



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ДВАЖДЫ ГЕРОЯ  
СОВЕТСКОГО СОЮЗА, ЛЕТЧИКА-КОСМОНАВТА А.А. ЛЕОНОВА»

«УТВЕРЖДАЮ»

И.о. проректора

\_\_\_\_\_ А.В. Троицкий

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 г.

***ИНСТИТУТ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ  
ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ***

***БАЗОВАЯ КАФЕДРА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ И ИССЛЕДОВАНИЙ  
В ОБЛАСТИ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЙ***

***РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
«МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ МАТЕРИАЛОВ И  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ»***

**Направление подготовки: 27.04.02 Управление качеством**

**Профиль: Управление качеством в технологических системах**

**Уровень высшего образования: магистратура**

**Форма обучения: очная**

Королев  
2023

Рабочая программа является составной частью основной профессиональной образовательной программы и проходит рецензирование со стороны работодателей в составе основной профессиональной образовательной программы. Рабочая программа актуализируется и корректируется ежегодно.

**Автор: Михайловский К.В. Рабочая программа дисциплины: Моделирование и оптимизация материалов и технологических процессов – Королев МО: «Технологический университет», 2023**

Рецензент: д.т.н. Тимофеев А.Н.

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки бакалавров 27.04.02 Управление качеством и Учебного плана, утвержденного Ученым советом Университета.

Протокол № 9 от 11.04.2023г.

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры:**

Заведующий кафедрой (ФИО, ученая степень, звание, подпись)	Тимофеев А.Н. д.т.н. 	Тимофеев А.Н. д.т.н.		
Год утверждения (переутверждения)	2023	2024		
Номер и дата протокола заседания кафедры	№ 11 от 28.03.2023			

**Рабочая программа согласована:**

Руководитель ОПОП ВО  **О.А. Воейко к.т.н., доцент**

**Рабочая программа рекомендована на заседании УМС:**

Год утверждения (переутверждения)	2023	2024		
Номер и дата протокола заседания УМС	№ 5 от 11.04.2023			

## **1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП**

**Целью** изучения дисциплины является получение теоретических знаний и практических навыков по проектированию конструкций из композиционных материалов и технологии оптимального их получения с использованием основ математического моделирования.

В процессе обучения будущий магистрант приобретает и совершенствует следующие компетенции:

### **Профессиональные компетенции:**

- ПК-5 Способен контролировать функционирование системы управления качеством продукции в организации.
- ПК-7 Способен проводить испытания новых и модернизированных образцов продукции.

Основными **задачами** дисциплины являются:

- изучение теоретических основ формирования высокотемпературных композиционных материалов;
- изучение основных алгоритмов, применяемых на стадии моделирования материалов и технологических процессов;
- изучение методов решения задач оптимизации в зависимости от их типа;
- ознакомление студентов с оборудованием и технологической оснасткой, применяемыми для получения различных видов материалов.

Показатель освоения компетенции отражают следующие индикаторы:

### **Трудовые действия:**

Владеть современными методами анализа управленческой деятельности.

Владеть выполнением действий, предусмотренных методиками испытаний продукции; обработкой данных, полученных при испытаниях

### **Необходимые умения:**

Уметь применять современные методы анализа производственной деятельности.

Уметь - оформлять производственно-техническую документацию в соответствии с действующими требованиями

### **Необходимые знания:**

Знать нормативные и методические документы, регламентирующие вопросы качества продукции.

Знать нормативные и методические документы, регламентирующие вопросы разработки и аттестации методик.

## 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Дисциплина относится к части основной образовательной программы формируемой участниками образовательных отношений подготовки магистров по направлению подготовки **27.04.02. Управление качеством**

Основывается на ранее изученных дисциплинах – математика, физика, химия и материаловедение, теория и технология процессов получения, обработки и переработки материалов и нанесения покрытий, методы испытаний композитных конструкций, технология получения композиционных материалов, высокотемпературные композиционные материалы.

Знания и компетенции, полученные при освоении дисциплины необходимы для выполнения выпускной квалификационной работы магистра.

## 3. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины для очной формы обучения составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

Таблица 1

Виды занятий	Всего часов	Семестр 1	Семестр 2	Семестр 3	Семестр 4
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>108</b>			<b>108</b>	
Очное отделение					
<b>Аудиторные занятия</b>	<b>32</b>			<b>32</b>	
Лекции (Л)	8			8	
Лабораторные работы (ЛР)	12			12	
Практические занятия (ПЗ)	12			12	
Практическая подготовка	12			12	
<b>Контроль знаний</b>	-			-	
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>76</b>			<b>76</b>	
<b>Курсовые работы</b>	-			-	
<b>Контрольная работа, домашнее задание</b>	+			+	
<b>Текущий контроль знаний</b>	Тест			Тест	
<b>Вид итогового контроля:</b>	Зачет с оценкой			Зачет с оценкой	

## 4. Содержание дисциплины

### 4.1. Темы дисциплины и виды занятий

Таблица 2

Наименование тем	Лекции, час	Лаб. работы, час	Практ. занятия, час	Занятия в интеракт. форме, час	Практ. подготовка, час	Код компетенций
Тема 1. Введение. Предмет и основы дисциплины.	<b>1</b>	–	–	<b>2</b>	-	ПК-5 ПК-7

Тема 2. Система автоматизации конструкторских работ. Системы автоматизированной подготовки производства. Анализ и исследование технологических процессов получения конструкций и деталей из КМ.	1	2	2	2	2	ПК-5 ПК-7
Тема 3. Особенности математического моделирования. Иерархия построения задачи математического моделирования.	2	4	4	4	4	ПК-5 ПК-7
Тема 4. Выбор объектов исследования и критериев оптимизации. Основные методы.	2	4	4	4	4	ПК-5 ПК-7
Тема 5. Существующие методы решения задач математического моделирования. Задание граничных условий в системах инженерного анализа.	2	2	2	2	2	ПК-5 ПК-7
<b>Итого:</b>	<b>8</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>14</b>	<b>12</b>	

## 4.2. Содержание тем дисциплины

### Тема 1 Введение. Предмет и основы дисциплины.

Цели и задачи дисциплины. Подходы к моделированию технологических процессов. Задачи оптимизации и моделирования применительно к технологии производства композиционных материалов. Роль математического моделирования технологических процессов при проектировании и производстве композиционных материалов.

**Тема 2 Система автоматизации конструкторских работ. Системы автоматизированной подготовки производства. Анализ и исследование технологических процессов получения конструкций и деталей из КМ.**

CALS – концепция непрерывной компьютерной поддержки жизненного цикла изделия. Составные элементы компьютерной модели изделия. CAD – Computer Aided Design – Системы автоматизации конструкторских работ. CAE – Computer Aided Engineering – Системы автоматизированного инженерного

анализа. САМ – Computer Aided Manufacturing – Системы автоматизированной подготовки производства. PDM – Product Data Management – Управление данными об изделии.

### **Тема 3 Особенности математического моделирования. Иерархия построения задачи математического моделирования.**

Алгоритмы и подходы для построения задач математического моделирования. Выделение подзадач и их структурирование. Формирование и выявление значимых параметров технологических процессов. Подходы к построению геометрических моделей. Критерии упрощения и механизмы введения допущений при построении геометрических моделей. Применение специализированных программных продуктов для построения геометрических моделей. Двухмерные и трехмерные геометрические модели.

Подходы к рассмотрению и описанию физических моделей объектов исследования с учетом выявления всевозможных физико-химических и теплофизических процессов и явлений.

### **Тема 4 Выбор объектов исследования и критериев оптимизации. Основные методы.**

Тип и задачи оптимизации. Скалярная и векторная оптимизация. Методы многокритериального поиска оптимальных параметров задач. Обзор современных программных продуктов для решения задач поиска оптимальных параметров.

### **Тема 5 Существующие методы решения задач математического моделирования. Задание граничных условий в системах инженерного анализа.**

Типы граничных условий. Особенности задания граничных условий в системах инженерного анализа в зависимости от типа задачи моделирования. Задание граничных и начальных условий в препроцессоре и их отображение в входном файле. Исправление входного файла без использования препроцессора.

Иерархия построения задач математического моделирования. Особенности, возможности применения аналитических и численных методов решения задач математического моделирования. Допущения и возможности численных методов. Реализованные алгоритмы по численному решению задач математического моделирования. Точность и ограничения численных методов математического моделирования.

## **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы по дисциплине**

«Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины».

## **6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

Структура фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Моделирование и оптимизация материалов и технологических процессов» приведена в Приложении 1.

## **7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

### **Основная литература по дисциплине**

1. Ansys Workbench 16.2 User Guide. Ansys Inc., 2016.
2. Lee H.H. Finite element simulations with ANSYS Workbench 14 – SDC Publ., 2012.
3. Басов К.А. ANSYS для конструкторов – М.: ДМК Пресс, 2016.
4. Жилкин В.А. Азбука инженерных расчетов в MSC Patran-Nastran-Marc. – Челябинск: Изд-во: Челябинская государственная агроинженерная академия, 2013.
5. Каменев С.В. Основы метода конечных элементов в инженерных приложениях: учебное пособие / С. В. Каменев; Оренбургский гос. ун-т. - Оренбург: ОГУ, 2019. – 110 с.
6. Плошкин В.В. Материаловедение: учебник для вузов / В. В. Плошкин. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва: Издательство Юрайт, 2021. - 408 с. - (Высшее образование).
7. Тарасик В.П. Математическое моделирование технических систем: Учебник. - 1. - Москва: ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2018. - 592 с. - ВО - Бакалавриат.

### **Дополнительные учебные материалы**

1. Хомоненко А.Д. Базы данных: Учеб. для вузов. – С.-Петербург: Корона принт, 2005.
2. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования: Учеб. для вузов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2000.
3. Норенков И.П., Кузьмик П.К. Информационная поддержка наукоемких изделий. CALS-технологии. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2002.
4. Шимкович Д.Г. Расчет конструкций в MSC/Nastran for Windows. – М.: ДМК Пресс, 2001.
5. Шимкович Д.Г. Расчет тепловых воздействий в MSC.Nastran for Windows. Методическое пособие. – М.: MSC. Software Corporation, 2002.
6. Полиновский В.П. Оптимизация конструкций из композиционных материалов с использованием системы MSC/Nastran. Методическое пособие. – М.: MSC. Software Corporation, 1999.
7. Полиновский В.П. Применение MSC.Nastran для проектирования высокоточной платформы космического аппарата из композиционных матери-

алов. Методическое пособие. – М.: MSC. Software Corporation, 2003.

8. MSC.Software. Moscow Office. Композиционные материалы в MSC/Nastran, MSC/Patran, MSC/Laminate Modeler. Москва, 1998

9. КОМПАС-3D: Проектирование и расчет механических систем / Кудрявцев Е.М. – М.: ДМК – Пресс, 2008

10. NX Advanced Simulation. Инженерный анализ / П. С. Гончаров, И.А. Артамонов, Т.Ф. Халитов. М.: ДМК Пресс, 2012. 504 с.

11. Советов Б.Я., Цехановский В.В. Информационные технологии. – М.: Высшая школа, 2006 г.

12. Зильбербург Л.И., Молочнин В.И., Яблочников Е.И. Информационные технологии в проектировании и производстве. – СПб.: Политехника, 2008.

13. Дегтярев В.М. Инженерная и компьютерная графика: учебник для студентов высших учебных заведений / В. М. Дегтярев, В. П. Затыльников. – М.: Академия, 2010.

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

1. <http://www.gpntb.ru> - сайт государственной публичной научно-технической библиотеки России;
2. <http://www.e-library.ru> - сайт научной электронной библиотеки;
3. <http://www.rsl.ru> - российская государственная библиотека;
4. <http://www.diss.rsl.ru> - электронная библиотека диссертаций;
5. <http://www.ascon.ru>
6. <http://www.ansys.com>

#### **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Методические указания для обучающихся, по освоению дисциплины, приведены в Приложении 2.

#### **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

**Перечень программного обеспечения:** *MS Office, Компас-3D.*

#### **Информационные справочные системы:**

1. Рабочая программа и методическое обеспечение по дисциплине «Моделирование и оптимизация материалов и технологических процессов».

[www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru)

[www.znanium.com](http://www.znanium.com)

[www.e.lanbook.com](http://www.e.lanbook.com)

## **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

### **Лекционные занятия:**

- аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран);
- комплект электронных презентаций/слайдов.

### **Практические занятия:**

- аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран);
- ознакомление с технологиями получения материалов и применяемым оборудованием проводится непосредственно на производственных участках предприятия.

### **Лабораторные занятия:**

профильные лаборатории АО «Композит» и лаборатория гетерогенного синтеза тугоплавких материалов Технологического университета.

***ИНСТИТУТ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ  
ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ***

***БАЗОВАЯ КАФЕДРА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ И ИССЛЕДОВА-  
НИЙ В ОБЛАСТИ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЙ***

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ  
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО  
ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

**МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ МАТЕРИАЛОВ  
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

**Направление подготовки: 27.04.02 Управление качеством**

**Профиль: Управление качеством в технологических системах**

**Уровень высшего образования: магистратура**

**Форма обучения: очная**

Королев  
2023

## 1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

№ п/п	Индекс компетенции	Содержание компетенции	Раздел дисциплины, обеспечивающий формирование компетенции	В результате изучения раздела дисциплины, обеспечивающего формирование компетенции, обучающийся приобретает:		
				Трудовые действия	Необходимые умения	Необходимые знания
1.	ПК-5	Способен контролировать функционирование системы управления качеством продукции в организации	Тема 1 Тема 2 Тема 3 Тема 4 Тема 5	Владеть современными методами анализа управленческой деятельности.	Уметь применять современные методы анализа производственной деятельности.	Знать нормативные и методические документы, регламентирующие вопросы качества продукции.
	ПК-7	Способен проводить испытания новых и модернизированных образцов продукции	Тема 1 Тема 2 Тема 3 Тема 4 Тема 5	Владеть выполнением действий, предусмотренных методиками испытаний продукции; обработкой данных, полученных при испытаниях	Уметь оформлять производственно-техническую документацию в соответствии с действующими требованиями	Знать нормативные и методические документы, регламентирующие вопросы разработки и аттестации методик

## 2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Код компетенции	Инструменты, оценивающие сформированность компетенции	Показатель оценивания компетенции	Критерии оценки
ПК-5 ПК-7	Устный доклад	А) полностью сформирована (компетенция освоена на <u>высоком</u> уровне) – 5 баллов Б) частично сформирована: <ul style="list-style-type: none"> <li>• компетенция освоена на <u>продвинутом</u> уровне – 4 балла;</li> <li>• компетенция освоена на <u>базовом</u></li> </ul>	Проводится устно с возможным использованием мультимедийных систем, а также с использованием технических средств Время, отведенное на процедуру – 5 – 10 мин. Неявка – 0. Критерии оценки: 1. Соответствие представленного доклада заявленной тематике (1 балл).

		уровне – 3 балла; В) не сформирована ( <u>компетенция не сформирована</u> ) – 2 и менее баллов	2. Качество источников и их количество при подготовке доклада и разработке презентации (1 балл). 3. Владение информацией и способность отвечать на вопросы аудитории (1 балл). 4. Полнота раскрытия темы доклада (1 балл). 5. Оригинальность подхода и установление связей с родственными явлениями (1 балл). Максимальная сумма баллов - 5 баллов. Оценка проставляется в электронный журнал.
ПК-5 ПК-7	Практические задания	А) полностью сформирована (компетенция освоена на <u>высоком</u> уровне) – 5 баллов Б) частично сформирована: <ul style="list-style-type: none"> <li>• компетенция освоена на <u>продвинутом</u> уровне – 4 балла;</li> <li>• компетенция освоена на <u>базовом</u> уровне – 3 балла;</li> </ul> В) не сформирована ( <u>компетенция не сформирована</u> ) – 2 и менее баллов	Проводится в устной или письменной форме. 1. Выбор оптимального метода решения задачи – (1 балл) 2. Умение применить выбранный метод – (1 балл) 3. Логический ход решения правильный, но имеются ошибки в расчетах – (1 балл). 4. Решения задачи и получение правильного результата – (2 балла) 5. Задача не решена вообще – (0 баллов) Максимальная оценка – 5 баллов. Оценка проставляется в электронный журнал.
ПК-5 ПК-7	Лабораторные работы	А) полностью сформирована (компетенция освоена на <u>высоком</u> уровне) – 5 баллов Б) частично сформирована: <ul style="list-style-type: none"> <li>• компетенция освоена на <u>продвинутом</u> уровне – 4 балла;</li> <li>• компетенция освоена на <u>базовом</u> уровне – 3 балла;</li> </ul> В) не сформирована ( <u>компетенция не сформирована</u> ) – 2 и менее баллов	1. Оформление в соответствии с требованиями (1 балл). 2. Выбор методов измерений и вычислений (1 балл). 3. Умение применять выбранные методы (1 балл). 4. Анализ и выводы, отражающие суть изучаемого явления с указанием конкретных результатов (2 балла). Максимальная оценка – 5 баллов.

**3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

**Примерная тематика докладов:**

1. Возможности современных продуктов конечно-элементного анализа.
2. Отечественные и зарубежные САД системы.
3. Отечественные и зарубежные САМ системы.
4. Опыт применения в промышленности программ инженерного анализа.
5. Особенности моделирования деталей из композиционных материалов в программах инженерного анализа.
6. Документооборот в CALS-системах.
7. Использование PDM-систем.
8. Ознакомление с общими принципами создания твердотельных моделей в среде КОМПАС-3Д или SolidWorks.

**4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Формой контроля знаний по дисциплине «Моделирование и оптимизация материалов и технологических процессов» являются текущий контроль знаний в виде двух контрольных работ (КР) и одна промежуточная аттестация в виде зачета с оценкой.

Неделя текущего контроля	Вид оценочного средства	Код компетенций, оценивающий знания, умения, навыки	Содержание оценочного средства	Требования к выполнению	Срок сдачи (неделя семестра)	Критерии оценки по содержанию и качеству с указанием баллов
Согласно графика учебного процесса	КР1	ПК-5 ПК-7	2 вопроса	КР1. Время отведенное на КР – 30 минут	Результаты КР предоставляются в день проведения процедуры	Критерии оценки определяются баллами. Не явка – 0 Неудовлетворительно – не правильные ответы на 2 вопроса (0 баллов). Удовлетворительно – правильный ответ только на один вопрос. (3 балла) Хорошо – на 1-ый вопрос полный ответ, на второй частичный ответ. (4 балла) Отлично – правильные, полные ответы на 2 вопроса. (5 баллов).
Согласно графика учебного процесса	КР2	ПК-5 ПК-7	2 вопроса	КР2. Время отведенное на КР – 30 минут	Результаты КР предоставляются в день проведения процедуры	Критерии оценки определяются баллами. Не явка – 0 Неудовлетворительно – не правильные ответы на 2 вопроса (0 баллов). Удовлетворительно – правильный ответ только на один вопрос. (3 балла) Хорошо – на 1-ый вопрос полный ответ, на второй частичный ответ. (4 балла) Отлично – правильные, полные ответы на 2 вопроса.

						(5 баллов).
Со-глас-но гра-фика учеб-ного про-цесса	Зачет с оценкой	ПК-5 ПК-7	3 вопроса	Зачет проводится в устной форме, путем ответа на вопросы. Время, отведенное на процедуру – 20 минут.	Результаты предоставляются в день проведения зачета	<p>Критерии оценки:</p> <p><b>«Отлично»:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• знание основных понятий предмета;</li> <li>• умение использовать и применять полученные знания на практике;</li> <li>• работа на практических занятиях;</li> <li>• знание основных научных теорий, изучаемых предметов;</li> <li>• ответы на вопросы билета.</li> </ul> <p><b>«Хорошо»:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• знание основных понятий предмета;</li> <li>• умение использовать и применять полученные знания на практике;</li> <li>• работа на практических занятиях;</li> <li>• знание основных научных теорий, изучаемых предметов;</li> <li>• частичные ответы на вопросы билета</li> </ul> <p><b>«Удовлетворительно»:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• демонстрирует частичные знания по темам дисциплин;</li> <li>• незнание и неумение использовать и применять полученные знания на практике;</li> <li>• не работал на практических занятиях;</li> </ul> <p><b>«Неудовлетворительно»:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• демонстрирует частичные знания по темам дисциплин;</li> <li>• незнание основных понятий предмета;</li> <li>• неумение использовать и применять полученные знания на практике;</li> <li>• не работал на практических занятиях;</li> <li>• не отвечает на вопросы.</li> </ul>

Итоговое начисление баллов по дисциплине осуществляется в соответствии с разработанной и внедренной балльно-рейтинговой системой контроля и оценивания уровня знаний и внеучебной созидательной активности обучающихся, согласно приказу «О внедрении новой балльно-рейтинговой системы контроля и оценивания уровня знаний и внеучебной созидательной активности обучающихся».

#### **4.1. Типовые вопросы, выносимые на контрольные работы**

Контрольные работы используются при текущей оценке знаний. В каждой контрольной работе два вопроса.

##### **Вопросы к контрольной работе №1.**

1. Какие бывают программы непрерывной компьютерной поддержки жизненного цикла изделия?
2. Какие существуют программы автоматизированного инженерного анализа?
3. Преимущества и недостатки систем автоматизации конструкторских работ?
4. Какие существуют отечественные САД программы?
5. К каким типам систем относится программа FEMAP?
6. Какие типы задач решают современные программные продукты инженерного анализа?
7. Программные комплексы инженерного анализа и их структура?
8. Функциональные возможности САД программы?
9. Метод конечных элементов и его применение в программах инженерного анализа?
10. Какие типы конечных элементов необходимы для расчета на прочность ферменной конструкции и их особенности?
11. Какие программные продукты инженерного анализа позволяют выполнять мультидисциплинарные расчеты и их особенности?
12. Какой численный метод моделирования реализован в программе FEMAP и его особенности?
13. Какой численный метод моделирования реализован в программе ANSYS и их особенности?
14. Что такое задачи статики и особенности их расчета в программах инженерного анализа?

##### **Вопросы к контрольной работе №2.**

1. Типы балочных конечных элементов в программе FEMAP?
2. Сколько типов конечных элементов для расчета стержня круглого сечения имеется в программе FEMAP и их особенности?
3. Что такое срединные узловые точки на треугольном плоском конечном элементе?

4. Какие необходимо задавать характеристик изотропного материала для решения задачи статики?
5. Какие необходимо задавать характеристик 2D ортотропного материала для решения задачи статики?
6. Какие необходимо задавать характеристик 2D анизотропного материала для решения задачи статики?
7. Какие необходимо задавать характеристик 3D анизотропного материала для решения задачи статики?
8. Какие характеристики композиционного материала необходимы для расчета термических напряжений?
9. Что такое препроцессор в системах инженерного анализа?
10. Что необходимо для решения задачи статики нагруженной пластины из КМ давлением?
11. Что такое модули упругости композиционного материала?
12. Что такое пределы прочности при растяжении композиционного материала?
13. Что такое температурные коэффициенты линейного расширения композиционного материала?
14. Что такое коэффициенты теплопроводности композиционного материала?

#### **4.2. Типовые вопросы, выносимые на зачет с оценкой**

1. Особенности внедрения CALS (Концепция непрерывной компьютерной поддержки жизненного цикла изделия) на предприятиях ракетно-космической отрасли.
2. Составные элементы компьютерной модели изделия. Особенности их построения.
3. Системы автоматизации конструкторских работ (CAD). Значимость и особенности их применения.
4. Системы автоматизированного инженерного анализа (CAE). Цели и задачи решаемые ими.
5. Системы автоматизированной подготовки производства (CAM). Описать эффективность их внедрения с использованием критериев.
6. Управление данными об изделии (PDM). Алгоритм построения документооборота на предприятии.
7. Основные технологические схемы и приемы получения ПКМ.
8. Основные технологические схемы и приемы получения ММКМ.
9. Основные технологические схемы и приемы получения УУКМ и УККМ.
10. Алгоритмы принятия решений по выбору объектов исследования и критериев их оптимизации.
11. Основные методы оптимизации. Тип и задачи оптимизации.
12. Скалярная и векторная оптимизация. Методы многокритериального поиска оптимальных параметров задач.
13. Построение задачи математического моделирования тех процесса. Особенности выбора значимых технологических параметров.

14. Иерархия построения задачи математического моделирования. Выбор геометрической модели объекта исследования. Выбор физической модели процесса.
15. Построение математических моделей. Особенности введения и анализ корректности применения допущений и граничных условий.
16. Существующие методы и алгоритмы решения математических моделей.
17. Особенности применения и проведение термодинамических расчетов.
18. Особенности применения численных методов для решения задач математического моделирования технологических процессов.
19. Обзор современных систем автоматизированного инженерного анализа. Их особенности и возможности, ограничения и точность расчетов.
20. Структура программных комплексов автоматизированного инженерного анализа, их составные элементы: пре-, постпроцессор, процессоры.
21. Основные методы расчета, решаемые КЭ процессором (статика, нелинейная статика, устойчивость, динамика, задачи теплообмена, гидрогазодинамика).
22. Системы автоматизированного инженерного анализа (Nastran, Marc и др.). Составные элементы: пре-, постпроцессор (Femap), процессоры.
23. Виды конечных элементов в MSC.Nastran. Линейные конечные элементы (балка), двухмерные (панели из изотропных и композитных материалов), трехмерные КЭ (объемные и осесимметричные).
24. Особенности расчетов разных материалов: изотропных, ортотропных, анизотропных.
25. Способы задания ориентации волокон для ортотропных композитных материалов.

***ИНСТИТУТ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ  
ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ***

***БАЗОВАЯ КАФЕДРА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ И ИССЛЕДОВА-  
НИЙ В ОБЛАСТИ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЙ***

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО  
ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ МАТЕРИАЛОВ И ТЕХ-  
НОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

**Направление подготовки: 27.04.02 Управление качеством**

**Профиль: Управление качеством в технологических системах**

**Уровень высшего образования: магистратура**

**Форма обучения: очная**

Королев  
2023

## 1. Общие положения

**Цель дисциплины:** получение теоретических знаний и практических навыков по проектированию конструкций из композиционных материалов и технологии оптимального их получения с использованием основ математического моделирования.

**Задачи дисциплины состоят в изучении:**

- теоретических основ формирования высокотемпературных композиционных материалов;
- основных алгоритмов, применяемых на стадии моделирования материалов и технологических процессов;
- методов решения задач оптимизации в зависимости от их типа.

## 2. Указания по проведению практических занятий

### Практическое занятие 1.

Вид практического занятия: *смешанная форма практического занятия.*

Образовательные технологии: *групповая дискуссия.*

Тема и содержание практического занятия: Система автоматизации конструкторских работ. Системы автоматизированной подготовки производства. Анализ и исследование технологических процессов получения конструкций и деталей из КМ.

Ознакомление и изучение программы по автоматизации конструкторских работ.

Продолжительность занятия – 2 ч.

### Практическое занятие 2.

Вид практического занятия: *смешанная форма практического занятия.*

Образовательные технологии: *групповая дискуссия.*

Тема и содержание практического занятия: Особенности математического моделирования. Иерархия построения задачи математического моделирования

Примеры и подходы к математическому моделированию технологических процессов. Построение геометрических моделей в программном продукте инженерного анализа.

Продолжительность занятия – 4 ч.

### Практическое занятие 3.

Вид практического занятия: *смешанная форма практического занятия.*

Образовательные технологии: *групповая дискуссия.*

Тема и содержание практического занятия: Выбор объектов исследования и критериев оптимизации. Основные методы.

Задание различных типов граничных условий в зависимости от типа задачи в программном продукте инженерного анализа. Задание различных типов материалов в программном продукте инженерного анализа. Решение задач математического моделирования численными методами в программном продукте инженерного анализа.

Продолжительность занятия – 4 ч.

#### **Практическое занятие 4.**

Вид практического занятия: *смешанная форма практического занятия.*

Образовательные технологии: *групповая дискуссия.*

Тема и содержание практического занятия: Существующие методы решения задач математического моделирования. Задание граничных условий в системах инженерного анализа.

Поиск оптимальных значений процесса отверждения полимерной матрицы (на основе имеющихся экспериментальных данных). Моделирование технологического процесса.

Продолжительность занятия – 2 ч.

#### **1. Указания по проведению лабораторного практикума**

Целью лабораторных работ является обобщение и закрепление знаний, полученных при изучении определенной темы, и применения их при решении конкретных задач, а также формирование навыков обращения с лабораторным измерительным оборудованием.

Методика определяется моделью соответствующей задачи, решаемой студентом на занятии по заданию преподавателя, и средствами выполнения лабораторных работ.

Этапы выполнения лабораторных работ:

- постановка задачи лабораторной работы;
- ознакомление обучающегося с содержанием и объемом лабораторной работы;
- порядок выполнения лабораторной работы;
- регистрация результатов и оформление отчета о лабораторной работе;
- защита лабораторной работы.

#### **Лабораторная работа 1.**

Тема: Ознакомление с общими принципами создания твердотельных моделей на примере фланца из полимерного композиционного материала в программе КОМПАС-3Д.

Цель работы: ознакомить студентов с методами твердотельного моделирования.

Продолжительность занятия – 2 часа.

Задание: ознакомиться с интерфейсом системы, общими принципами и основными приемами работы, настройками, основными операциями трехмерного твердотельного моделирования и построить модель фланца из полимерного композиционного материала.

Отчет о работе: Описание особенности построения трехмерной твердотельной модели фланца из полимерного композиционного материала.

### **Лабораторная работа 2.**

Тема: Моделирование работы кривошипно-ползунного механизма.

Цель работы: создание сборки кривошипно-ползунного механизма в среде КОМПАС и исследование ее динамических и кинематических характеристик.

Продолжительность занятия – 2 часа.

Задание: построить 3-D модели деталей кривошипно-шатунного механизма; построить сборку кривошипно-шатунного механизма, задав необходимые сопряжения; отредактировать шарниры механизма – выбрать необходимые степени свободы; анимировать сборку; построить графики реакций сил в шарнирах, их скоростей и ускорений.

Отчет о работе: Описание особенности моделирования работы кривошипно-ползунного механизма.

### **Лабораторная работа 3.**

Тема: Построение ферменной конструкции из углепластика.

Цель работы: ознакомить с особенностями применения балочных конечных элементов.

Продолжительность занятия – 2 часа.

Задание: построить модель и произвести расчеты.

Отчет о работе: Описание особенности построения и моделирования, а также результатов расчета.

### **Лабораторная работа 4.**

Тема: Построение пластины из углепластика.

Цель работы: ознакомить с особенностями применения плоских конечных элементов.

Продолжительность занятия – 2 часа.

Задание: построить модель и произвести расчеты.

Отчет о работе: Описание особенности построения и моделирования, а также результатов расчета.

### **Лабораторная работа 5.**

Тема: Исследование прочности композитной пластины.

Цель работы: нагрузить модель пластины в соответствии с заданием, получить эпюру напряжений и определить возможность разрушения объекта.

Продолжительность занятия – 2 часа.

Задание: задать грани и поверхности модели, по которым будет осуществляться ее фиксация; задать грани и поверхности модели, на которые будет действовать нагрузка; сгенерировать сетку для анализа модели методов конечных элементов; запустить расчет на прочность и получить пространственную эпюру распределения напряжений в модели.

Отчет о работе: Описание особенности расчета прочности пластины.

### **Лабораторная работа 6.**

Тема: Построение фланца из композиционного материала и расчет прочностных характеристик.

Цель работы: ознакомить с особенностями применения объемных конечных элементов

Продолжительность занятия – 2 часа.

Задание: построить модель и произвести расчеты.

Отчет о работе: Описание особенности построения и моделирования, а также результатов расчета.

## **4. Указания по проведению самостоятельной работы студентов**

№ п/п	Наименование блока (раздела) дисциплины	Виды СРС
1.	<b>Система автоматизации конструкторских работ. Системы автоматизированной подготовки производства. Анализ и исследование технологических процессов получения конструкций и деталей из КМ.</b>	<b>Изучение и анализ учебной и периодической литературы. Подготовка докладов</b> Примерная тематика рефератов: 1. Возможности современных продуктов конечно-элементного анализа. 2. Отечественные и зарубежные САД системы. 3. Отечественные и зарубежные САМ системы.
2.	<b>Выбор объектов исследования и критериев оптимизации. Основные методы.</b>	<b>Изучение и анализ учебной и периодической литературы. Подготовка докладов</b> Примерная тематика рефератов: 1. Опыт применения в промышленности программ инженерного анализа. 2. Особенности моделирования деталей из композиционных материалов в программах инженерного анализа.
3.	<b>Существующие методы решения задач математического моделирования. Задание граничных условий в системах инженерного анализа.</b>	<b>Изучение и анализ учебной и периодической литературы. Подготовка докладов</b> Примерная тематика рефератов: 1. Документооборот в CALS-системах. 2. Использование PDM-систем. 3. Ознакомление с общими принципами создания твердотельных моделей в среде КОМПАС-3Д или Solid-Works.

## **5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

### **Основная литература по дисциплине**

1. Ansys Workbench 16.2 User Guide. Ansys Inc., 2016.
2. Lee H.H. Finite element simulations with ANSYS Workbench 14 – SDC Publ., 2012.
3. Басов К.А. ANSYS для конструкторов – М.: ДМК Пресс, 2016.
4. Жилкин В.А. Азбука инженерных расчетов в MSC Patran-Nastan-Marc. – Челябинск: Изд-во: Челябинская государственная агроинженерная академия, 2013.
5. Каменев С.В. Основы метода конечных элементов в инженерных приложениях: учебное пособие / С. В. Каменев; Оренбургский гос. ун-т. - Оренбург: ОГУ, 2019. – 110 с.
6. Плошкин В.В. Материаловедение: учебник для вузов / В. В. Плошкин. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва: Издательство Юрайт, 2021. - 408 с. - (Высшее образование).
7. Тарасик В.П. Математическое моделирование технических систем: Учебник. - 1. - Москва: ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2018. - 592 с. - ВО - Бакалавриат.

### **Дополнительные учебные материалы**

1. MSC.Software. Moscow Office. Композиционные материалы в MSC/Nastran, MSC/Patran, MSC/Laminate Modeler. Москва, 1998
2. NX Advanced Simulation. Инженерный анализ / П. С. Гончаров, И.А. Артамонов, Т.Ф. Халитов. М.: ДМК Пресс, 2012. 504 с.
3. Дегтярев В.М. Инженерная и компьютерная графика
4. Зильбербург Л.И., Молочнин В.И., Яблочников Е.И. Информационные технологии в проектировании и производстве. – СПб.: Политехника, 2008.
5. КОМПАС-3D: Проектирование и расчет механических систем / Кудрявцев Е.М. – М.: ДМК – Пресс, 2008
6. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования: Учеб. для вузов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2000.
7. Норенков И.П., Кузьмик П.К. Информационная поддержка наукоемких изделий. CALS-технологии. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2002.
8. Полиновский В.П. Оптимизация конструкций из композиционных материалов с использованием системы MSC/Nastran. Методическое пособие. – М.: MSC. Software Corporation, 1999.
9. Полиновский В.П. Применение MSC.Nastran для проектирования высокоточной платформы космического аппарата из композиционных материалов. Методическое пособие. – М.: MSC. Software Corporation, 2003.
10. Советов Б.Я., Цехановский В.В. Информационные технологии. – М.: Высшая школа, 2006 г.

11. Хомоненко А.Д. Базы данных: Учеб. для вузов. – С.-Петербург: Корона принт, 2005.
12. Шимкович Д.Г. Расчет конструкций в MSC/Nastran for Windows. – М.: ДМК Пресс, 2001.
13. Шимкович Д.Г. Расчет тепловых воздействий в MSC.Nastran for Windows. Методическое пособие. – М.: MSC. Software Corporation, 2002.

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

1. <http://www.gpntb.ru> - сайт государственной публичной научно- технической библиотеки России;
2. <http://www.e-library.ru> - сайт научной электронной библиотеки;
3. <http://www.rsl.ru> - российская государственная библиотека;
4. <http://www.diss.rsl.ru> - электронная библиотека диссертаций;
5. <http://www.ascon.ru>
6. <http://www.ansys.com>

#### **7. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

**Перечень программного обеспечения:** *MS Office, КОМПАС-3D.*

#### **Информационные справочные системы:**

1. Рабочая программа и методическое обеспечение по дисциплине «Моделирование и оптимизация материалов и технологических процессов».

[www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru)

[www.znanium.com](http://www.znanium.com)

[www.e.lanbook.com](http://www.e.lanbook.com)