

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе

  
\_\_\_\_\_ Н.В.Лобов

« 18 » марта 20 21 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Технологии проектирования конструкций и механических систем

\_\_\_\_\_  
(наименование)

**Форма обучения:** \_\_\_\_\_ очная

(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** \_\_\_\_\_ магистратура

(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** \_\_\_\_\_ 108 (3)

(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** \_\_\_\_\_ 15.04.03 Прикладная механика

(код и наименование направления)

**Направленность:** \_\_\_\_\_ Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг

(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Формирование у студентов теоретических и практических знаний в области применения современного программного обеспечения для выполнения проектирования изделий машиностроения, в том числе, с использованием методов топологической оптимизации; развитие системного мышления студентов; ознакомление студентов с возможностями современных CAD/CAM/CAE-систем.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

– Программные системы компьютерного проектирования.  
– Методы вычислительной механики и компьютерного инжиниринга.

### 1.3. Входные требования

Не предусмотрены

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.2	ИД-1ПК-1.2	Знает современные алгоритмы и методы решения задач механики с использованием топологической оптимизации	Знает современные и эффективные численные методы, алгоритмические языки, пакеты прикладных программ, средств представления результатов для численного решения задач механики;	Собеседование
ПК-1.2	ИД-2ПК-1.2	Умеет ставить задачу топологической оптимизации и выбирать метод ее решения	Умеет осуществлять численное решение задачи механики с использованием современных эффективных методов и средств, в том числе численных методов, алгоритмических языков, пакетов прикладных программ, средств представления результатов, выполнять качественный анализ результатов расчета;	Защита лабораторной работы

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.2	ИД-3ПК-1.2	Владеет навыками использования современных программных средств для топологической оптимизации конструкций, систем, объектов.	Владеет навыками численного решения задач механики с использованием современных эффективных методов и средств, а также выполнять качественный анализ результатов расчета.	Зачет
ПК-1.6	ИД-1ПК-1.6	Знает методы проектирования, конструирования изделий и систем с использованием методов топологической оптимизации, в том числе, с использованием прикладного программного обеспечения, САЕ-систем.	Знает современные методы проектирования, конструирования и проведения прочностных расчетов напряженно-деформированного состояния конструкций;	Защита лабораторной работы
ПК-1.6	ИД-2ПК-1.6	Умеет самостоятельно осуществлять проектирование, конструирование на основе методов топологической оптимизации	Умеет самостоятельно осуществлять проектирование, конструирование и проведение прочностных расчетов различных объектов, в том числе авиационных конструкций, летательных и ракетно-космических аппаратов и систем, объектов в области машиностроения и автомобилестроения;	Защита лабораторной работы
ПК-1.6	ИД-3ПК-1.6	Владеет навыками самостоятельного проектирования, конструирования на основе методов топологической оптимизации, в том числе авиационных конструкций, летательных и ракетно-космических аппаратов и систем, объектов в области машиностроения и автомобилестроения.	Владеет навыками самостоятельного проектирования, конструирования и проведения прочностных расчетов различных объектов, в том числе авиационных конструкций, летательных и ракетно-космических аппаратов и систем, объектов в области машиностроения и автомобилестроения.	Курсовая работа

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		3	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	27	27	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)			
- лабораторные работы (ЛР)	25	25	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)			
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	81	81	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет			
Зачет	9	9	
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)	18	18	
Общая трудоемкость дисциплины	108	108	

### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	
3-й семестр				
Методы топологической оптимизации конструкций	0	10	0	18
Тема 1. Топологическая оптимизация конструкций и изделий, как современный метод проектирования изделий. Изучение методов топологической оптимизации ESO/BESO, SIMP. Изучение достоинств и недостатков основных подходов.				
Тема 2. Реализация метода топологической оптимизации ESO в пакете ANSYS.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Топологическая оптимизация в пакете САТОРО	0	12	0	18
<p>Тема 3. Решение задач МДТТ в пакете САТОРО. Структура меню САТОРО. Манипуляции мышью. Импорт САД данных. Построение конечно-элементной сетки. Задание статической нагрузки. Задание простых граничных условий. Определение решателя. Расчет модели. Отображение результатов. Импорт САД данных. Построение конечно-элементной сетки. Задание статической нагрузки. Задание простых граничных условий. Определение решателя. Расчет модели. Отображение результатов.</p> <p>Тема 4. Дополнительные возможности пакета САТОРО. Виртуальные компоненты. Простой пример применения виртуальных компонентов. Использование виртуальных компонентов для определения локальных значений. Анализ результатов. Типы соединений. Автоматическое определение соединений. Ручное задание соединений. Проверка соединений. Задание условий предварительной затяжки. Задание систем координат. Использование систем координат для задания граничных условий и преобразования компонентов. Обучение использованию расширенных возможностей построения конечно-элементной сетки. Работа со сборкой. Описание реальной задачи. Постановка задачи. Учет динамических нагрузок</p> <p>Тема 5. Решение температурных задач и задач устойчивости в САТОРО. Учет динамических нагрузок. Работа с динамическими нагрузками. Учет температурных нагрузок. Специальные настройки для задания предварительной затяжки.</p> <p>Тема 6. Топологическая оптимизация в ПО САТОРО. Введение в топологическую оптимизацию. Математические основы метода. Примеры задач, поддающихся решению. Учет требований и ограничений по напряжениям и перемещениям при топологической оптимизации. Выбор оптимального решения с учетом результатов итерационного алгоритма. Сглаживание расчетных моделей и пересчет результатов оптимизации топологии. Экспорт результатов топологической оптимизации в сторонние САД/САЕ программные пакеты. Пошаговое решение реальной задачи.</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Проектирование изделий на основе результатов топологической оптимизации	0	3	0	45
Тема 7. Методы перепроектирования изделий на основе результатов топологической оптимизации				
ИТОГО по 3-му семестру	0	25	0	81
ИТОГО по дисциплине	0	25	0	81

### Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Топологическая оптимизация конструкций и изделий, как современный метод проектирования изделий. Изучение методов топологической оптимизации ESO/BESO, SIMP. Изучение достоинств и недостатков основных подходов
2	Реализация метода топологической оптимизации ESO в пакете ANSYS
3	Решение задач МДТТ в пакете CATOPO
4	Дополнительные возможности пакета CATOPO
5	Решение температурных задач и задач устойчивости в CATOPO
6	Топологическая оптимизация в ПО CATOPO
7	Методы перепроектирования изделий по результатам топологической оптимизации

### Тематика примерных курсовых проектов/работ

№ п.п.	Наименование темы курсовых проектов/работ
1	Топологическая оптимизация элементов газотурбинного двигателя
2	Топологическая оптимизация пилона самолета
3	Топологическая оптимизация рамы гоночного квадрокоптера
4	Топологическая оптимизация кронштейна ГТД
5	Топологическая оптимизация ведущей звезды цепной передачи

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные материалы, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

### 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на курсовую работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на занятиях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на занятиях.

## 6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		
1	Основы механики твёрдых сред. - Москва: , Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2013. - (Механика сплошной среды : учебное пособие для вузов : в 4 т.; Т. 4).	10
2	Шингель Л. П. Системы автоматизированного проектирования. Решение задач прочностного анализа с использованием пакета программ ANSYS 12.1 : учебно-методическое пособие / Л. П. Шингель. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2015.	25
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	ANSYS для инженеров : справочное пособие / А. В. Чигарев, А. С. Кравчук, А. Ф. Смалюк. — Москва : Машиностроение, 2004. — 511 с.	44
2	Введение в математическое моделирование : учебное пособие / В. Н. Ашихмин [и др.] ; Под ред. П.В. Трусова. — М : Логос, 2007. — 439 с.	50

3	Методы вычислительной математики : учебное пособие / М.Г. Бояршинов ; Пермский государственный технический университет .— Пермь : Изд-во ПГТУ, 2008 .— 420 с.	150
<b>2.2. Периодические издания</b>		
	Не используется	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	Не используется	

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Методы вычислительной математики учебное пособие М.Г. Бояршинов ; Пермский государственный технический университет .— Пермь Изд-во ПГТУ, 2008 .— 420 с.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2817">http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2817</a>	сеть Интернет; авторизованный доступ
Основная литература	Шингель Л. П. Системы автоматизированного проектирования. Решение задач прочностного анализа с использованием пакета программ ANSYS 12.1 : учебно-методическое пособие / Л. П. Шингель. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2015.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3714">http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3714</a>	сеть Интернет; авторизованный доступ

## 6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATLAB 7.9 + Simulink 7.4 Academic, ПНИПУ 2009 г.
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	ANSYS (лиц. 1062978 )



Вид ПО	Наименование ПО
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	NX Academic Perpetual License Core +CAD +CAE +CAM (договор №P/43469-02-ПНИПУ от 03.12.2015)
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	Компас-3D V14, ПНИПУ 2013 г.

#### **6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	<a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>

#### **7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине**

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Курсовая работа	Компьютерный класс	8
Курсовая работа	Мультимедиа-проектор	1
Лабораторная работа	Компьютерный класс	8
Лабораторная работа	Мультимедиа-проектор	1

#### **8. Фонд оценочных средств дисциплины**

Описан в отдельном документе
------------------------------