

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
(НИ ТГУ)

Физико-технический факультет



УТВЕРЖДАЮ:

Декан ФТФ

Ю.Н. РЫЖИХ

06

20 22 г.

Рабочая программа дисциплины

**Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг**

по направлению подготовки

**15.04.03 Прикладная механика**

Направленность (профиль) подготовки :

**Механика биокompозитов, получение и моделирование их структуры и свойств**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Магистр**

Год приема

**2022**

Код дисциплины в учебном плане: Б1.О.03

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОПОП

Е.С. Марченко

Председатель УМК

В.А. Скрипняк

Томск – 2022

## **1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

– ОПК-5 – Способен разрабатывать аналитические и численные методы при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов;

– ОПК-10 – Способен разрабатывать физико-механические, математические и компьютерные модели при решении научно-технических задач в области прикладной механики;

– ОПК-12 – Способен создавать алгоритмы цифровой обработки баз данных результатов испытаний и эксплуатации сложных деталей и узлов в машиностроении, разрабатывать современные цифровые программы расчетов и проектирования деталей, узлов, конструкций, машин и материалов с учетом требований надежности, долговечности и безопасности их эксплуатации.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК-5.1 Знать теоретические основы аналитических и численных методов при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов.

ИОПК-5.2 Уметь анализировать математические модели машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов и разрабатывать аналитические и численные методы для их применения.

ИОПК-5.3 Владеть методиками разработки аналитических и численных методов при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов.

ИОПК-10.1 Знать современные физико-механические, математические и компьютерные модели при решении актуальных научно-технических задач в области прикладной механики.

ИОПК-10.2 Уметь разрабатывать физико-механические, математические и компьютерные модели при решении научно-технических задач в области прикладной механики.

ИОПК-10.3 Владеть методикой разработки физико-механических, математических и компьютерных моделей при решении научно-технических задач в области прикладной механики.

ИОПК-12.1 Знать способы построения алгоритмов цифровой обработки баз данных результатов испытаний и эксплуатации сложных деталей и узлов в машиностроении, разработки современных цифровых программ расчетов и проектирования деталей, узлов, конструкций, машин и материалов с учетом требований надежности, долговечности и безопасности их эксплуатации.

ИОПК-12.2 Уметь создавать алгоритмы цифровой обработки баз данных результатов испытаний и эксплуатации сложных деталей и узлов в машиностроении, разрабатывать современные цифровые программы расчетов и проектирования деталей, узлов, конструкций, машин и материалов с учетом требований надежности, долговечности и безопасности их эксплуатации.

ИОПК-12.3 Владеть методиками построения алгоритмов цифровой обработки баз данных результатов испытаний и эксплуатации сложных деталей и узлов в машиностроении, разработки современных цифровых программ расчетов и проектирования деталей, узлов, конструкций, машин и материалов с учетом требований надежности, долговечности и безопасности их эксплуатации.

## **2. Задачи освоения дисциплины**

– Освоить аппарат профессиональной деятельности, включающей как проведение прикладных исследований, так и постановку и решение инженерных задач методами компьютерного инжиниринга и вычислительной механики

– Научиться применять пакеты прикладных программ компьютерного инжиниринга для постановки и решения практических задач профессиональной деятельности.

## **3. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина относится к обязательной части образовательной программы.

## **4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине**

Третий семестр, экзамен

## **5. Входные требования для освоения дисциплины**

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: Информационные технологии в науке и образовании; Современные технологии структурного дизайна материалов ч. I; Материаловедение и технология материалов.

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования.

## **6. Язык реализации**

Русский

## **7. Объем дисциплины**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 з.е., 180 часов, из которых:

-лекции: 24 ч.

-практические занятия: 24 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

## **8. Содержание дисциплины, структурированное по темам**

Тема 1. Классификация задач вычислительной механики. Технологии компьютерного инжиниринга CAD/CAM/CAE/PDM (EKM/SLM/SPM/PSM/ESM)/PLM. Основные тенденции и подходы современного компьютерного инжиниринга.

Тема 2. Вычислительные методы, используемые для решения задач компьютерного инжиниринга. Метод конечных элементов (FEM). Метод конечных элементов (FDM).

Тема 3. Использование метода дискретных элементов, метода гидродинамики сглаженных частиц (SPH) для решения задач механики деформируемого твердого тела.

Тема 4. Применение современных CAD/CAE технологий для выполнения автоматизированных научных и расчетных исследований в прикладной механике. Классификация программных систем компьютерного инжиниринга (CAE-систем) или программных систем конечно-элементного анализа / инженерного анализа для машиностроения (Mechanical Computer-Aided Engineering, MCAE).

Тема 5. Применение CAD/ CAM / PLM технологий как основы проектирования и цифрового производства, реализующего концепцию "от идеи до изделия". Программные продукты ANSYS. Интерфейс пакета WB ANSYS. Программные продукты TFLEX. Модули Design Modeler и Space Clime.

Тема 6. Выполнение индивидуального задания по решению задач компьютерного инжиниринга. Применение CAD/FEA/CFD/CAE/CAM/PDM/PLM технологий как основы проектирования и цифрового производства, реализующего концепцию "от идеи до изделия".

### **9. Текущий контроль по дисциплине**

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения контрольных работ, выполнения индивидуальных заданий, и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

### **10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации**

Экзамен в первом семестре проводится в устной форме а и предусматривает ответы на два вопроса из разных разделов теоретического материала и выполнения решения задачи.

Экзаменационный билет состоит из двух частей. Продолжительность экзамена 1,5 часа.

Первая часть содержит два вопроса. Ответ на вопрос первой части дается в развернутой форме. (Определяется сформированность ИОПК-5.1, ИОПК-10.1, ИОПК-12.1).

Вторая часть содержит практическое задание в виде типовых задач. Ответы на вопросы второй части предполагают решение задач и краткую интерпретацию полученных результатов. (Определяется сформированность ИОПК-5.2, ИОПК-5.3, ИОПК-10.1, ИОПК-10.2, ИОПК-12.2, ИОПК-12.3)

Примерный перечень теоретических вопросов.

- Понятие компьютерного моделирования. Основные функции.
- Типовые задачи, решаемые средствами компьютерного моделирования.
- Системы имитационного моделирования. Развитие инструментальных средств моделирования.
- Структурный анализ процесса моделирования (определение структуры).
- Формализованное описание модели.
- Процесс построения модели. Проведение эксперимента.
- Понятие и сущность корреляционного анализа.
- Понятие и сущность регрессионного анализа.
- Понятие вычислительного эксперимента.
- Моделирование конструкции. Построение физической и математической моделей конструкции.
- Типы конечных элементов. Обобщённые узловые перемещения.
- Матрица жёсткости конечного элемента.
- Глобальная матрица жесткости. Глобальный вектор узловых сил.
- Граничные условия. Система алгебраических уравнений относительно глобального вектора узловых перемещений.
- Системный подход в проектировании.
- Методология автоматизации проектирования.
- Этапы жизненного цикла изделия и деятельность по их реализации.
- CALS. Назначение и область применения CALS-ТЕХНОЛОГИЙ.
- Современные направления развития CALS. Стандарты CALS .
- Определение и назначение CAD/CAE/CAM систем.
- Уровни CAD/CAE/CAM систем.
- Модульность CAD/CAE/CAM систем.

- Интеграция в CAD/CAE/CAM системах. Определение геометрических моделей объектов и их интеграция.
- Использование геометрической модели для технологической подготовки производства.

Примеры задач:

1. Задача 1.

Дано: Эскиз элемента конструкции. Указана марка материала для изготовления элемента конструкции.

Требуется: Выполнить формирование расчетной модели для проведения статического анализа для этого элемента конструкции. Создать геометрическую модель, сгенерировать сеточную модель,

2. Задача 2.

Дано: Эскиз элемента конструкции. Указана марка материала для изготовления элемента конструкции.

Требуется: Выполнить формирование расчетной модели для проведения модального анализа для этого элемента конструкции. Создать геометрическую модель, сгенерировать сеточную модель.

3. Задача 3.

Дано: Эскиз элемента конструкции. Указана марка материала для изготовления элемента конструкции. Заданы параметры гармонического воздействия на элемент конструкции.

Требуется: Выполнить формирование расчетной модели для проведения гармонического анализа для этого элемента конструкции. Создать геометрическую модель, сгенерировать сеточную модель.

Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценка	Уровень владения темой
<b>неудовлетворительно</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ грубые ошибки в знании основных положений и понятий в области систем автоматизированного проектирования и компьютерного инжиниринга, направленности профессионального образования (прикладная механика);</li> <li>○ отсутствие знаний основных положений автоматизированного проектирования, умения оперировать ими;</li> <li>○ недостаточное владение научным стилем речи;</li> <li>○ не умение защитить ответы на основные вопросы.</li> </ul>
<b>удовлетворительно</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ удовлетворительные знания основных понятий в области применения современных пакетов компьютерного инжиниринга, умение оперировать ими, умение оперировать ими, неточности знаний;</li> <li>○ удовлетворительная степень полноты и точности рассмотрения основных вопросов автоматизированного проектирования и компьютерного инжиниринга, раскрытия темы;</li> <li>○ посредственные ответы на вопросы.</li> </ul>
<b>хорошо</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ хорошие знания основных положений в области</li> </ul>

	<p>систем автоматизированного проектирования и компьютерного инжиниринга, умение оперировать ими, демонстрируются единичные неточности;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ достаточная степень полноты и точности рассмотрения основных вопросов, раскрытия темы, демонстрируются единичные неточности;</li> <li>○ единичные (негрубые) стилистические и речевые погрешности;</li> <li>○ умение защитить ответы на основные вопросы;</li> <li>○ хорошее владение научным стилем речи</li> </ul>
<b>отлично</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ глубокие знания основных понятий в области компьютерного инжиниринга, умение оперировать ими;</li> <li>○ высокую степень полноты и точности рассмотрения основных вопросов, раскрытия темы;</li> <li>○ отличное умение представить основные вопросы в научном контексте;</li> <li>○ отличное владение научным стилем речи</li> </ul>

## 11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <http://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=29487>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

г) Методические указания по проведению лабораторных работ.

д) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

## 12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

1. Бруйка В. А. Инженерный анализ в ANSYS WORKBENCH / В. А. Бруйка, В. Г. Фокин, Е. А. Солдусова и др. – Самара : Самарский гос. Тех. ун-т. – Ч. 1. – 2010. – 271 с. ; Ч. 2. – 2013. – 148 с.

2. Муромцев Д. Ю. Математическое обеспечение САПР: учебное пособие / Д. Ю. Муромцев, И. В. Тюрин. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – СПб. [и др.] : Лань, 2014. – 464 с. – Режим доступа ЭБС Лань: [https://e.lanbook.com/book/42192#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/42192#book_name) Лоу А. М.. Имитационное моделирование/ А. М. Лоу, В. Д. Кельтон ; пер. с англ., под ред. В. Н. Томашевского. - 3-е изд.. - СПб.: Питер, 2004. - 846 с.

3. Малюх В. Н. Введение в современные САПР : курс лекций : учебное пособие / В. Н. Малюх. – М. : ДМК Пресс, 2010. – 192 с. – Режим доступа ЭБС Лань: <http://e.lanbook.com/book/1314>

б) дополнительная литература:

– О. М. Огородникова Вычислительные методы в компьютерном инжиниринге. – Екатеринбург.: УрФУ, 2013. - 131 с.

– Федорова Н. Н., Вальгер С. А., Данилов М. Н., Захарова Ю. В. Основы работы в ANSYS 17. – М.: ДМК Пресс, 2017. – 210 с.: ил.

- Басов К. А. Графический интерфейс комплекса ANSYS / К. А. Басов. М.: ДМК Пресс, 2006. 248 с.

- Кондаков А. И. САПР технологических процессов : учебник / А. И. Кондаков. – 3-е изд., стер. – М. : Академия, 2010. – 267 с.

- Е. Н. Чумаченко, Т. В. Полякова, С. А. Аксенов, С. А. Бобер, И. В. Логашина, В. Н. Корзо, О. С. Ерохина Математическое моделирование в нелинейной механике (Обзор

программных комплексов для решения задач моделирования сложных систем) Учреждение Российской академии наук Институт космических исследований РАН, 2009. - 42 с.

- Ельцов М.Ю., Козлов А.А., Седойкин А.В., Широкова Л.Ю.

Проектирование в NX под управлением Teamcenter учебное пособие. – Белгород, 2010. 783 с.

в) ресурсы сети Интернет:

1. EqWorld : мир математических уравнений [Электронный ресурс] / под ред. А. Д. Полянина. – Электрон. дан. – [Б. м.], 2004-2016. – URL: <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library.htm>
2. Библиотека научной литературы LIB.org.by [Электронный ресурс] : книги, журналы, статьи / Белорусская научная библиотека. – Электрон. дан. – [Б. м., б. г.]. – URL: <http://lib.org.by/>
3. Руководство по основным методам проведения анализа в программе ANSYS [Электронный ресурс] // Studfiles : файловый архив студентов. – Электрон. дан. – [Б. м., б. г.]. – URL: <http://www.studfiles.ru/preview/2557944/>
4. ANSYS [Electronic resource] / ANSYS, Inc. All rights reserved. – Electronic data. – Canonsburg, USA, 2016. – URL: <http://www.ansys.com/>

### 13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office OneNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook); программные комплексы WB ANSYS, SolidWorks, TFX.

– публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

– Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ –

<http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>

– Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ –

<http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>

– ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>

– ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>

– Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>

– ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>

– ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

в) профессиональные базы данных (*при наличии*):

– Университетская информационная система РОССИЯ – <https://uisrussia.msu.ru/>

### 14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа, оснащенные компьютерной техникой с установленным лицензионным программным обеспечением, для проведения практических и лабораторных занятий, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой с установленным лицензионным программным обеспечением и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

Лаборатории, оснащенные компьютерной техникой с установленным лицензионным программным обеспечением.

### 15. Информация о разработчиках

Скрипняк Владимир Альбертович, доктор физико-математических наук, профессор, кафедра механики деформируемого твердого тела, заведующий кафедрой;

Скрипняк Евгения Георгиевна, кандидат технических наук, доцент, кафедра механики деформируемого твердого тела, доцент.