

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

Физико-технический факультет



Ю.Н. РЫЖИХ

20 22 г.

Рабочая программа дисциплины

**Основы автоматизированного проектирования**

по направлению подготовки

**16.03.01 Техническая физика**

Направленность (профиль) подготовки :

**Компьютерное моделирование в инженерной теплофизике и аэрогидродинамике**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Бакалавр**

Год приема

**2022**

Код дисциплины в учебном плане: Б1.В.ДВ.04.02

СОГЛАСОВАНО:

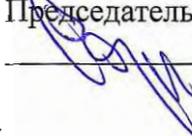
Руководитель ОПОП

 Э.Р. Шрагер

Руководитель ОПОП

 А.В. Шваб

Председатель УМК

 В.А. Скрипняк

Томск – 2022

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

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

– ОПК-4 – Способен самостоятельно проводить теоретические и экспериментальные исследования в избранной области технической физики, использовать основные приемы обработки и представления полученных данных, учитывать современные тенденции развития технической физики в своей профессиональной деятельности;

– ПК-3 – Способен выполнять фундаментальные и прикладные работы поискового, теоретического и экспериментального характера при разработке новых материалов, технологий и устройств.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК-4.1 Знать современные теоретические и экспериментальные методы исследований, позволяющие решать конкретные задачи в различных областях технической физики, основные приемы обработки и представления полученных данных.

ИОПК-4.2 Уметь самостоятельно проводить теоретические и экспериментальные исследования в избранной области технической физики, использовать основные приемы обработки и представления полученных данных, учитывать современные тенденции развития технической физики в своей профессиональной деятельности.

ИОПК-4.3 Владеть современными теоретическими и экспериментальными методами исследования в избранной области технической физики, основными приемами обработки и представления полученных данных с учетом.

ИПК-3.1 Знает фундаментальные законы в области теплофизики и механики сплошных сред.

ИПК-3.2 Умеет проводить компьютерный эксперимент в области теплофизики и аэрогидродинамики.

ИПК-3.3 Умеет оформлять презентации, научно-технические отчеты по результатам выполненных исследований.

## **2. Задачи освоения дисциплины**

– Освоить методику использования теоретических и экспериментальных методов исследований, для решения конкретных задач в различных областях технической физики с применением пакетов САПР, основные приемы обработки и представления полученных данных.

– Освоить фундаментальные законы в области механики сплошных сред и теплофизики.

– Научиться применять системы САПР для проведения теоретических и экспериментальных исследований в избранной области технической физики, использовать основные приемы обработки и представления полученных данных, учитывать современные тенденции развития технической физики в своей профессиональной деятельности.

– Научиться проводить компьютерный эксперимент в области механики сплошных сред, теплофизики и аэрогидродинамики.

– Научиться оформлять презентации, научно-технические отчеты по результатам выполненных исследований.

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

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор.

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

Восьмой семестр, экзамен

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

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: Аналитическая геометрия, Линейная алгебра, Математический анализ, Физика, Информатика, Теоретическая механика, Материаловедение и технология конструкционных материалов, Гидродинамика, Теплофизика, Сопротивление материалов, Инженерная и компьютерная графика.

#### **6. Язык реализации**

Русский

#### **7. Объем дисциплины**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 часов, из которых:

-лекции: 10 ч.

-лабораторные: 30 ч.

-практические занятия: 30 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

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

Тема 1. Методология автоматизированного проектирования. Задачи, методы и технологии автоматизированного проектирования. Принципы организации систем САПР в машиностроении, виды обеспечения САПР, уровни САПР.

Тема 2. Методы формирования моделей в универсальных программных комплексах моделирования. Задачи, решаемые с применением междисциплинарных САПР, вычислительные методы, применяемые в WB ANSYS, NX SIMENS, AQACUS.

Тема 3. Структура программного обеспечения (ПО) САПР. Базовое и прикладное ПО. Структура прикладного ПО в WB ANSYS.

Тема 4. Реализация принципов организации САПР на примере ANSYS. Постановка и методы решения задач анализа и синтеза.

Тема 5. Структура программных комплексов САПР машиностроения . WB ANSYS, Siemens NX. Структура WB ANSYS. Общесистемное программное обеспечение (ОС ПО) и специальное программное обеспечение (СПО) САПР.

Тема 5. Решение типовых задач компьютерного моделирования средствами пакета WB ANSYS. Основные классы задач решаемых с использованием САПР в машиностроении. Сопряженные задачи анализа конструкций.

Тема. 6. Основы работы в WB ANSYS. Состав и функции препроцессора, постпроцессора.

Тема 7. Создание геометрических объектов в WB ANSYS. Возможности геометрического моделирования для создания моделей: создание геометрии с нуля; импорт геометрии из сторонних CAD-систем (AutoCAD, SolidWorks и др.); редактирование импортированной геометрии; двунаправленное параметрическое связывание с различными CAD-системами (импорт-экспорт модели). Основные программные модули ANSYS для создания геометрических моделей: Design Modeler; SpaceClaim Direct Modeler; Mechanical APDL.

Тема 8. Методы компьютерной графики в постпроцессоре WB ANSYS. Состав и функции постпроцессора. Синтез и преобразование изображений; методы визуализации изменяемых объектов и данных, полученных в результате моделирования. Использование CAD для подготовки технической документации.

Тема 9. Построение сеточных моделей в WB ANSYS. Структура сеток (регулярная и нерегулярная). Конформность сеток. Размеры сетки и сеточных элементов. Сеточные препроцессоры (ANSYS Meshing, ANSYS TurboGrid, ANSYS ICEM CFD). Интегрированный в WB ANSYS Сеточный препроцессор Meshing и его применение.

Тема 10. Решение задач механики деформируемого твердого тела (МДТТ). Решатели группы Structural Mechanics WB ANSYS. Шаблоны модулей для решения задач МДТТ, последовательность подготовки вычислительной модели к применению. Многовариантное решение задач МДТТ.

Тема 11. Технология управления жизненным циклом изделий (Product Lifecycle Management – PLM). Задачи, решаемые в организационно-технической системе PLM. Состав PLM. Цифровой макет изделия.

№№	Тема лабораторной работы	Аннотация работы	Обеспечение работы	Отчетность
1	Структура и организация пакетов WB ANSYS. (4 часа)	Структура данных. Выбор установок WB ANSYS.	ПЭВМ. Методические указания. Программное обеспечение.	Отчеты по заданиям.
2	Построение геометрических моделей объектов проектирования в WB ANSYS. (6 час.)	Построение трехмерных моделей.	ПЭВМ. Методические указания. Программное обеспечение.	Отчет.
3	Подготовка Engineering Data для выполнения расчетов конструкций. Определение численных значений параметров моделей упругопластического тела. (4 час)	Подготовка Engineering Data. Определение численных значений параметров моделей упругопластического тела, характеристик прочности и пластичности, характера деформирования и разрушения.	ПЭВМ. Методические указания, Программное обеспечение. Экспериментальные диаграммы деформирования.	Отчет. Теория, результаты (диаграммы), мех, характеристики, выводы, защита
4	Создание сеточных моделей с использованием комплекса ANSYS. (6 час).	Создание сеточных моделей на основе созданных геометрических моделей.	Методические указания, Программное обеспечение	Отчет.
5	Расчет НДС элемента конструкции деформирующегося пластически с использованием комплекса ANSYS. (6 час).	Исследуется НДС в элементах конструкций при использовании различных вариантов упругопластических моделей.	Методические указания. Программное обеспечение. Экспериментальные диаграммы деформирования.	Отчет. Теория, результаты (диаграммы), мех. характеристики, выводы, защита
6	Использование WB ANSYS для подготовки технической документации. Изображения, надписи, обозначения. (4 час)	Оформление чертежа с использованием геометрической модели детали.	ПЭВМ. Методические указания. Программное обеспечение.	Отчет.

## 9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения контрольных работ, тестов по лекционному материалу и фиксируется в форме контрольной точки два раза в семестр.

## 10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Экзамен в восьмом семестре проводится в письменной форме по билетам. Экзаменационный билет состоит из трех частей. Продолжительность экзамена 1,5 часа.

Первая часть представляет собой тест из 3 вопросов, проверяющих ИОПК-4.1, ИОПК-4.2, ИОПК-4.3. Ответы на вопросы первой части даются путем выбора из списка предложенных.

Вторая часть содержит два вопроса, проверяющих ИПК-3.1, ИПК-3.2. Ответы на вопросы второй части даются в развернутой форме.

### Примерный перечень теоретических вопросов

1. В каком порядке выполняются следующие этапы по проектированию технических объектов:
  - a. 1а• опытно-конструкторская работа;
  - b. 1б• изготовление опытных образцов;
  - c. 1в• научно-исследовательская работа;
  - d. 1г• испытания и приемка;
2. 1д• разработка технической документации.
3. В чем суть проектирования методами «сверху вниз» и «снизу вверх»?
4. Кем разрабатывается техническое задание (ТЗ) на опытно-конструкторские работы (ОКР) и почему?
5. Какой этап предшествует техническому проектированию?
6. Основные цели автоматизации проектирования.
7. Назовите основные методы уменьшения трудоемкости инженерного труда.
8. Какими методами достигается улучшение качества проектирования?
9. Какие из перечисленных методов используются для сокращения трудоемкости проектных работ:
  - a. а) автоматизация оформления проектной документации;
  - b. б) совмещенное (параллельное) проектирование;
  - c. в) вариативное проектирование и оптимизация.
10. Какие из перечисленных задач автоматизации проектных работ могут противоречить друг другу:
  - a. а) сокращение трудоемкости проектирования;
  - b. б) сокращение себестоимости проектирования;
  - c. в) сокращение цикла проектирование - изготовление;
11. В чем преимущества и недостатки каркасной и полигональной аппроксимации трехмерной геометрии?
12. В чем заключается преимущество технологии NURBS? 3.
13. Что такое BREP-представление геометрии?
14. В чем состоит суть метода истории построения геометрии.
15. Какое представление геометрии наиболее оптимально для САПР?
16. Что называется проектом в Workbench ANSYS?  
Для чего предназначены окна Project Schematic и Toolbox?
17. Какие типы задач можно решать с помощью пакета WB ANSYS?
18. Какие основные элементы имеет каждый блок инженерного анализа?
19. Какие элементы входят в состав интерфейса WB ANSYS?
20. Какие стандартизованные конструктивные элементы необходимы на валах при проектировании их опорных частей?
21. Какие основные автономные программные модули входят в состав WB ANSYS?
22. Какие программные модули для работы с геометрическими моделями входят в состав WB ANSYS и чем отличаются их возможности?

23. Какой конечный элемент можно использовать при расчете в WB ANSYS напряжений и деформаций элемента конструкции, если деталь представлена упрощенной моделью в виде балки?
24. Каким образом задаются геометрические размеры вала в WB ANSYS, если в качестве конечного элемента в нем используются элементы типа Structural Beam?
25. Каким образом задается нагрузка при расчете вала в WB ANSYS?
26. Какая может быть последовательность действий для создания эскиза в системе WB ANSYS?
27. Можно ли заменить вид инженерного анализа в блоке, не удаляя его?
28. Для чего устанавливают связи между блоками? Каким типам принадлежат созданные связи?
29. Какой блок называется корневым, а какой подчиненным?
30. Как вставляется в поле проектов новый блок?
31. В каком файле сохраняется файл с геометрической моделью в WB ANSYS?
32. Чем отличается режим эскизирования от режима моделирования в Design Modeler?
33. В каком модуле выполняется генерация конечно-элементной сетки в WB ANSYS?
34. Какая опция применяется для создания гексагональной сетки?
35. Какая команда осуществляет измельчение сетки в выделенном геометрическом объекте?
36. Определение конечно-элементной модели?
37. Определение степени свободы элемента, модели?
38. Аппроксимация искомым функций в МКЭ?
39. Типы конечных элементов. Что означает порядок конечного элемента?
40. Матричное уравнение жесткости элемента.
41. Общие уравнения МКЭ из условий равновесия узлов?
42. Обоснование МКЭ на базе принципа возможных перемещений?
43. Разрешающие уравнения МКЭ для статического деформирования.
44. Сборка общих матриц из элементных матриц?
45. Основные свойства матрицы жёсткости.
46. Задание граничных условий в перемещениях (связи)?
47. Приведение распределённых нагрузок к узловым нагрузкам?
48. Методы решения уравнений МКЭ в статической задаче.
49. Возможные причины нелинейности уравнений МКЭ?
50. Матричное дифференциальное уравнение движения МКЭ?
51. Определение матрицы масс и матрицы демпфирования?
52. Каковы особенности реализации МКЭ в программе ANSYS?

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

Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания:

Форма контроля	Критерии оценивания			
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.
экзамен	В ответе качественно раскрыто содержание темы. Ответ хорошо структурирован. Прекрасно освоен	Основные вопросы темы раскрыты. Структура ответа в целом адекватна теме. Хорошо освоен понятийный аппарат.	Тема частично раскрыта. Ответ слабо структурирован. Понятийный аппарат освоен частично. Понимание отдельных	Тема не раскрыта. Понятийный аппарат освоен неудовлетворительно. Понимание материала фрагментарное

	<p>понятийный аппарат. Продемонстрирован высокий уровень понимания материала. Превосходное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.</p>	<p>Продемонстрирован хороший уровень понимания материала. Хорошее умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения</p>	<p>положений из материала по теме. Удовлетворительное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.</p>	<p>или отсутствует. Неумение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.</p>
--	--	--	---	---

## 11. Учебно-методическое обеспечение

- а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=00000>
- б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.
- в) Методические указания по проведению лабораторных работ.
- г) 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. Кондаков А. И. САПР технологических процессов : учебник / А. И. Кондаков. – 3-е изд., стер. – М. : Академия, 2010. – 267 с.
  4. 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>
  5. 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.
- б) дополнительная литература:
1. ANSYS GUI Help Manual ANSYS Release 5.5 . 1998. SAS IP. Inc.
  2. COSMOS GUI HELP Manual. 1990.
  3. AutoCAD 14. Русская и англоязычная версии / Э.Т. Романычева, Т.М. Сидорова, С.Ю. Сидоров, Т. Ю. Трошина – М.: ДМК, 1998. –512с.
- 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); лицензионный пакет WB ANSYS 17.2.

– 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/>

### 14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

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

Лаборатории, оборудованные персональными компьютерами с установленным лицензионным программным обеспечением WB ANSYS.

Аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации в смешанном формате («Актру»).

### 15. Информация о разработчиках

Скрипняк Евгения Георгиевна, канд. техн. наук, доцент,  
кафедра механики деформируемого твердого тела ФТФ ТГУ, доцент