

Контрольный экземпляр

Учреждение образования  
«Белорусский государственный технологический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе, доцент

А. А. Сакович

« 01 » 11 02 2019 г.

Регистрационный номер № УД-974/уч

## КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИНЖЕНЕРНЫЙ АНАЛИЗ

Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальности

1-36 07 02 Производство изделий на основе трехмерных технологий

2019 г.

11.02.2019

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта высшего образования специальности 1–36 07 02 «Производство изделий на основе трехмерных технологий» ОСВО 1-36 07 02 – 2016, утвержденного и введенного в действие постановлением Министерства образования Республики Беларусь № 79 от 11 августа 2016 г.; учебного плана № 36-1-006/уч. от 30.05.2016 г.

**СОСТАВИТЕЛЬ:**

**А. В. Спиглазов** – доцент кафедры механики и конструирования учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет», кандидат технических наук, доцент;

**Д. Ю. Колодкин** – преподаватель-стажер кафедры механики и конструирования учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет»

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

**Д. П. Кункевич** – доцент кафедры «Системы автоматизированного проектирования» Белорусского национального технического университета, кандидат технических наук;

**А. В. Касперович** – заведующий кафедрой полимерных композиционных материалов учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет», кандидат технических наук, доцент

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой механики и конструирования учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» (протокол № 6 от «21» января 2019 г.);

Методической комиссией факультета химической технологии и техники учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» (протокол №5 от «23» января 2019 г.);

Учебно-методическим советом учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» (протокол № 4 от «31» 01 2019 г.).

## 1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

### **Место учебной дисциплины.**

Дисциплина «Компьютерное моделирование и инженерный анализ» относится к числу дисциплин компонента учреждения образования и входит в цикл дисциплин специальности 1–36 07 02 «Производство изделий на основе трехмерных технологий». В логической схеме дисциплин специальности она играет важную роль для формирования знаний о современных системах САПР, необходимых для автоматизации проектирования и конструкторских расчетов.

**Цель преподавания учебной дисциплины:** научить будущего инженера применять программные средства ЭВМ для реализации конструкторской деятельности, использовать современные системы САПР для автоматизации процессов проектирования изделий и элементов технологического оборудования, осуществлять вспомогательные расчеты на прочность и жесткость, моделировать основные технологические процессы производства и обработки изделий из композиционных материалов.

### **Задачи учебной дисциплины:**

- ознакомление с основными возможностями современных систем САПР;
- ознакомление со структурой построения компьютерных моделей и средствами их реализации для подготовки конструкторской документации (КД);
- приобретение студентами навыков проведения уточненных расчетов с учетом особенностей используемых материалов и компонентов;
- изучение основных подходов к оптимизации по результатам моделирования;
- получение студентами представлений об аддитивном производстве и производственно-технологических дефектах, возникающих в процессе синтеза изделий;
- приобретение студентами навыков проведения сканирования трехмерных объектов и ознакомление с проблемами данной технологии и методами их устранения.

В результате изучения учебной дисциплины «Компьютерное моделирование и инженерный анализ» формируются следующие **компетенции:**

### **Академические компетенции специалиста**

Студент должен:

- АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.
- АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.

- АК-3. Владеть исследовательскими навыками.
- АК-4. Уметь работать самостоятельно.
- АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.
- АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.
- АК-8. Обладать навыками устной и письменной коммуникации.
- АК-9. Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.

***Социально-личностные компетенции***

Студент должен:

- СЛК-6. Уметь работать в команде.
- СЛК-8. Быть ответственным за выполнение поручений и принятие решений.

***Профессиональные компетенции***

Студент должен быть способен в *научно-исследовательской деятельности*:

- ПК-1. Проводить научные исследования и разработки с использованием современных информационных технологий.
- ПК-9. Разрабатывать на изделия из полимерных и композиционных материалов, средства испытаний и средства технологического оснащения следующую техническую документацию:
  - проектную конструкторскую – аванпроект, техническое предложение, эскизный и технический проект;
  - рабочую конструкторскую, эксплуатационную и ремонтную;
  - технологическую – для стадий предварительного проекта, опытного образца и серийного производства.
- ПК-10. Владеть современными программными средствами моделирования, расчета и компьютерного проектирования композиционных материалов, изделий и технологических процессов.
- ПК-12. Оценивать технический уровень и экономическую эффективность принимаемых технических решений.
- ПК-20. Осуществлять технологическую подготовку и планирование производства изделий из композиционных материалов, в т. ч. с использованием компьютерных технологий.
- ПК-21. Оценивать технологичность конструкции изделий по технико-экономическим показателям.
- ПК-30. Анализировать работу по установленному заданию, оформлять отчетную документацию и готовить информацию и доклады для руководства.

В результате изучения учебной дисциплины студент должен:

**знать:**

- основные направления и тенденции развития средств САПР;
- методологию и общие направления использования компьютерного моделирования;

- основы двумерного трехмерного моделирования;
- основные направления и методологию использования метода конечных элементов при решении инженерных задач;
- основы моделирования изделий и элементов оборудования с учетом технологии формообразования и последующей обработки;
- методику оптимизации результатов моделирования по полученным данным;
- основные принципы подготовки трехмерных моделей к выводу на печать и возможности специализированного программного обеспечения;

**уметь:**

- определять исходные данные для процесса компьютерного моделирования, оптимизировать структуру модели;
- создавать и редактировать двухмерные и трехмерные модели тел;
- оформлять КД на детали и сборочные единицы;
- создавать и использовать собственные библиотеки типовых изделий;
- проводить расчеты для твердотельных моделей на прочность, жесткость, устойчивость, в том числе с учетом теплофизических процессов;
- осуществлять оптимизацию геометрии изделий по эксплуатационным требованиям;
- моделировать основные операции технологических процессов производства и обработки изделий из композиционных материалов;
- осуществлять оптимизацию геометрии модели под трехмерные технологии аддитивного синтеза;
- анализировать полученные данные и проводить оптимизацию;

**владеть:**

- методологией создания, управления и оптимизации трехмерной геометрии моделей с помощью САПР;
- навыками оформления конструкторской и технологической документации с помощью САПР;
- навыками составления расчетных схем и проведения инженерного анализа с помощью компьютерных средств;
- методами моделирования технологических процессов производства изделий из композиционных материалов;
- навыками подготовки модели и вывода ее на печать по аддитивным технологиям синтеза.

**Связь с другими учебными дисциплинами.** Дисциплина является прикладной ко всему комплексу общепрофессиональных и специальных дисциплин, преподаваемых студентам специальности 1–36 07 02 «Производство изделий на основе трехмерных технологий», и в особенности для специальных дисциплин «Конструирование и расчет изделий», «Аддитивные технологии в производстве» и «Проектирование технологического оборудования для трехмерных технологий», являющихся базовыми дисциплинами специализации.

При составлении программы учтено, что студенты параллельно с данным курсом изучают основы конструирования и детали машин, механику материалов аддитивного синтеза, конструирование изделий, методы испытаний материалов и изделий – дисциплины, при изучении которых также получают профессиональные знания, необходимые для компьютерного моделирования материалов, конструкций и процессов. Выполнение курсового проекта по дисциплине «Основы конструирования и детали машин» дает возможность закрепить навыки трехмерного моделирования деталей и узлов машин, а также формирует навыки оформления конструкторской документации.

В процессе преподавания широко используется материал таких дисциплин, как «Математика», «Физика» (раздел «механика»), «Теоретическая механика», «Механика материалов и конструкций», «Конструирование и расчет изделий», «Основы материаловедения и структурообразования» и «Технология конструкционных материалов».

**План учебной дисциплины  
для дневной формы получения высшего образования**

Курс	Семестр	Всего учебных часов	Количество зачетных единиц	Аудиторных часов				Академических часов на курсовой проект (работу)	Форма текущей аттестации
				Всего	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия		
3	6	102	2,5	68	34	34	–	–	Зачет
4	7	96	2,0	52	18	34	–	–	Зачет
4	8	120	3,0	48	16	32	–	–	Экзамен

## 2. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

### Раздел 1. Компьютерное моделирование и инженерный анализ.

#### Актуальность и перспективы.

#### 1.1. Предмет и задачи дисциплины. Основные программные комплексы САПР. Идеология моделирования и производства сопутствующей документации.

Дисциплина «Компьютерное моделирование и инженерный анализ». Связь курса с естественнонаучными, общепрофессиональными и специальными дисциплинами. Основная терминология. Направления практического применения. Основные программные комплексы САПР. Классификация, функциональность, совместимость. Способы взаимодействия и обмена данными. Структура организации работы в среде САД программ. Направления использования и основные возможности. Базовые принципы построения моделей. Идеология моделирования и производства сопутствующей документации.

### Раздел 2. Основы двумерного моделирования (2D)

#### 2.1. Двумерные структуры. Элементы построения двумерных изображений, основные и вспомогательные.

Базовые элементы при работе с двумерной графикой. Классификация, основные направления использования. Правила построения упорядоченных структур двумерных объектов, классификация по назначению, методы создания и редактирования. Взаимная привязка базовых элементов. Создание двумерных изображений, классификация по назначению. Использование структур из вспомогательных элементов. Эскизирование. Методы редактирования и модификации двумерных элементов. Использование фрагментов, составные двумерные изображения. Использование слоев, уровней и приоритетов отображения.

#### 2.2. Переменные и средства работы с ними.

Назначение параметризации моделей. Типы переменных, способы создания, редактирования и направления использования. Использование стандартных и создание пользовательских библиотек типовых деталей. Базы данных для переменных, обмен данными. Создание диалоговых окон управления геометрией модели.

#### 2.3. Оформление конструкторской документации(КД).

Последовательность и основные правила оформления чертежей с помощью САПР. Использование слоев, уровней и приоритетов отображения. Основные и вспомогательные элементы оформления. Классификация элементов оформления КД, основные правила использования, способы редактирования и модификации. Автоматизация процесса оформления. Простановка размеров и допусков. Создание сборочных чертежей. Оформление сборочных чертежей. Отображения элементов. Спецификации. Автоматическое формирование спецификаций, настройка и редактирование. Технические требования и характеристики. Сохранение и вывод на печать конструкторской документации, настройка. Совместная печать нескольких документов. Экспорт, импорт чертежей.

### **Раздел 3. Основы трехмерного моделирования (3D)**

#### **3.1. Принципы создания объемных тел. Классификация объектов моделирования.**

Механизмы создания трехмерных (3D) элементов и их совокупности. Алгоритм построения модели. Классификация элементов по назначению, основные направления использования. Вспомогательные элементы построения. Настройка рабочего поля. Классификация вспомогательных элементов, направления использования по назначению, способы создания и редактирования.

#### **3.2. Базовые операции трехмерного моделирования.**

Классификация основных операций твердотельного моделирования. Возможности и направления использования. Настройка и оптимизация параметров.

#### **3.3. Вспомогательные операции трехмерного моделирования, редактирование геометрии объемных тел.**

Назначение и классификация вспомогательных операций. Иерархия и приоритеты по использованию. Ограничения по применению. Редактирование геометрии объемных тел. Механизм создания оболочечных конструкций. Основные направления создания тонкостенной геометрии. Используемые операции моделирования и редактирования, их возможности и ограничения. Моделирование процессов деформации твердотельной геометрии путем гибки и штамповки. Основные направления моделирования и редактирования поверхностей сложной формы. Получение твердотельной геометрии модели путем трансформации граней тел.

#### **3.4. Функциональные расчеты с помощью переменных. Оптимизация.**

Построение геометрии моделей путем функциональных расчетов с использованием переменных. Возможности оптимизации геометрии по установленным критериям.

#### **3.5. Создание чертежей по трехмерным моделям.**

Оформление КД по трехмерным моделям. Двухмерные проекции, дополнительные виды, местные разрезы, аксонометрия. Настройка параметров. Подготовка отчетов и оформление спецификаций.

### **Раздел 4. Сборочные единицы (3D)**

#### **4.1. Создание 3D-моделей сборочных единиц. Оформление конструкторской документации**

Основные возможности создания 3D-моделей сборочных элементов. Отличительные особенности моделирования «сверху-вниз», «снизу-вверх», фрагментирование, детализация. Основные способы привязки элементов в сборке, описание степеней свободы. Использование координатных систем и создание сопряжений, основные возможности и ограничения по использованию. Кинематическое перемещение элементов в сборке.



#### **4.2. Автоматизация геометрических преобразований при построении трехмерных моделей сборок.**

Основные направления редактирования геометрии деталей при построении 3D-моделей сборочных элементов. Понятие гибких (коннекторных) связей и адаптивных фрагментов, область применения. Основные возможности проверки геометрии трехмерных моделей и сборочных единиц. Обмен данными между приложениями САПР путем экспорта и импорта трехмерных объектов.

### **Раздел 5. Использование метода конечных элементов при решении инженерных задач**

#### **5.1. Основы расчета по методу конечных элементов. Типы и направления решаемых задач.**

Использование метода конечных элементов для решения инженерных задач. Основы моделирования и расчета по МКЭ. Типы решаемых задач и возможность их совмещения. Системы единиц измерения величин. Точность расчетных данных.

#### **5.2. Требования к геометрии расчетных моделей.**

Основные требования к геометрии трехмерных объектов. Допущения и упрощения. Адаптация трехмерной геометрии изделий под выполняемый инженерный анализ. Вспомогательные элементы построения и операции моделирования. Классификация и назначение вспомогательных элементов построения и операций моделирования. Типы координатных систем, классификация по назначению, правила использования. Булевы операции.

#### **5.3. Описание структуры и свойств материалов.**

Возможные способы описания свойств материалов, использование графиков и аналитических зависимостей. Классификация по назначению. Использование стандартных и создание пользовательских библиотек материалов.

#### **5.4. Принципы разбиения моделей на конечные элементы.**

Классификация конечных элементов по назначению, основные типы. Выбор типа и формы конечных элементов в зависимости от вида решаемой задачи и исходной геометрии модели. Управление количеством и размерами конечных элементов.

#### **5.6. Статические и динамические процессы. Нелинейный анализ.**

Отличительные особенности статического и динамического анализа. Классификация динамических задач, описание параметром. Понятие нелинейного анализа, настройки, сходимость расчета. Запуск анализа на перерасчет.

#### **5.6. Виды представления и способы обработки результатов расчета.**

Результаты расчет, возможные варианты отображение. Критерии значимости результатов и анализ полученных данных.

### **Раздел 6. Расчеты на прочность и жесткость. Кинетика разрушения**

#### **6.1. Постановка задачи и подготовка расчетной модели на прочность и жесткость.**

Структура решения задач на прочность и жесткость. Исходные данные, требования к геометрии, описание свойств материалов, граничных условий, внешних силовых факторов, настройки параметров анализа.

### **6.2. Статическое и динамическое нагружение.**

Особенности описания статического и динамического воздействия. Использование аналитических зависимостей. Настройки решателя и управление сходимостью результатов.

### **6.3. Результаты расчета на прочность и жесткость и их анализ.**

Напряженно-деформированное состояние конструкции. Основные показатели. Представление результатов. Критерии разрушения конструкций. Результаты расчета и их анализ.

## **Раздел 7. Решение задач теплообмена. Усадка и термическое расширение.**

### **7.1. Постановка задачи и подготовка расчетной модели для задач теплообмена.**

Структура решения задач термодинамики для твердых тел. Стационарный и нестационарный анализ. Исходные данные, требования к геометрии, описание свойств материалов, граничных условий, внешних факторов, настройки параметров анализа.

### **7.2. Результаты расчета на теплообмен и их анализ.**

Критерии останова анализа. Результаты расчета и обработка. Потеря формы при термическом воздействии и оценка усадочных напряжений.

## **Раздел 8. Совмещение анализов разнородных задач.**

### **8.1. Понятие совмещенного анализа. Особенности описания граничных условий и обмен ими. Результаты расчета и их анализ.**

Совмещенный анализ, классификация, основные направления использования. Принципы построения моделей, требования к геометрии и сетке конечных элементов. Последовательность выполнения анализа. Описание граничных условий. Результаты расчета и их анализ.

## **Раздел 9. Технологии трехмерного синтеза и оцифровки.**

### **9.1. 3D-печать. Подготовка модели изделия к печати.**

Виды аддитивных технологий. Особенности конструирования изделий и оптимизация геометрии. Подготовка трехмерной геометрии к выводу на печать. Основные структурные элементы геометрии, особенности настройки их параметров. Определение технологических показателей материалов. Настройки оборудования и вывод на печать. Критерии оценки качества конечного изделия.

### **9.2. Сканирование и оцифровка натурального объекта.**

Основные виды сканирования, достоинства и недостатки. Оптическое сканирование, особенности подготовки натурального образца. Процесс сканирования, основные операции и их последовательность. Обработка сканированных изображений. Твердотельная цифровая модель. Качество сканирования.

## **Раздел 10. Моделирование средств технологического оснащения.**

### **10.1. Классификация элементов и основных систем технологической оснастки.**

Основные типы технологической оснастки и их структура. Особенности моделирования геометрии формообразующих деталей и сборочных единиц.

Использование параметризации и библиотек стандартных элементов. Выделение и подготовка геометрии типовых элементов. Создание базы данных типовых деталей по размерам и конструктивному исполнению. Составление библиотек типовых элементов.

#### **10.2. Создание параметрических пакетов узлов оборудования.**

Использование библиотек типовых элементов для подготовки пакетов основных систем технологической оснастки. Описание взаимосвязей между параметрами различных деталей. Использование средств автоматической компоновки чертежей сборочных элементов для подготовки КД на оснастку. Настройки параметров. Особенности оформления.

### **Раздел 11. Моделирование основных технологических процессов и явлений при аддитивном синтезе**

#### **11.1. Процесс течения пластика при 3D-печати.**

Моделирование процесса течения пластика при 3D-печати. Описание свойств материала. Исходные данные, требования к геометрии, граничных условий, внешних факторов, настройки параметров анализа. Критерии останковки анализа. Результаты расчета и обработка.

#### **11.2. Термоусадочные явления в области печати.**

Определение температурного поля в области печати. Моделирование ко-робления модели при 3D-печати. Расчет силы отрыва модели от стола при 3D-печати. Описание свойств материала. Исходные данные, требования к геометрии, граничные условия, внешние факторы, настройки параметров анализа. Критерии останковки анализа. Результаты расчета и обработка.

#### **11.3. Анизотропия материалов аддитивного синтеза.**

Моделирование аддитивного производства. Описание свойств материала. Исходные данные, требования к геометрии, граничные условия, внешние факторы, настройки параметров анализа. Критерии останковки анализа. Результаты расчета и обработка.

### **Раздел 12. Современные направления развития САПР**

#### **12.1. Актуальные задачи процесса конструирования. Пути автоматизации конструкторской деятельности.**

Процесс концептуального проектирования в САПР. Подходы к автоматизации этапа концептуального проектирования. Разработка инструментальных средств поддержки деятельности проектировщика в ходе синтеза концептуального решения модуля. Построение системы задач синтеза проектного решения и создании средств их решения. Обобщенная модель автоматизации этапа концептуального проектирования.

**3. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
для дневной формы получения высшего образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов		Количество часов самостоятельной работы	Форма контроля знаний
		ЛК	ЛЗ		
1	2	3	4	5	6
6 семестр					
<b>1</b>	<b>Компьютерное моделирование и инженерный анализ. Актуальность и перспективы</b>	<b>2</b>	–	–	
1.1	Предмет и задачи дисциплины. Основные программные комплексы САПР. Идеология моделирования и производства сопутствующей документации.	2	–	–	Зачет
<b>2</b>	<b>Основы двумерного моделирования (2D)</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	
2.1	Двумерные структуры. Элементы построения двумерных изображений, основные и вспомогательные.	2	2	2	Контрольные опросы. Отчеты по лабораторным работам с их устной защитой. Зачет
2.2	Переменные и средства работы с ними.	2	2	2	Контрольные опросы. Отчеты по лабораторным работам с их устной защитой. Зачет
2.3	Оформление конструкторской документации (КД).	2	2	2	Контрольные опросы. Отчеты по лабораторным работам с их устной защитой. Зачет
<b>3</b>	<b>Основы трехмерного моделирования (3D)</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	
3.1	Принципы создания объемных тел. Классификация объектов моделирования.	2	–	–	Контрольные опросы Зачет

1	2	3	4	5	6
3.2	Базовые операции трехмерного моделирования.	2	4	4	Контрольные опросы. Отчеты по лабораторным работам с их устной защитой. Зачет
3.3	Вспомогательные операции трехмерного моделирования, редактирование геометрии объемных тел.	2	4	4	Контрольные опросы. Отчеты по лабораторным работам с их устной защитой. Зачет
3.4	Функциональные расчеты с помощью переменных. Оптимизация	2	2	2	Контрольные опросы. Отчеты по лабораторным работам с их устной защитой. Зачет
3.5	Создание чертежей по трехмерным моделям.	2	2	2	Контрольные опросы. Отчеты по лабораторным работам с их устной защитой. Зачет
<b>4</b>	<b>Сборочные единицы (3D)</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	
4.1	Создание 3D-моделей сборочных единиц. Оформление конструкторской документации	2	2	2	Контрольные опросы. Отчеты по лабораторным работам с их устной защитой. Зачет
4.2	Автоматизация геометрических преобразований при построении трехмерных моделей сборок.	2	2	2	Контрольные опросы. Отчеты по лабораторным работам с их устной защитой. Зачет
<b>5</b>	<b>Использование метода конечных элементов при решении инженерных задач</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	
5.1	Основы расчета по методу конечных элементов. Типы и направления решаемых задач.	2	–	–	Контрольные опросы. Отчеты по лабораторным работам с их устной защитой. Зачет (экзамен)

1	2	3	4	5	6
5.2	Требования к геометрии расчетных моделей.	2	2	2	Контрольные опросы. Отчеты по лабораторным работам с их устной защитой. Зачет (экзамен)
5.3	Описание структуры и свойств материалов.	2	4	4	Контрольные опросы. Отчеты по лабораторным работам с их устной защитой. Зачет (экзамен)
5.4	Принципы разбиения моделей на конечные элементы.	2	2	2	Контрольные опросы. Отчеты по лабораторным работам с их устной защитой. Зачет (экзамен)
5.5	Статические и динамические процессы. Нелинейный анализ.	2	2	2	Контрольные опросы. Отчеты по лабораторным работам с их устной защитой. Зачет (экзамен)
5.6	Виды представления и способы обработки результатов расчета.	2	2	2	Контрольные опросы. Отчеты по лабораторным работам с их устной защитой. Зачет (экзамен)
<b>Всего за 6 семестр:</b>		<b>34</b>	<b>34</b>	<b>34</b>	
7 семестр					
<b>6</b>	<b>Расчеты на прочность и жесткость. Кинетика разрушения</b>	<b>8</b>	<b>12</b>	<b>14</b>	
6.1	Постановка задачи и подготовка расчетной модели на прочность и жесткость.	4	6	8	Контрольные опросы. Отчеты по лабораторным работам с их устной защитой. Зачет (экзамен)
6.2	Статическое и динамическое нагружение.	2	4	6	Контрольные опросы. Отчеты по лабораторным работам с их устной защитой. Зачет (экзамен)

1	2	3	4	5	6
6.3	Результаты расчета на прочность и жесткость и их анализ.	2	2	4	Контрольные опросы. Отчеты по лабораторным работам с их устной защитой. Зачет (экзамен)
7	<b>Решение задач теплообмена. Усадка и термическое расширение</b>	4	8	8	
7.1	Постановка задачи и подготовка расчетной модели для задач теплообмена.	2	6	8	Контрольные опросы. Отчеты по лабораторным работам с их устной защитой. Зачет (экзамен)
7.2	Результаты расчета на теплообмен и их анализ.	2	2	2	Контрольные опросы. Отчеты по лабораторным работам с их устной защитой. Зачет (экзамен)
8	<b>Совмещение анализов разнородных задач</b>	2	6	6	
8.1	Понятие совмещенного анализа. Особенности описания граничных условий и обменов ими. Результаты расчета и их анализ.	2	6	8	Контрольные опросы. Отчеты по лабораторным работам с их устной защитой. Зачет (экзамен)
9	<b>Технологии трехмерного синтеза и оцифровки</b>	4	8	8	
9.1	3D-печать. Подготовка модели изделия к печати.	4	8	8	Контрольные опросы. Отчеты по лабораторным работам с их устной защитой. Зачет (экзамен)
<b>Всего за 7 семестр:</b>		<b>18</b>	<b>34</b>	<b>44</b>	
8 семестр					
9	<b>Технологии трехмерного синтеза и оцифровки</b>	4	6	14	
9.2	Сканирование и оцифровка натурального объекта.	4	6	14	Контрольные опросы. Отчеты по лабораторным работам с их устной защитой. Экзамен
10	<b>Моделирование средств технологического оснащения</b>	4	8	24	

10.1	Классификация элементов и основных систем технологической оснастки.	2	4	10	Контрольные опросы. Отчеты по лабораторным работам с их устной защитой. Экзамен
10.2	Создание параметрических пакетов узлов оборудования.	2	4	14	Контрольные опросы. Отчеты по лабораторным работам с их устной защитой. Экзамен
<b>11</b>	<b>Моделирование основных технологических процессов и явлений при аддитивном синтезе</b>	<b>6</b>	<b>18</b>	<b>32</b>	
11.1	Процесс течения пластика при 3D-печати.	2	6	10	Контрольные опросы. Отчеты по лабораторным работам с их устной защитой. Экзамен
11.2	Термоусадочные явления в области печати.	2	6	12	Контрольные опросы. Отчеты по лабораторным работам с их устной защитой. Экзамен
11.3	Анизотропия материалов аддитивного синтеза.	2	6	10	Контрольные опросы. Отчеты по лабораторным работам с их устной защитой. Экзамен
<b>12</b>	<b>Современные направления развития САПР</b>	<b>2</b>	<b>–</b>	<b>2</b>	
12.1	Актуальные задачи процесса конструирования. Пути автоматизации конструкторской деятельности.	2	–		Экзамен
	<b>Всего за 8 семестр:</b>	<b>16</b>	<b>32</b>	<b>72</b>	
	<b>Всего:</b>	<b>68</b>	<b>100</b>	<b>150</b>	



#### 4. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

##### 4.1. Перечень литературы

###### Основная

1. Хейфец, А. Л. Инженерная 3D-компьютерная графика: учеб. пособие для бакалавров / под. ред. А. Л. Хейфеца. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Юрайт, 2016. – 464 с.
2. Большаков, В. П. Основы 3D-моделирования. Изучаем работу в AutoCAD, КОМПАС-3D, SolidWorks, Inventor: учеб. пособие для студентов ВУЗов / В. Большаков, А. Бочков. – Санкт-Петербург: Питер, 2013. – 299 с.
3. Каплун, А. Б. ANSYS в руках инженера: практическое руководство [Электронный ресурс] / А. Б. Каплун, Е. М. Морозов, М. А. Олферьева. – Изд. стереотипное. – Москва: URSS, Либроком, 2015. – 269 с. – Режим доступа : <http://bibliot.vsavm.by/index.php/v-pomoshch-nauchnoj-rabote/30-pravila-oformleniya-spiska-literatury>. – Дата доступа : 15.01.2019.
4. Бруяка, В. А. Инженерный анализ в ANSYSWorkbench. Часть 2. [Электронный ресурс] / В. А. Бруяка, В. Г. Фокин, Я. В. Кураева. – Самара: СГТУ, 2013 г. – 148 с. – Режим доступа : <http://bibliot.vsavm.by/index.php/v-pomoshch-nauchnoj-rabote/30-pravila-oformleniya-spiska-literatury>. – Дата доступа : 15.01.2019.

###### Дополнительная

1. Бруяка, В. А. Инженерный анализ в ANSYSWorkbench. Часть 1. [Электронный ресурс] / В. А. Бруяка, В. Г. Фокин, Я. В. Кураева. – Самара: СГТУ, 2010 г. – 148 с. – Режим доступа : [https://vk.com/topic-84683810\\_31550442](https://vk.com/topic-84683810_31550442). – Дата доступа : 15.01.2019.
2. Басов, К. А. ANSYS: справочник пользователя / Басов, К. А. – Москва: ДМК Пресс, 2012. – 639 с.
3. Гарабажиу, А. А. Основы трехмерного параметрического моделирования деталей машин в системе КОМПАС-3D: учебно-методическое пособие / А. А. Гарабажиу. – Минск: БГТУ, 2006. – 95 с.
4. Чигарев, А.В. ANSYS для инженеров: Справочное пособие [Электронный ресурс] / А. В. Чигарев, А.С. Кравчук, А. Ф. Смалюк. – М.: Мошиностроение-1, 2004. – 512 с.
5. Джонс, Дж.К. Методы проектирования / Дж. К. Джонс. – М.: Мир, 1986. – 326 с.
6. Дацко, М. Метод конечных элементов в статике сооружений / М. Дацко, С. Добровичинский, М. Вечорек; под общ. ред. Я. Шмильтер. – М.: Стройиздат, 1986. – 220 с.
7. Дитрих, Я. Проектирование и конструирование. Системный подход / Я. Дитрих. – М.: Мир, 1981. – 454 с.

#### 4.2. Перечень лабораторных работ

1. Создание двумерных графических объектов и составных изображений.
2. Параметризация двумерных структур.
3. Оформление конструкторской документации на примере использования двумерных структур.
4. Создание трехмерных моделей изделий.
5. Функциональные расчеты с использованием переменных.
6. Оформление конструкторской документации по трехмерным моделям изделий.
7. Создание 3D моделей сборочных единиц. Оформление конструкторской документации.
8. Использование адаптивных фрагментов, гибких связей и переменных для автоматизации процесса создания сборочных единиц.
9. Изучение слайсеров. Подготовка 3D моделей к печати.
10. Описание структуры и свойств материалов.
11. Создание, редактирование и подготовка трехмерной модели геометрии деталей для инженерного анализа.
12. Разбиение модели на конечные элементы.
13. Статический анализ на прочность и жесткость.
14. Теплофизический анализ.
15. Совмещение анализов разнородных задач.
16. Виды представления и способы обработки результатов расчета.
17. Создание параметрической модели экструдера 3D-принтера.
18. Моделирование процесса течения пластика при печати.
19. Определение температурного поля в области печати.
20. Расчет коробления модели при 3D-печати.
21. Расчет силы отрыва модели от стола при 3D-печати.
22. Изучение анизотропии материалов аддитивного синтеза и оценка качества синтезированных изделий.
23. Оптическое сканирование и оцифровка геометрии натурального объекта.

#### 4.3. Перечень средств диагностики результатов учебной деятельности

Для диагностики результатов учебной деятельности используются:

- зачет;
- экзамен;
- отчеты по лабораторным работам с их устной защитой;
- контрольные опросы.

Форма контроля знаний при проведении межсессионной аттестации – защита лабораторных работ.

Первая межсессионная аттестация проводится по результатам контрольного опроса и защиты лабораторных работ. Весовой коэффициент 0,2.

Вторая межсессионная аттестация проводится по результатам контрольного опроса и защиты лабораторных работ. Весовой коэффициент 0,3.

Весовые коэффициенты:  $K_{\text{межс1}} = 0,2$ ;  $K_{\text{межс2}} = 0,3$ ;  $K_{\text{тек}} = 0,5$ .

#### **4.4. Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы обучающихся по учебной дисциплине**

Цель самостоятельной работы – закрепление знаний, формирование умений, навыков по изучаемой дисциплине, активизация учебно-познавательной деятельности обучающихся, формирование умений и навыков самостоятельного приобретения и обобщения знаний, самостоятельного применения знаний на практике. В рамках дисциплины предусмотрена *самостоятельная работа* в виде:

- освоения теоретического материала по учебным пособиям;
- оформления отчетов по лабораторным работам в аудитории во время проведения занятий в соответствии с расписанием.

## 5. ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Конструирование и расчет изделий	Кафедра механики и конструирования	Замечаний нет	
Аддитивные технологии в производстве	Кафедра механики и конструирования	Замечаний нет	
Проектирование технологического оборудования для трехмерных технологий	Кафедра механики и конструирования	Замечаний нет	

И.о. зав. кафедрой  
механики и конструирования



Е. И. Кордикова