

2016

**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 образовательной деятельности  
 \_\_\_\_\_ А.А.Панфилов  
 « 21 » 04 \_\_\_\_\_ 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.<br>ед./ час. | Лекции,<br>час. | Практич.<br>занятия,<br>час. | Лаборат.<br>работы,<br>час. | СРС,<br>час. | Форма промежуточного<br>контроля<br>(экз./зачет) |
|---------|--------------------------------|-----------------|------------------------------|-----------------------------|--------------|--|
| 4       | 7 / 252                        | 18              | 36                           | -                           | 198          | Зачет с оценкой                                  |
| Итого   | 7 / 252                        | 18              | 36                           | -                           | 198          | Зачет с оценкой                                  |

## 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.4).

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 формируемым компетенциям 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

4 семестр: общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц, 252 часа.

| № 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.   | 4       | 1               | 1  | 2                    |                     |                    | 11  |         | 1,5/50%   | Рейтинг-контроль №1   |
| 2     | Напряжения в координатных площадках. Индексация. Правило знаков. Напряженное состояние в точке.                                | 4       | 2               | 1  | 2                    |                     |                    | 11  |         | 1,5/50%   |   |
| 3     | Закон парности касательных напряжений. Тензор напряжений. Главные нормальные напряжения. Инварианты тензора напряжений.        | 4       | 3               | 1  | 2                    |                     |                    | 11  |         | 1,5/50%   |   |
| 4     | Эллипсоид напряжений. Разложения тензора напряжений на шаровой тензор и девиатор.  | 4       | 4               | 1  | 2                    |                     |                    | 11  |         | 1,5/50%   |   |
| 5     | Максимальные касательные напряжения. Октаэдрические напряжения. Интенсивность напряжений.                                      | 4       | 5               | 1  | 2                    |                     |                    | 11  |         | 1,5/50%   |   |
| 6     | Диаграммы Мора. Дифференциальные уравнения равновесия.   | 4       | 6               | 1  | 2                    |                     |                    | 11  |         | 1,5/50%   |   |
| 7     | Плоское деформированное и плоское напряженное состояние. Приближенные уравнения равновесия в анализе формоизменяющих операций. | 4       | 7               | 1  | 2                    |                     |                    | 11  |         | 1,5/50%   | Рейтинг-контроль №2   |
| 8     | Описание движения сплошной среды. Переменные   | 4       | 8               | 1  | 2                    |                     |                    | 11  |         | 1,5/50%   |   |

|       |   |   |    |    |    |  |  |     |  |         |                     |
|-------|---|---|----|----|----|--|--|-----|--|---------|---------------------|
|       | Эйлера и Лагранжа. Понятие деформаций. Виды деформаций.   |   |    |    |    |  |  |     |  |         |                     |
| 9     | Компоненты перемещений и малых деформаций. Тензор деформаций. Интенсивность деформаций, максимальные сдвиговые и октаэдрические деформации. | 4 | 9  | 1  | 2  |  |  | 11  |  | 1,5/50% |                     |
| 10    | Истинные деформации приращение деформаций. Закон постоянства объема при пластической деформации.  | 4 | 10 | 1  | 2  |  |  | 11  |  | 1,5/50% |                     |
| 11    | Условие совместности деформаций. Скорость деформации и скорость деформирования.   | 4 | 11 | 1  | 2  |  |  | 11  |  | 1,5/50% |                     |
| 12    | Схемы напряженного и деформированного состояний. Механическая схема деформации.   | 4 | 12 | 1  | 2  |  |  | 11  |  | 1,5/50% | Рейтинг-контроль №3 |
| 13    | Зависимость между напряжениями и деформациями в упругой области. Обобщенный закон Гука.   | 4 | 13 | 1  | 2  |  |  | 11  |  | 1,5/50% |                     |
| 14    | Экспериментальное определение напряжений по результатам тензометрирования.  | 4 | 14 | 1  | 2  |  |  | 11  |  | 1,5/50% |                     |
| 15    | Уравнение теплопроводности. Закон Ж.Фурье. Граничные условия.   | 4 | 15 | 1  | 2  |  |  | 11  |  | 1,5/50% |                     |
| 16    | Модели пластических сред.   | 4 | 16 | 1  | 2  |  |  | 11  |  | 1,5/50% |                     |
| 17    | Остаточные напряжения. Методы расчета. Экспериментальное определение.   | 4 | 17 | 1  | 2  |  |  | 11  |  | 1,5/50% |                     |
| 18    | Математическая постановка краевых задач в технологической механике. Система уравнений. Схематизация областей.                               | 4 | 18 | 1  | 2  |  |  | 11  |  | 1,5/50% |                     |
| Всего |   |   |    | 18 | 36 |  |  | 198 |  | 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 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

### Вопросы к рейтинг-контролю №1

1. Какие размерные характеристики имеют элементы матриц  $[B]$  и  $[D]$ ?
2. По каким причинам искомое решение задачи с помощью МКЭ является приближенным?
3. К чему сводится построение матрицы жесткости?
4. Что такое метод “прямой жесткости”? Какие преимущества он имеет?
5. Как производится рассылка компонент локальной матрицы жесткости в ячейки глобальной матрицы?
6. Какие действия включает операция, выполняемая для каждого элемента?
7. Что относится к конкретной информации об элементе?
8. В связи с чем выполняется модификация сформированной системы линейных алгебраических уравнений? В чем она заключается?
9. Что такое ленточная матрица? Положительно определенная матрица?
10. Из каких составляющих складывается погрешность вычислений при выполнении расчетов МКЭ?

### Вопросы к рейтинг-контролю №2

1. По отношению к какому решению температурной задачи следует рассматривать погрешность вычисления температуры?
2. Запишите интерполяционное соотношение для двумерного симплекс элемента.
3. Перечислите преимущества местной системы координат.
4. Запишите интерполяционное соотношение для одномерного симплекс элемента.
5. От каких факторов зависит точность вычисления температуры?
6. Запишите интерполяционное соотношение для трехмерного симплекс элемента.
7. Перечислите виды конечных элементов.
8. Что такое Функции формы, приведите пример их записи.

### Вопросы к рейтинг-контролю №3

1. В чем заключается влияние числа элементов на результаты решения задачи МКЭ?
2. Что представляет собой метод конечных элементов, область применения.
3. Преимущества и недостатки метода конечных элементов.
4. Алгоритм метода конечных элементов, основные этапы.
5. Какие параметры нужно знать, чтобы оценить переход металла в пластическое состояние?
6. Перечислите и кратко охарактеризуйте современные программы, основанные на идеологии МКЭ.

### Вопросы к зачету с оценкой

1. Какие размерные характеристики имеют элементы матриц  $[B]$  и  $[D]$ ?
2. По каким причинам искомое решение задачи с помощью МКЭ является приближенным?
3. К чему сводится построение матрицы жесткости?
4. Что такое метод “прямой жесткости”? Какие преимущества он имеет?
5. Как производится рассылка компонент локальной матрицы жесткости в ячейки глобальной матрицы?
6. Какие действия включает операция, выполняемая для каждого элемента?
7. Что относится к конкретной информации об элементе?
8. В связи с чем выполняется модификация сформированной системы линейных алгебраических уравнений? В чем она заключается?
9. Что такое ленточная матрица? Положительно определенная матрица?
10. Из каких составляющих складывается погрешность вычислений при выполнении расчетов МКЭ?
11. По отношению к какому решению температурной задачи следует рассматривать погрешность вычисления температуры?
12. Запишите интерполяционное соотношение для двумерного симплекс элемента.
13. Перечислите преимущества местной системы координат.
14. Запишите интерполяционное соотношение для одномерного симплекс элемента.
15. От каких факторов зависит точность вычисления температуры?
16. Запишите интерполяционное соотношение для трехмерного симплекс элемента.
17. Перечислите виды конечных элементов.
18. Что такое Функции формы, приведите пример их записи.
19. В чем заключается влияние числа элементов на результаты решения задачи МКЭ?
20. Что представляет собой метод конечных элементов, область применения.
21. Преимущества и недостатки метода конечных элементов.
22. Алгоритм метода конечных элементов, основные этапы.
23. Какие параметры нужно знать, чтобы оценить переход металла в пластическое состояние?
24. Перечислите и кратко охарактеризуйте современные программы, основанные на идеологии МКЭ.

### Вопросы 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.



## 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).

### 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>

### г) Интернет-ресурсы:

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

### Учебно-методические издания

- 1.Аборкин А.В. Методические указания к практическим 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:

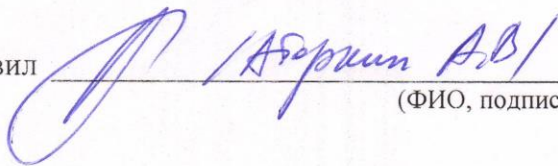
ауд. 235-2, «Лаборатория жизненного цикла продукции», количество студенческих мест – 15, площадь 52 м<sup>2</sup>, оснащение: компьютерный класс с 15 рабочими станциями Athlon 64 3000+ и Core 2 Quad, с выходом в Internet, на которых установлено лицензионное программное обеспечение необходимое для проведения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

  
(ФИО, подпись)

Рецензент:

(представитель работодателя) ООО «Конструкторское бюро технологий машиностроения», генеральный директор

Дарсалия Р.Т.

(место работы, должность, ФИО, подпись)



Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Технология машиностроения

Протокол № 9/1 от 21.04.2016 года

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

(ФИО, подпись)

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

Протокол № 9/1 от 21.04.2016 года

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

(ФИО, подпись)