

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Тульский государственный университет»

Институт *Политехнический*  
Кафедра «Электро- и нанотехнологии»

Утверждено на заседании кафедры  
«Электро- и нанотехнологий»  
«11» января 2023 г., протокол №4

И.о. заведующего кафедрой

  
\_\_\_\_\_ И.В. Гнидина

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**  
*«Методы расчета элементов конструкций из полимерных  
композиционных материалов»*

**основной профессиональной образовательной программы  
высшего образования – программы магистратуры**

по направлению подготовки (специальности)  
**15.04.01 Машиностроение**

с направленностью (профилем)

**Машины и технология композиционных и функциональных материалов**

Формы обучения: очная

Идентификационный номер образовательной программы: 150401-05-23

Тула 2023 год

**ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ**  
**рабочей программы дисциплины (модуля)**

**Разработчик:**

Волгин В.М., профессор, докт.техн.наук, профессор  
(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание)

  
(подпись)

## **1 Цель и задачи освоения дисциплины (модуля)**

**Целью** изучения дисциплины «Методы расчета элементов конструкций из полимерных композиционных материалов» является получение студентами теоретических знаний, умений и практических навыков в области расчета элементов конструкций из полимерных композиционных материалов.

**Задачами** освоения дисциплины являются:

- знакомство с актуальными методами расчета элементов конструкций из полимерных композиционных материалов;
- изучение методов расчета полимерных композиционных материалов и элементов конструкций на прочность, жесткость;
- изучение методов испытания образцов из полимерных композиционных материалов.

## **2 Место дисциплины (модуля) в структуре основной профессиональной образовательной программы**

Дисциплина (модуль) относится к части основной профессиональной образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений.

Дисциплина (модуль) изучается в 1 семестре.

## **3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)**

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной профессиональной образовательной программы (формируемыми компетенциями) и индикаторами их достижения, установленными в общей характеристике основной профессиональной образовательной программы, приведён ниже.

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен:

### **Знать:**

- 1) модели, характеризующие связь между эксплуатационными, технологическими и инженерными свойствами и параметрами состава и структуры материала (код компетенции – ПК-3, код индикатора – ПК-3.1);
- 2) область и условия применения продукции из наноструктурированных композиционных материалов (код компетенции – ПК-11, код индикатора – ПК-11.1);
- 3) устройство, принцип действия, технические характеристики, особенности эксплуатации основного и вспомогательного оборудования (код компетенции – ПК-12, код индикатора – ПК-12.1);

### **Уметь:**

- 1) разрабатывать рекомендации по изменению состава, структуры, режимов и способов обработки материалов (код компетенции – ПК-3, код индикатора – ПК-3.2);
- 2) технологически обоснованно формулировать задание на выполнение проектных работ для изготовления изделий из наноструктурированных композиционных материалов (код компетенции – ПК-11, код индикатора – ПК-11.2);
- 3) обобщать исходные данные, требования к объекту проектирования и указания по его проектированию (код компетенции – ПК-12, код индикатора – ПК-12.2);

### **Владеть:**

- 1) навыками разработки рекомендаций по применению новых материалов в технологическом процессе и формирования технического задания на их апробацию (код компетенции – ПК-3, код индикатора – ПК-3.3);
- 2) навыками сбора, систематизации и анализа исходной информации по проектированию изделий из наноструктурированных композиционных материалов (код компетенции – ПК-11,

код индикатора – ПК-11.3);

3) навыками разработки предпочтительных вариантов проектных решений по изготовлению изделий из наноструктурированных композиционных материалов. (код компетенции – ПК-12, код индикатора – ПК-12.3);

Полные наименования компетенций и индикаторов их достижения представлены в общей характеристике основной профессиональной образовательной программы.

## 4 Объем и содержание дисциплины (модуля)

### 4.1 Объем дисциплины (модуля), объем контактной и самостоятельной работы обучающегося при освоении дисциплины (модуля), формы промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

| Номер семестра       | Формы промежуточной аттестации | Общий объем в зачетных единицах | Общий объем в академических часах | Объем контактной работы в академических часах |                                    |                     |                                  |              |                          | Объем самостоятельной работы в академических часах |
|----------------------|--------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|---|------------------------------------|---------------------|----------------------------------|--------------|--------------------------|--|
|                      |                                |                                 |                                   | Лекционные занятия                            | Практические (семинарские) занятия | Лабораторные работы | Клинические практические занятия | Консультации | Промежуточная аттестация |  |
| Очная форма обучения |                                |                                 |                                   |   |                                    |                     |                                  |              |                          |  |
| 1                    | КР, Э                          | 5                               | 180                               | 12  | 12                                 | 12                  | -                                | 3            | 0,5                      | 140,5  |
| <b>Итого</b>         | –                              | 5                               | 180                               | 12  | 12                                 | 12                  | -                                | 3            | 0,5                      | 140,5  |

Условные сокращения: Э – экзамен, ЗЧ – зачет, ДЗ – дифференцированный зачет (зачет с оценкой), КП – защита курсового проекта, КР – защита курсовой работы.

### 4.2 Содержание лекционных занятий

#### Очная форма обучения

| № п/п            | Темы лекционных занятий  |
|------------------|--|
| <b>1 семестр</b> |  |
| 1                | Общее представление о полимерных композиционных материалах и их применение в отечественной и зарубежной промышленности.                                      |
| 2                | Оборудование, применяемое для изготовления полимерных композиционных материалов  |
| 3                | Механические, физические и термические свойства полимерных композиционных материалов.  |
| 4                | Методы расчета композиционных материалов. Постановка и формулировка задач. Конечно-элементное моделирование.   |
| 5                | Технологии изготовления полимерных композиционных материалов   |
| 6                | Прочностная оценка свойств композиционных материалов и конструкций. Стандартные и специализированные методы испытаний образцов и элементов конструкций из КМ |

### 4.3 Содержание практических (семинарских) занятий

#### Очная форма обучения

| № п/п            | Темы практических (семинарских) занятий  |
|------------------|--|
| <b>1 семестр</b> |  |
| 1                | Поиск и анализ информации по теме «Полимерные композиционные материалы и их применение в отечественной и зарубежной промышленности»  |
| 2                | Поиск и анализ информации по теме «Оборудование, применяемое для изготовления полимерных композиционных материалов»  |
| 3                | Поиск и анализ информации по теме «Механические, физические и термические свойства полимерных композиционных материалов»   |
| 4                | Поиск и анализ информации по теме «Методы расчета композиционных материалов. Постановка и формулировка задач. Конечно-элементное моделирование»  |
| 5                | Поиск и анализ информации по теме «Технологии изготовления полимерных композиционных материалов»   |
| 6                | Поиск и анализ информации по теме «Прочностная оценка свойств композиционных материалов и конструкций. Стандартные и специализированные методы испытаний образцов и элементов конструкций из КМ» |

### 4.4 Содержание лабораторных работ

#### Очная форма обучения

| № п/п            | Наименования лабораторных работ                    |
|------------------|--|
| <b>1 семестр</b> |  |
| 1                | Расчет напряжений композитного цилиндра            |
| 2                | Расчет термической деформация композитной пластины |
| 3                | Расчет напряжений в композитном диске колеса       |

### 4.5 Содержание клинических практических занятий

Занятия указанного типа не предусмотрены основной профессиональной образовательной программой.

### 4.6 Содержание самостоятельной работы обучающегося

#### Очная форма обучения

| № п/п            | Виды и формы самостоятельной работы  |
|------------------|--|
| <b>1 семестр</b> |  |
| 1                | Поиск научной литературы в области расчета полимерных композиционных материалов и изделий. |
| 2                | Подготовка к практическим (семинарским) занятиям   |
| 3                | Подготовка к лабораторным работам  |
| 4                | Выполнение курсовой работы   |
| 5                | Подготовка к промежуточной аттестации и ее прохождение                                     |

## 5 Система формирования оценки результатов обучения по дисциплине (модулю) в рамках текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося

### Очная форма обучения

| Мероприятия текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося |                          | Максимальное количество баллов                        |    |
|--|--------------------------|---|----|
| <b>1 семестр</b>   |                          |   |    |
| Текущий контроль успеваемости  | Первый рубежный контроль | <b>Оцениваемая учебная деятельность обучающегося:</b> |    |
|  |                          | Посещение лекционных занятий                          | 5  |
|  |                          | Выполнение лабораторных работ                         | 5  |
|  |                          | Работа на практических занятиях                       | 5  |
|  |                          | Контрольные мероприятия (тесты)                       | 15 |
|  |                          | Итого   | 30 |
|  | Второй рубежный контроль | <b>Оцениваемая учебная деятельность обучающегося:</b> |    |
|  |                          | Посещение лекционных занятий                          | 5  |
|  |                          | Выполнение лабораторных работ                         | 5  |
|  |                          | Работа на практических занятиях                       | 5  |
| Контрольные мероприятия (тесты)  |                          | 15  |    |
|  | Итого                    | 30  |    |
| Промежуточная аттестация   | Экзамен                  | 40 (100*)   |    |
|  | Защита курсовой работы   | 100   |    |

\* В случае отказа обучающегося от результатов текущего контроля успеваемости

## Шкала соответствия оценок в стобальной и академической системах оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

| Система оценивания результатов обучения  | Оценки                        |                   |         |         |
|--|-------------------------------|-------------------|---------|---------|
|  | Стобальная система оценивания | 0 – 39            | 40 – 60 | 61 – 80 |
| Академическая система оценивания (экзамен, дифференцированный зачет, защита курсового проекта, защита курсовой работы) | Неудовлетворительно           | Удовлетворительно | Хорошо  | Отлично |
| Академическая система оценивания (Экзамен)   | Не зачтено                    | Зачтено           |         |         |

## 6 Описание материально-технической базы (включая оборудование и технические средства обучения), необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю) требуется стандартная аудитория, вмещающая не менее 5 студентов, оснащенная переносным видеопроектором, переносным экраном, компьютерный класс (для проведения лабораторных работ и практических занятий). Рабочее место преподавателя должно быть оснащено ноутбуком.

## 7 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

### 7.1 Основная литература

1. Дмитриенко, Ю.И. Механика композиционных материалов при высоких температурах. М. : Машиностроение, 1997. 368с. : ил. ISBN /В пер./ : 26.00.

2. Ванин, Г.А. Микро-механика композиционных материалов / АН УССР.Ин-т механики. Киев : Наукова думка, 1985. 304с. : /В пер./:3р.40к.
3. Полимерные композиционные материалы : структура, свойства, технологии : учебное пособие для вузов / М. Л. Кербер, Г. С. Головкин, Ю. А. Горбаткина [и др.] ; под общ. ред. А. А. Берлина. Санкт-Петербург : Профессия, 2008. 560 с. : ил. ISBN 978-5-93913-130-8 (в пер.) .
4. Алфутов, Н. А. Расчет многослойных пластин и оболочек из композиционных материалов / Н. А. Алфутов, П. А. Зиновьев, Б. Г. Попов. М. : Машиностроение, 1984. 263 с. : ил. (Б-ка расчетчика) . (В пер.) : 1р.40к.
5. Буланов, И.М. Технология ракетных и аэрокосмических конструкций из композиционных материалов : Учебник / И.М.Буланов,В.В.Воробей. М. : Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана, 1998. 516с. : ил. ISBN 5-7038-1319-0 : /В пер./:55р.85к.
6. Лихачёв, А. Н. Применение полимерных композиционных материалов в изделиях авиационно-космической техники [Электронный ресурс] : учебное пособие / Лихачёв А. Н. Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2017. 51 с. ISBN 978-5-906920-46-1.
7. Зенкевич, О. Метод конечных элементов в технике : пер.с англ. / О. Зенкевич ; под ред.Б. Е. Победри. М. : Мир, 1975. 541 с. : ил. (в пер.) .
8. Сайфуллин, Р.С. Физикохимия неорганических полимерных и композиционных материалов / Р.С.Сайфуллин. М. : Химия, 1990. 240с. : ил. ISBN 5-7245-0339-5 /в пер./ : 36.00.

## 7.2 Дополнительная литература

1. Галинская, О. О. Проектирование элементов конструкций ракетных комплексов из композиционных материалов [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / Галинская О. О. Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2014. 95 с. ISBN 978-5-85546-803-8.
2. Справочник по композиционным материалам : в 2 кн.. Кн.1 / под. ред. Дж. Любина ; пер. с англ. : А. Б. Геллера [и др.]. М. : Машиностроение, 1988. 448 с. : ил. ISBN /В пер./ : 2.60.
3. Справочник по композиционным материалам : в 2 кн.. Кн. 2 / под. ред. Дж. Любина ; пер. с англ. : А. Б. Геллера [и др.]. М. : Машиностроение, 1988. 584 с. : ил. ISBN (В пер.) : 3.20.
4. Мануйлов, В.Ф. Расчеты процессов деформации композиционных материалов / В. Ф. Мануйлов, В. И. Смирнов, В. И. Галкин; под ред. А. И. Колпашникова. М. : Металлургия, 1992. 208 с. : ил. : 20.00.
5. Овчинский, А. С. Процессы разрушения композиционных материалов. Имитация микро- и макромеханизмов на ЭВМ / А. С. Овчинский; отв. ред. В. С. Иванова. М. : Наука, 1988. 278 с. : ил. ISBN 5-02-005986-2 /в пер./ : 4.00.
6. Носов, В. В. Механика композиционных материалов. Лабораторные работы и практические занятия [Электронный ресурс] / Носов В. В. 2-е изд., перераб. и доп. Санкт-Петербург : Лань, 2021. 240 с. ISBN 978-5-8114-1496-3.
7. Котов, А. Г. САПР изделий из композиционных материалов. Моделирование процессов деформирования и разрушения в среде ANSYS [Электронный ресурс] : учебное пособие / Котов А. Г. Пермь : ПНИПУ, 2008. 351 с. ISBN 978-5-398-00118-1.

## 8 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. ЭБС "Book On Lime". — Интернет-ссылка для доступа к ЭБС : <https://tsutula.bookonlime.ru>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. ЭБС "Лань". — Интернет-ссылка для доступа к ЭБС : <https://e.lanbook.com>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Цифровой образовательный ресурс IPR SMART. — Интернет-ссылка для доступа : <http://www.iprbookshop.ru/>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. ЭБС «Консультант студента»: электронная библиотека технического вуза. — интернет-ссылка для доступа к ЭБС: <https://www.studentlibrary.ru>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5. eLibrary : научная электронная библиотека : [сайт]. — Интернет-ссылка для доступа к НЭБ: <http://elibrary.ru/>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

6. КиберЛенинка : научная электронная библиотека открытого доступа : [сайт]. — URL : <http://cyberleninka.ru/>, свободный

7. Единое окно доступа к образовательным ресурсам: портал. — Режим доступа : <http://window.edu.ru>

## **9 Перечень информационных технологий, необходимых для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

### **9.1 Перечень необходимого ежегодно обновляемого лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства**

1. Autodesk Education Master Suite 2010
2. COMSOL Multiphysics
3. Inkscape
4. Solid Works Education Edition 2015-2016
5. Scilab.
6. Adobe Reader
7. Пакет офисных приложений «МойОфис Профессиональный»
8. КОМПАС-3D v15
9. Mathcad Education - University Edition (100 pack)

### **9.2 Перечень необходимых современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем**

ЭБС-БД «Консультант Плюс»