

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
 ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
 УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
 «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ  
 УНИВЕРСИТЕТ»

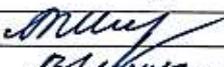
УТВЕРЖДАЮ  
 Директор ИЦПР  
 А.С. Боев  
 "11" июля 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ПРИЕМ 2023 г.**  
**ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная**

**Компьютерные методы анализа и оптимизации конструкций нефтегазового  
 оборудования**

Направление подготовки/ специальность	<b>21.04.01 Нефтегазовое дело</b>		
Основная профессиональная образовательная программа	<b>Надежность и безопасность объектов транспорта и хранения нефти и газа</b>		
Специализация	<b>Надежность и безопасность объектов транспорта и хранения нефти и газа</b>		
Уровень образования	высшее образование - магистратура		
Курс	1	семестр	1
Трудоемкость в кредитах (за- четных единицах)	6		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) ра- бота, ч	Лекции		8
	Практические занятия		16
	Лабораторные занятия		24
	ВСЕГО		48
	Самостоятельная работа, ч		60
	ИТОГО, ч		108

Вид промежуточной аттеста- ции	Экзамен, диф.зачет, КП	Обеспечивающее подразделение	ОНД
-----------------------------------	------------------------------	---------------------------------	-----

И. о. заведующего кафедрой -руководителя отделения на правах кафедры Руководитель ОПОП Преподаватель		А.А. Лукин
		А.В. Шадрина
		В.К. Никульчиков

2023 г.

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Компьютерные методы анализа и оптимизации конструкций нефтегазового оборудования» является формирование у обучающихся определенного ОПОП (п. 5.4 Общей характеристики ОПОП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
ПК(У)-4	Способность проводить анализ с применением САЕ-систем технологичности конструкции машиностроительных изделий нефтегазового комплекса.	И.ПК(У)-4.1	Способен создавать пространственные и численные расчетные модели элементов конструкций, процессов эксплуатации элементов машин и технологического оборудования нефтегазовой промышленности в специализированных программных комплексах (ANSYS, SolidWorks, КОМПАС)	ПК(У)-4.31	Знать основные принципы и методы математического моделирования свойств нефтегазового оборудования и технологических процессов с их участием. Знать основные этапы построения численных моделей физических объектов (элементов нефтегазового оборудования).
				ПК(У)-4.У1	Умеет использовать прикладные программные продукты для наглядного представления результатов компьютерного моделирования и расчета нефтегазового технологического оборудования
				ПК(У)-4.В1	Владеет основными методами, используемыми при построении численных моделей физических объектов (элементов нефтегазового оборудования).
ПК(У)-5	Способность применять полученные знания для разработки и реализации проектов, различных процессов производственной деятельности на основе методики проектирования в нефтегазовой отрасли, а также инструктивно-нормативных документов	И.ПК(У)-5.1	Способен применять полученные знания для разработки и реализации проектов, различных процессов производственной деятельности на основе методики проектирования в нефтегазовой отрасли, а также инструктивно-нормативных документов	ПК(У)-5.31	Знает научно-техническую документацию по проектированию, строительству и реконструкции объектов транспорта нефти газа
				ПК(У)-5.У1	Умеет реализовывать проекты, различные процессы производственной деятельности на основе методики проектирования в нефтегазовой отрасли, а также инструктивно-нормативных документов
				ПК(У)-5.В1	Владеет навыками разработки и реализации проектов, различных процессов производственной деятельности

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

Дисциплина «Компьютерные методы анализа и оптимизации конструкций нефтегазового оборудования» относится к Блоку 1. Дисциплины (модули) Базовая часть. Модуль общенаучных дисциплин (в том числе направленных на подготовку к преподавательской деятельности)

### 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Индикатор достижения компетенции
Код	Наименование	
РД 1	Выполнять обработку и анализ расчетных и экспериментальных данных, применять полученные знания для разработки и реализации проектов, различных процессов производственной деятельности на основе методики проектирования, проводить оптимизацию технологического оборудования и конструкций.	И.ПК(У)-5.1
РД 2	Применять знания по созданию пространственных и численных расчетных моделей элементов конструкций, процессов эксплуатации элементов машин и технологического оборудования нефтегазовой промышленности в специализированных программных комплексах (ANSYS, SolidWorks, Inventor)	И.ПК(У)-4.1

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

### 4. Структура и содержание дисциплины

Основные виды учебной деятельности

Разделы дисциплины	Формируемый результат обучения по дисциплине	Виды учебной деятельности <sup>1</sup>	Объем времени, ч.
<b>Раздел 1.</b> Введение. Современные методы проектирования и инженерного анализа при разработке оборудования НГО. Использование систем автоматизированного проектирования в нефтегазовой отрасли. Направления применения САПР в нефтегазовой отрасли. Задачи, решаемые САПР. Математические модели. Расчетные методы, используемые для инженерных исследований в CAE-системах. Особенности процесса проектирования объектов нефтегазовой отрасли. Цифровые двойники.	РД1	Лекции	<b>2</b>
		Практические занятия	<b>4</b>
		Лабораторные занятия	<b>6</b>
		Самостоятельная работа	<b>15</b>
<b>Раздел 2.</b> Программный комплекс метода конечных элементов ANSYS. Модуль Ansys Mechanical APDL. Краткое описание платформы ANSYS WORKBENCH. Представление возможностей расчетных модулей.	РД2	Лекции	<b>2</b>
		Практические занятия	<b>4</b>
		Лабораторные занятия	<b>6</b>
		Самостоятельная работа	<b>15</b>
<b>Раздел 3.</b> Этапы конечно-элементного моделирования. Математическая постановка задачи (выбор математической модели). Создание (импорт) геометрической модели исследуемого объекта. Задание свойств и моделей материалов. Создание вычислительной	РД1	Лекции	<b>2</b>
		Практические занятия	<b>4</b>
		Лабораторные занятия	<b>6</b>
		Самостоятельная работа	<b>15</b>

<sup>1</sup> Общая трудоёмкость контактной работы и виды контактной работы в соответствии учебным планом

<p>сетки. Постановка краевых условий. Постановка контактных условий. Настройка решателя и запуск на расчет. Анализ результатов расчетов. Запас прочности. Усталость и срок службы элементов конструкций. Расчет напряженно-деформированного состояния конструкций НГО. Расчет теплового поля, решение задач гидродинамики. Модули Ansys AIM.</p>			
<p><b>Раздел 4.</b>          Параметрическая и топологическая оптимизация элементов конструкций НГО. Основные направления проектирования и оптимизации оборудования нефтегазового комплекса. Основные задачи САПР технических устройств. Особенности оптимизации в ПК ANSYS. Рассмотрение расчетных модулей. Выбор критерия оптимизации и составление целевой функции. Параметрическая оптимизация в ПК ANSYS. Топологическая оптимизация в ПК ANSYS. Особенности прямого моделирования в ANSYS Space Claim. Поверочный расчет результатов параметрической и топологической оптимизации. Примеры анализа и оптимизации элементов конструкций НГО.</p>	РД2	Лекции	<b>2</b>
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	6
		Самостоятельная работа	<b>15</b>

### Содержание разделов дисциплины:

**Раздел 1.** Введение. Современные методы проектирования и инженерного анализа при разработке оборудования НГО. Использование систем автоматизированного проектирования в нефтегазовой отрасли. Направления применения САПР в нефтегазовой отрасли. Задачи, решаемые САПР. Математические модели. Расчетные методы, используемые для инженерных исследований в САЕ-системах. Особенности процесса проектирования объектов нефтегазовой отрасли. Цифровые двойники.

**Темы лекции:**

Введение. Современные методы проектирования и инженерного анализа при разработке оборудования НГО. Использование систем автоматизированного проектирования в нефтегазовой отрасли. Направления применения САПР в нефтегазовой отрасли. Задачи, решаемые САПР. Математические модели. Расчетные методы, используемые для инженерных исследований в САЕ-системах. Особенности процесса проектирования объектов нефтегазовой отрасли. Цифровые двойники.

**Темы практических занятий:**

1. Интерфейс и освоение основных операций трехмерного твердотельного моделирования в Autodesk Inventor, DS Solid Works, Компас.
2. Расчет напряженно-деформированного состояния конструкций (анализ напряжений) в CAD Inventor
3. Освоение основ сборки в программе Inventor, DS Solid Works, Компас.

**Названия лабораторных работ:**

1. Освоение основ расчета на прочность и жесткость в программе ANSYS Workbench
2. Освоение основных булевых операций в программе Inventor, ANSYS

**Раздел 2.** Метод конечных элементов – основа CAE-систем. Программный комплекс метода конечных элементов ANSYS. Модуль Ansys Mechanical APDL. Краткое описание платформы ANSYS WORKBENCH. Представление возможностей расчетных модулей.

**Темы лекции:**

Программный комплекс метода конечных элементов ANSYS. Модуль Ansys Mechanical APDL. Краткое описание платформы ANSYS WORKBENCH. Представление возможностей расчетных модулей.

**Темы практических занятий:**

1. Освоение основ расчета частот собственных колебаний (ЧСК) конструкций и совмещенно конструкционно-модального анализа в программе ANSYS Workbench
2. Моделирование поведение резины (гиперэластичные материалы, модель Муни-Ривлина)
3. Расчетный модуль Steady-State Thermal ( анализ установившегося теплового поля, стационарная теплопроводность)
4. Расчетный модуль Transient Thermal (анализ нестационарного теплового поля, нестационарная теплопроводность)

**Названия лабораторных работ:**

1. Расчет на прочность стержня при растяжении
2. Расчет напряженно-деформированного состояния двутавровой балки при изгибе

**Раздел 3.** Этапы конечно-элементного моделирования. Математическая постановка задачи (выбор математической модели). Создание (импорт) геометрической модели исследуемого объекта. Задание свойств и моделей материалов. Создание вычислительной сетки. Постановка краевых условий. Постановка контактных условий. Настройка решателя и запуск на расчет. Анализ результатов расчетов. Запас прочности. Усталость и срок службы элементов конструкций. Расчет напряженно-деформированного состояния конструкций НГО. Тепловой анализ, решение задач гидрогазодинамики. Ansys AIM.

**Темы лекций:**

Этапы конечно-элементного моделирования. Математическая постановка задачи (выбор математической модели). Создание (импорт) геометрической модели исследуемого объекта. Задание свойств и моделей материалов. Создание вычислительной сетки. Постановка краевых условий. Постановка контактных условий. Настройка решателя и запуск на расчет. Анализ результатов расчетов. Запас прочности. Усталость и срок службы элементов конструкций. Расчет напряженно-деформированного состояния конструкций НГО. Тепловой анализ, решение задач гидрогазодинамики. Модули Ansys AIM.

**Темы практических занятий:**

1. Статический прочностной анализ. Расчет напряженно-деформированного состояния и запаса прочности конструкций НГО
2. Выбор элемента конструкции нефтегазового оборудования для расчета в рамках курсового проекта, разработка схемы курсового проекта в ПК Ansys.
3. Расчетные модули Fluent, Steady-State Thermal (анализ установившегося теплового поля, стационарная теплопроводность)
4. Расчетный модуль Transient Thermal (анализ нестационарного теплового поля, нестационарная теплопроводность)

**Названия лабораторных работ:**

1. Решение задач гидрогазодинамики в элементах конструкций НГО сложной геометрии. Расчет ламинарного и турбулентного течения и потерь напора в каналах сложной геометрии в

программах Fluent, CFX. Оптимизация формы трубопроводов и каналов конструкций НГО с целью снижения потерь напора.

2. Решение междисциплинарных задач. Термопрочностной анализ, расчет НДС и модальный анализ.

#### **Раздел 4. Параметрическая и топологическая оптимизация элементов конструкций НГО.**

Основные направления проектирования и оптимизации оборудования нефтегазового комплекса. Основные задачи САПР технических устройств. Особенности оптимизации в ПК ANSYS. Рассмотрение расчетных модулей. Выбор критерия оптимизации и составление целевой функции. Параметрическая оптимизация в ПК ANSYS. Топологическая оптимизация в ПК ANSYS. Особенности прямого моделирования в ANSYS Space Claim, формат STL. Проверочный расчет результатов параметрической и топологической оптимизации. Примеры параметрической и топологической оптимизации элементов конструкций НГО.

#### **Темы лекций:**

Параметрическая и топологическая оптимизация элементов конструкций НГО. Основные направления проектирования и оптимизации оборудования нефтегазового комплекса. Основные задачи САПР технических устройств. Особенности оптимизации в ПК ANSYS. Рассмотрение расчетных модулей. Выбор критерия оптимизации и составление целевой функции. Параметрическая оптимизация в ПК ANSYS. Топологическая оптимизация в ПК ANSYS. Особенности прямого моделирования в ANSYS Space Claim, формат STL. Проверочный расчет результатов параметрической и топологической оптимизации. Примеры параметрической и топологической оптимизации элементов конструкций НГО.

#### **Темы практических занятий:**

1. Параметрическая оптимизация конструкций НГО. Верификация результатов расчетов.

#### **Названия лабораторных работ:**

1. Топологическая оптимизация конструкций НГО. Верификация результатов расчетов.

### **5. Организация самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины (модуля) предусмотрена в следующих видах и формах:

- поиск, обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- подготовка к практическим и лабораторным занятиям;
- подготовка к оценивающим мероприятиям.

### **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

#### **6.1. Учебно-методическое обеспечение**

##### **Основная литература:**

1. Басов К.А. ANSYS: справочник пользователя. – М.: ДМК-Пресс, 2005. – 640 с.
2. Каплун А.Б., Морозов Е.М., Олферьева М.А. ANSYS в руках инженера: Практическое руководство. – М.: УРСС, 2004 – 272 с.
3. Чигарев А.В. ANSYS для инженеров: Справ. пособие / А.В.Чигарев, А.С.Кравчук, А.Ф.Смалюк. М: Машиностроение-1, 2004. 512 с.
4. Огородникова О.М. Введение в компьютерный конструкционный анализ / О.М.Огородникова. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2001. 47 с

5. Алямовский А.А. SolidWorks Simulation. Как решать практические задачи / А. А. Алямовский. — СПб.: БХВ-Петербург, 2012. — 443 с.: ил. + DVD. — Мастер. — Библиогр.: с. 9. — ISBN 978-5-9775-0763-9.

#### **Дополнительная литература:**

6. Инженерные расчеты в SolidWorks Simulation / А. А. Алямовский. — Москва: ДМК Пресс, 2010. — 464 с.: ил. + DVD. — Проектирование. — ISBN 978-5-94074-586-0
7. Алямовский, А. А. COSMOSWorks. Основы расчета конструкций на прочность в среде SolidWorks : /— Москва: ДМК Пресс, 2010.
8. Строкова, Людмила Александровна. Применение метода конечных элементов в механике грунтов: учебное пособие / Л. А. Строкова; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2010. — 143 с.: ил. — Библиогр.: с. 141-142. — ISBN 978-5-98298-654-2.

### **6.2. Информационное и программное обеспечение**

1. Научная электронная библиотека (eLIBRARY.RU): <http://elibrary.ru>
2. Электронная библиотека РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина: <http://elib.gubkin.ru>
3. Электронно-библиотечная система «Лань» - <https://e.lanbook.com/>
4. Электронно-библиотечная система «ZNANIUM.COM» - <https://new.znanium.com/>
5. Электронно-библиотечная система «Юрайт» - <https://urait.ru/>
6. Электронно-библиотечная система «Консультант студента»  
<http://www.studentlibrary.ru/>

### **6.3. Лицензионное программное обеспечение ТПУ:**

Используемое для проведения практики лицензионное программное обеспечение (в соответствии с Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ):

1. Windows 10 Professional Russian Academic Договор 34798 от 26.12.2016;
- 2 Microsoft Office Standard 2016 Договор 776/261115/223 от 26.11.2015;
3. Acrobat Reader Лицензионное соглашение по корпоративному распространению Acrobat Reader DC бесплатная срок действия лицензии 1год;
4. Аналитический тренажерный комплекс оперативного персонала Договор 15314 от 29.07.2013.
5. Autodesk Autocad 2018;
6. 3D max 2018;
7. MathLab;
8. Solidworks Договор 31807038470-177 от 14.11.2018;
9. Autodesk Revit 2015- бесплатная;
- 10 ANSYS Academic Research Mechanical Договор 30338/301117ЕП от 30.11.2017  
Срок действия лицензий - бессрочная

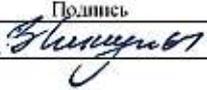
### **7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины**

В учебном процессе используется следующее лабораторное оборудование для практических и лабораторных занятий:

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1.	Учебная аудитория для проведения практических занятий 634034 Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 2/5, учебный корпус №20, учебная аудитория 107	компьютеры - 15 шт.,
2.	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа 634034 Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 2/5, учебный корпус №20, учебная аудитория. 305	- компьютер - 1 шт., - мультимедийное оборудование – 1 шт.

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики основной профессиональной образовательной программы по направлению 21.04.01 Нефтегазовое дело, специализация «Надежность и безопасность объектов транспорта и хранения нефти и газа» (прием 2023 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность	Подпись	ФИО
Доцент ОНД ИШПР		Никульчиков В.К.

Программа одобрена на заседании отделения нефтегазового дела ИШПР ТПУ (протокол от «24» 06 2023 г. № 16).

И. о. заведующего кафедрой -руководителя отделения  
на правах кафедры, к.г.-м.н, доцент

 А. А. Лукин  
подпись

**Лист изменений рабочей программы дисциплины<sup>2</sup>:**

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании ОНД
2022/2023 учебный год	Обновлен ФОС дисциплины	От 21.06.2022 г. № 8

---

<sup>2</sup> Ежегодное обновление программы с учетом развития науки, культуры, экономики, техники и технологий, социальной сферы.