работ (по существующим методикам) при проектировании нанообъектов и формируемых на их основе изделий (включая электронные, механические, оптические) (ПК-б):

*знать*: методы проведения расчетных работ (по существующим методикам) при проектировании нанообъектов и формируемых на их основе изделий;

*уметь*: в составе коллектива исполнителей участвовать в проведении расчетных работ (по существующим методикам) при проектировании нанообъектов и формируемых на их основе изделий;

*владеть*: навыками участия в проведении расчетных работ (по существующим методикам) при проектировании нанообъектов и формируемых на их основе изделий.

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 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 технологической механики. Внешние силы и напряжения.	6	1	1		2		6		1,5/50%	<i>Рейтинг-контроль №1</i>
2	Напряжения в координатных площадках. Индексация. Правило знаков. Напряженное состояние в точке.	6	2	1		2		6		1,5/50%	
3	Закон парности касательных напряжений. Тензор напряжений. Главные нормальные напряжения. Инварианты тензора напряжений.	6	3	1		2		6		1,5/50%	
4	Эллипсоид напряжений. Разложения тензора напряжений на шаровой тензор и девиатор.	6	4	1		2		6		1,5/50%	
5	Максимальные касательные напряжения. Октаэдрические напряжения. Интенсивность напряжений.	6	5	1		2		6		1,5/50%	
6	Диаграммы Мора. Дифференциальные уравнения равновесия.	6	6	1		2		6		1,5/50%	
7	Плоское деформированное и плоское напряженное состояние. Приближенные уравнения равновесия в анализе формоизменяющих операций.	6	7	1		2		6		1,5/50%	
8	Описание движения сплошной среды. Переменные Эйлера и Лагранжа. Понятие деформаций. Виды деформаций.	6	8	1		2		6		1,5/50%	

9	Компоненты перемещений и малых деформаций. Тензор деформаций. Интенсивность деформаций, максимальные сдвиговые и октаэдрические деформации.	6	9	1		2		6		1,5/50%	
10	Истинные деформации приращение деформаций. Закон постоянства объема при пластической деформации.	6	10	1		2		6		1,5/50%	
11	Условие совместности деформаций. Скорость деформации и скорость деформирования.	6	11	1		2		6		1,5/50%	
12	Схемы напряженного и деформированного состояний. Механическая схема деформации.	6	12	1		2		6		1,5/50%	
13	Зависимость между напряжениями и деформациями в упругой области. Обобщенный закон Гука.	6	13	1		2		6		1,5/50%	
14	Экспериментальное определение напряжений по результатам тензометрирования.	6	14	1		2		6		1,5/50%	
15	Уравнение теплопроводности. Закон Ж.Фурье. Граничные условия.	6	15	1		2		6		1,5/50%	<i>Рейтинг-контроль по тестам №3</i>
16	Модели пластических сред.		16	1		2		6		1,5/50%	
17	Остаточные напряжения. Методы расчета. Экспериментальное определение.		17	1		2		6		1,5/50%	
18	Математическая постановка краевых задач в технологической механике. Система уравнений. Схематизация областей.	6	18	1		2		15		1,5/50%	
Всего				18		36		11 7		27/50%	

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

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

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

При проведении лабораторных работ 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

### Вопросы к рейтинг контролю:

#### *Рейтинг контроль №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  $D_0$ ?
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.

#### *Рейтинг контроль №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»?

*Рейтинг контроль №3*

1. На каком представлении основывается гипотеза о простом нагружении?
2. В чем отличие изучения стационарных и нестационарных процессов?
3. Какие локальные параметры пластического течения необходимо определить для вычисления напряжений?
4. Какие напряжения вычисляют по установленному полю скоростей?
5. Почему невозможен произвол в выборе уравнения для определения гидростатического давления в области пластического деформирования?
6. Какие условия относятся к граничным условиям 1-го рода?
7. Почему задачу теории теплопроводности называют связанной?
8. Что является причиной появления остаточных напряжений?
9. Какие требования предъявляют к выбору целевой функции при постановке задачи минимизации остаточных напряжений?
10. В чем положительное и отрицательное значение остаточных напряжений?
11. Какие уравнения записывают при постановке задачи расчета остаточных напряжений?
12. В чем состоит сущность вариационного принципа Ж.Лагранжа?
13. Какие уравнения образуют замкнутую систему?
14. Какие особенности метода конечных элементов обуславливают погрешности решения задач механики твердого деформируемого тела?
15. В чем отличие математической постановки задачи в механике твердого деформируемого тела от вариационной постановки?
16. Какое поле называют виртуальным полем скоростей?
17. В чем состоит сущность метода последовательных приближений?
18. На каких допущениях основывается методика решения задачи описания пластических течений с применением начала виртуальных скоростей?

**Вопросы к экзамену:**

19. С какой целью приводят тензор напряжений к диагональному виду?
20. В чем заключается связь инвариантов с видом напряженного состояния?
21. Каким свойством обладают инварианты тензора?
22. Почему нельзя найти напряжения из статических условий?
23. Какое практическое значение имеет второй инвариант девиатора  $D\sigma$ ?
24. В чем заключается физический смысл главных и боковых компонент тензора деформаций?
25. В чем отличие представления Ж.Лагранжа и Л.Эйлера о движении сплошной среды?
26. Как вычислить скорость относительного изменения объема?
27. Что называется интенсивностью скоростей деформаций сдвига?
28. Какие виды деформации характеризуют компоненты тензора скорости деформаций?
29. В чем заключается физический смысл линейного инварианта?
30. Почему девиатор скорости деформаций можно привести к диагональному виду?
31. Какие гипотезы используются при выводе системы уравнений теории упругости?
32. Чем отличаются уравнения связи, записанные по теории упругости и теории течения?
33. В какой форме записывают условие пластичности?
34. Какие уравнения образуют замкнутую систему в теории пластичности?
35. Какие гипотезы используют в теории течения?
36. Почему условие перехода металла в пластическое состояние представляют в форме девиаторных зависимостей?

37. С каким инвариантом тензора напряжений связывают условие перехода металлов в пластическое состояние?
38. Что является предметом изучения в реологии?
39. Какие виды моделей среды принято рассматривать при анализе линейного напряженного состояния?
40. Как влияет скорость деформации на диаграмму напряжения?
41. На каких принципах основывается построение реологических зависимостей?
42. В чем особенности и значение диаграмм пластичности?
43. В чем особенности современной теории деформируемости металлов?
44. Что такое «запас пластичности»?
45. На каком представлении основывается гипотеза о простом нагружении?
46. В чем отличие изучения стационарных и нестационарных процессов?
47. Какие локальные параметры пластического течения необходимо определить для вычисления напряжений?
48. Какие напряжения вычисляют по установленному полю скоростей?
49. Прочему невозможен произвол в выборе уравнения для определения гидростатического давления в области пластического деформирования?
50. Какие условия относятся к граничным условиям 1-го рода?
51. Почему задачу теории теплопроводности называют связанной?
52. Что является причиной появления остаточных напряжений?
53. Какие требования предъявляют к выбору целевой функции при постановке задачи минимизации остаточных напряжений?
54. В чем положительное и отрицательное значение остаточных напряжений?
55. Какие уравнения записывают при постановке задачи расчета остаточных напряжений?
56. В чем состоит сущность вариационного принципа Ж.Лагранжа?
57. Какие уравнения образуют замкнутую систему?
58. Какие особенности метода конечных элементов обуславливают погрешности решения задач механики твердого деформируемого тела?
59. В чем отличие математической постановки задачи в механике твердого деформируемого тела от вариационной постановки?
60. Какое поле называют виртуальным полем скоростей?
61. В чем состоит сущность метода последовательных приближений?
62. На каких допущениях основывается методика решения задачи описания пластических течений с применением начала виртуальных скоростей?

### **Самостоятельная работа студентов**

Темы для самостоятельной работы:

1. Под действием каких сил движется и деформируется тело?
2. Что такое напряжение? Чем характеризуется напряженное состояние точки, тела в целом?
3. Что такое область и граница?
4. Записать формулы О.Коши для напряжений на наклонных площадках. Что кладется в основу их вывода?
5. В чем состоит правило А.Эйнштейна?
6. Какой физический смысл имеют шаровой тензор и девиатор напряжений?
7. Что общего между плоским напряженным и плоским деформированным состоянием и какая между ними разница?
8. Что такое шаровой тензор и девиатор напряжений?
9. Для расчета каких величин используется второй инвариант девиатора напряжений? Написать соответствующие формулы.
10. Что такое полное октаэдрическое напряжение?
11. Что такое нормальное октаэдрическое напряжение?



12. Что такое касательное октаэдрическое касательное напряжение?
13. Какие виды движения совершает материальная частица в области пластического деформирования?
14. Назвать механизмы пластической деформации.
15. При каком давлении выполняется закон сохранения объема?
16. В чем состоит роль законов сохранения в теории пластичности?
17. В чем состоят особенности подходов Эйлера и Лагранжа к изучению кинематики движения сплошной среды?
18. Что изучает кинематика?
19. В чем отличие точки от материальной частицы?
20. На каких допущениях основывается вывод уравнений линейной теории упругости?
21. Какой вид связи используется между компонентами напряжений и деформаций в линейной теории упругости?
22. Что понимается под изотропной средой и анизотропией свойств?
23. В чем состоит задача линейной теории упругости?
24. Какие уравнения входят в систему уравнений линейной теории упругости? Написать уравнения и объяснить их значение.
25. Что понимают под малыми деформациями?
26. Почему теория упругости называется линейной?
27. В чем заключается отличие постановки статической задачи теории упругости от динамической?
28. В чем заключается смысл понятия “замкнутая система уравнений теории упругости”?
29. В чем отличие понятия “плоское напряженное” и “плоское деформированное” состояние? Привести записи тензоров напряжений и деформаций для указанных случаев.
30. В чем отличия уравнений для плоского напряженного и плоского деформированного состояния изотропного тела?
31. Какая система уравнений теории упругости считается замкнутой? Записать уравнения данной системы.
32. Как записывается связь между напряжениями и деформациями в линейной теории упругости?
33. Как определяют сопротивление пластической деформации?
34. Какие три простые реологические модели используются в технологической механике?
35. Какая реологическая модель изображает свойство пластичности?
36. Что такое механическая модель и реологическая кривая? Привести примеры для линейно-упругой и жестко-пластической среды.
37. Что такое условие пластичности? Записать его для одноосного растяжения?
38. В чем отличие условия пластичности Треска-Сен-Венана от условия пластичности при одноосном растяжении?
39. Записать аналитическое выражение условия пластичности Губера-Мизеса.

## 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. 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).

### Учебно-методические издания

- 1.Аборкин А.В. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Технологическая механика» для студентов направления 28.03.02[Электронный ресурс] / сост. Аборкин А.В.; Влад. гос. ун-т. ТМС - Владимир, 2016. - Доступ из корпоративной сети ВлГУ. - Режим доступа: <http://cs.cdo.vlsu.ru/>
- 2.Аборкин А.В. Методические рекомендации к выполнению самостоятельной работы по дисциплине «Технологическая механика» для студентов направления 28.03.02[Электронный ресурс] / сост. Аборкин А.В.; Влад. гос. ун-т. ТМС - Владимир, 2016. - Доступ из корпоративной сети ВлГУ. - Режим доступа: <http://cs.cdo.vlsu.ru/>
- 3.Аборкин А.В. Оценочные средства по дисциплине «Технологическая механика» для студентов направления 28.03.02[Электронный ресурс] / сост. Аборкин А.В.; Влад. гос. ун-т. ТМС - Владимир, 2016. - 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 28.03.02 «Наноинженерия» <http://op.vlsu.ru/index.php?id=169>

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

Для проведения занятий по дисциплине «Технологическая механика» кафедра 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.

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.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС  
ВО по направлению 28.03.02 «Наноинженерия»

Рабочую программу составил \_\_\_\_\_



Адо́рник А.В.  
(ФИО, подпись)

Рецензент (представитель работодателя):  
ЗАО «Рост-Плюс», генеральный директор

Заморников А.А.

(место работы, должность, ФИО, подпись)



Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Технология машиностроения

Протокол № 5/1 от 14.01.2016 года

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор Морозов В.В.

[Signature]  
(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии  
направления 28.03.02 «Наноинженерия»

Протокол № 5/1 от 14.01.2016 года

Председатель комиссии д.т.н., профессор Морозов В.В.

[Signature]  
(ФИО, подпись)