

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины «Инженерный анализ в машиностроении» направлено на достижение следующих целей ОПОП 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»:

Код цели	Формулировка цели
Ц3	Подготовка выпускников к <i>научно-исследовательской</i> в области техники и технологии, в том числе междисциплинарных областях, связанных с выбором необходимых методов исследования, модифицирования существующих и разработки новых технологий исходя из задач конкретного исследования.
Ц5	Подготовка выпускников к эффективному использованию и <i>интеграции знаний в области фундаментальных наук</i> для решения исследовательских и прикладных задач применительно к профессиональной деятельности.

Целями освоения дисциплины «Инженерный анализ в машиностроении» являются:

- обучение студентов основам разработки алгоритмов для решения научно-технических и производственных задач;
- формирование современных знаний по общим закономерностям и тенденциям развития автоматизированных производств и навыков использования современных программных пакетов для конструкторско-технологической подготовки производства и автоматизации инженерного труда;
- ознакомление с научными подходами к моделированию объектов и процессов на базе конечно-элементного анализа;
- освоение теории и методов конечно-элементного анализа, позволяющих строить модели объектов, систем и процессов и судить об их адекватности;
- ознакомление студентов с алгоритмами решения инженерных задач механики сплошных сред методами компьютерного моделирования с помощью пакетов прикладных программ, реализующих метод конечно-элементного анализа.
- формирование у студентов навыков разработки конечно-элементных моделей, исследования этих моделей и обработки результатов таких исследований;
- воспитание ответственности за продукт своих разработок.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Инженерный анализ в машиностроении» относится к дисциплинам по выбору вариативной части (Б1.В.ДВ.8).

Для успешного изучения дисциплины «Инженерный анализ в машиностроении» студенты должны быть знакомы с основными положениями курсов «Высшая математика», «Информатика», «Инженерная и компьютерная графика».

Дисциплина «Инженерный анализ в машиностроении» является частью блока дисциплин посвященных методам математического моделирования и теоретическому изучению свойств и поведения объектов, систем и процессов машиностроения.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

После изучения данной дисциплины студент приобретает знания, умения и опыт, соответствующие результатам ОПОП направления 15.03.05:

P3, P5, P8, P10 (расшифровка результатов обучения приводится в ОПОП направления 15.03.05).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты обучения, соответствующие с формируемым компетенциям ОПОП:

способность участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с машиностроительными производствами, выборе оптимальных вариантов прогнозируемых последствий решения на основе их анализа (ОПК-4):

знать: методы разработки конструкторско-технологического обеспечения машиностроительного производства на основе современных методов, средств и технологий проектирования;

уметь: выбрать методы, средства и технологии для конструкторско-технологического обеспечения машиностроительных производств, их элементов, применять физико-математические методы при моделировании задач в области машиностроительных производств и их конструкторско-технологического обеспечения;

владеть: современными средствами проектирования, навыками применения стандартных программных средств в области конструкторско-технологического обеспечения машиностроительных производств.

способность участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью (ОПК-5):

знать: методы разработки конструкторско-технологической документации машиностроительного производства на основе современных методов, средств и технологий проектирования;

уметь: выбрать методы, средства и технологии подготовки конструкторско-технологической документации машиностроительных производств;

владеть: современными средствами проектирования, навыками применения стандартных программных средств при подготовке конструкторско-технологической документации, связанной с профессиональной деятельностью.

способность проводить эксперименты по заданным методикам, обрабатывать и анализировать результаты, описывать выполнение научных исследований, готовить данные для составления научных обзоров и публикаций (ПК-13):

знать стандартные программные средства для решения задач в области конструкторско-технологического обеспечения машиностроительных производств

уметь применять физико-математические методы при моделировании задач в области машиностроительных производств и их конструкторско-технологического обеспечения;

владеть навыками применения стандартных программных средств области конструкторско-технологического обеспечения машиностроительных производств.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 часов.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации	
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС	кп / кр			
1	Теплонапряженное состояние конструкций	3										
1.1	Обзор и возможности современных CAE-систем. Использование CAE-систем для моделирования процессов и решения прикладных инженерно-технических задач. Типы конечных элементов и их полиномы. Функции формы для различных типов конечных элементов. Основные принципы создания конечно-элементных моделей.			2		2			32		2/50%	
1.2	Решение стационарной и нестационарной задач теплопроводности с использованием современных CAE-систем.											
1.3	Использование современных CAE-систем при решении задач термоупругости.											
2	Нелинейный конструкционный анализ											
2.1	Особенности моделирования контактного взаимодействия при решении задач теории упругости современными CAE-системами.			2		1			33		2/50%	

2.2	Использование современных САЕ-систем при решении задач упругопластичности.									
2.3	Использование современных САЕ-систем при модальном и гармоническом анализе конструкций.									
3	Механика жидкости и газа									
3.1	Использование современных САЕ-систем при решении задач гидромеханики, газовой динамики. Особенности решения при ламинарном и турбулентном течениях жидкости.		2		1		33		2/50%	
3.2	Использование современных САЕ-систем при решении задач гидродинамики течений со свободными границами									
3.3	Использование современных САЕ-систем при решении задач обтекания тел потоком жидкости или газа.									
ИТОГО			6		4		98		4/50%	Зачет

Темы лекционного курса

1 Теплонапряженное состояние конструкций

1.1 Обзор и возможности современных САЕ-систем. Использование САЕ-систем для моделирования процессов и решения прикладных инженерно-технических задач. Типы конечных элементов и их полиномы. Функции формы для различных типов конечных элементов. Основные принципы создания конечно-элементных моделей. (2 часа).

1.2 Решение стационарной и нестационарной задач теплопроводности методом конечных элементов с использованием современных САЕ-систем. (2 часа).

1.3 Использование современных САЕ-систем при решении задач термоупругости. (2 часа).

2 Нелинейный конструкционный анализ

2.1 Особенности моделирования контактного взаимодействия при решении задач теории упругости современными САЕ-системами. (2 часа).

2.2 Использование современных САЕ-систем при решении задач упругопластичности. (2 часа).

2.3 Использование современных САЕ-систем при модальном и гармоническом анализе конструкций. (2 часа).

3 Механика жидкости и газа

3.1 Использование современных САЕ-систем при решении задач гидромеханики, газовой динамики. Особенности решения при ламинарном и турбулентном течениях жидкости. (2 часа).

3.2 Использование современных САЕ-систем при решении задач гидродинамики течений со свободными границами. (2 часа).

3.3 Использование современных САЕ-систем при решении задач обтекания тел потоком жидкости или газа. (2 часа).

Темы лабораторных работ

№ пп	Цели лабораторного практикума	Наименование лабораторных работ
1.	<p>Раздел 1. Цель: Приобретение навыков создания расчетных моделей для определения теплового и напряженно-деформированного состояния конструкций на основе решения стационарной и нестационарной задач теплопроводности методом конечных элементов с использованием современных САЕ-систем.</p>	<p>1. Расчет температурного поля конструкции в условиях изотермического теплообмена на основе решения стационарной задач теплопроводности методом конечных элементов. 2. Расчет изменения напряженно-деформированного состояния конструкции в условиях неизоэтермического теплообмена на основе результатов решения нестационарной задач теплопроводности методом конечных элементов.</p>
2.	<p>Раздел 2. Цель: Приобретение навыков создания расчетных моделей для решения задач нелинейного конструкционного анализа методом конечных элементов с использованием современных САЕ-систем.</p>	<p>1. Расчет напряженно-деформированного состояния конструкции при линейной и нелинейной постановках задачи методом конечных элементов.</p>
3.	<p>Раздел 3. Цель: Приобретение навыков создания расчетных моделей для решения задач механики жидкости и газа методом конечных элементов с использованием современных САЕ-систем.</p>	<p>1. Решение задачи динамики движения жидкости в канале переменного сечения методом конечных элементов в условиях ламинарного и турбулентного потоков.</p>

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Ориентация на тактические образовательные технологии, являющиеся конкретным способом достижения целей образования в рамках намеченной стратегической технологии. При чтении лекций используется метод проблемного изложения с использованием интерактивной формы проведения занятия. При проведении лабораторных работ используются поисковый и исследовательский методы, в том числе, case study.

Ниже приводится описание образовательных технологий, обеспечивающих достижение планируемых результатов освоения дисциплины. Специфика сочетания методов и форм организации обучения отражается в матрице (см. табл). Перечень методов обучения и форм организации обучения может быть расширен.

Методы и формы организации обучения (ФОО)

ФОО	Лекции	Лабораторные работы	СРС
-----	--------	---------------------	-----

Методы			
IT-методы			
Работа в команде		+	+
Case study		+	
Игра			
Методы проблемного обучения.	+		
Обучение на основе опыта	+	+	
Опережающая самостоятельная работа			+
Проектный метод			
Поисковый метод		+	+
Исследовательский метод		+	+
Другие методы			

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Вопросы к зачету

1. Действия над матрицами (сложение, умножение, транспонирование и т.д.).
2. Дифференцирование матричных соотношений.
3. Матричная форма записи тензорных величин.
4. Методы решения линейных систем
5. Треугольные, ленточные и клеточные матрицы.
6. Системы линейных алгебраических уравнений. Линейные системы с разреженной матрицей.
7. Свойства разреженных матриц.
8. Дифференциальное уравнение теплопроводности
9. Закон Фурье, дать определение коэффициенту теплопроводности, температурному полю, температурному градиенту.
10. Вариационная постановка задачи теплопроводности и ее численная реализация методом конечных элементов.
11. Расчетные схемы при моделировании контактного взаимодействия тел в рамках решения задач теплопроводности методом конечных элементов.
12. Граничные условия теплообмена.
13. Понятие и постановка краевой задачи в механике твердого деформируемого тела
14. Вариационная постановка задачи теории упругости и ее численная реализация методом конечных элементов.
15. Матрица жесткости, матрица деформаций, вектор узловых перемещений одномерного двухузлового конечного элемента.
16. Матрица жесткости, матрица деформаций, вектор узловых перемещений двумерного трехузлового конечного элемента.
17. Конечно-элементная схема решения задачи термоупругости.
18. Кинематические граничные условия и их влияние на точность результатов.
19. Алгоритм численного решения контактных задач методом конечных элементов.
20. Алгоритм численного решения контактных задач методом конечных элементов при подвижном контакте с трением.
21. Алгоритм численного решения контактных задач методом конечных элементов при соединениях с натягом.
22. Алгоритм численного решения контактных задач методом конечных элементов при температурных деформациях (в условиях возможного размыкания контакта).

23. Модели упругопластического деформирования, используемые в конечно-элементном прочностном анализе, области применения.
24. Деформационная теория пластичности, ее реализация при конечно-элементном прочностном анализе.
25. Теория течения, ее реализация при конечно-элементном прочностном анализе.
26. Особенности решения задач термопластичности при конечно-элементном прочностном анализе.
27. Расчетные схемы при решении задач модального анализа методом конечных элементов.
28. Расчетные схемы при решении задач гармонического анализа методом конечных элементов.
29. Повышение эффективности вычислительных алгоритмов конечно-элементного анализа. Технология распараллеливания решателей.
30. Возможности современных САЕ-комплексов по решению задач нестационарной нелинейной динамики.
31. Возможности современных САЕ-комплексов по решению задач механики разрушения
32. Методы дискретизации уравнений движения вязкой жидкости и граничных условий.
33. Модель вязкой жидкости. Линейно-вязкая (ньютоновская) жидкость. Уравнения Навье-Стокса.
34. Системы уравнений для вязкой несжимаемой жидкости. Начальные и граничные условия.
35. Системы уравнений для вязкой сжимаемой жидкости. Начальные и граничные условия.
36. Моделирование ламинарного движения несжимаемой вязкой жидкости
37. Моделирование турбулентного движения несжимаемой вязкой жидкости
38. Основные модели турбулентности в CFD пакетах
39. Диссипация энергии в вязкой теплопроводной жидкости.
40. Моделирование обтекания тела потоком вязкой несжимаемой жидкости.
41. Моделирование внешнего сжимаемого течения.
42. Моделирование периодического течения и теплопереноса (пример решения задачи расчета решетки теплообменника).
43. Моделирование течений со свободными границами.
44. Дискретизация расчетных областей. Методы и алгоритмы дискретизации
45. Расчетная схема при решении задач гидродинамики методом конечных элементов для течений с открытыми границами.
46. Расчетная схема при решении задач гидродинамики методом конечных элементов при обтекании тел потоком несжимаемой жидкости.
47. Расчетная схема при решении задач гидродинамики методом конечных элементов, особенности моделирования ламинарных и турбулентных потоков.
48. Особенности использования динамических сеток в задачах вычислительной гидродинамики.
49. Особенности решения сопряженных задач тепломассообмена методом конечных элементов.

Самостоятельная работа студентов

Перечень научных проблем и направлений научных исследований:

- Методы решения задач механики разрушения методом конечных элементов, реализованные в современных САЕ - системах;
- Методы решения задач механики сплошных сред с подвижными границами методом конечных элементов, реализованные в современных САЕ - системах;

Темы индивидуальных заданий:

Проектирование 3D сборки и проведение термочрезностного анализа с использованием современных CAE - систем.

Темы, выносимые на самостоятельную проработку:

- Расчет больших деформаций методом конечных элементов в современных CAE - системах;
- Решение сопряженных задач методом конечных элементов в современных CAE – системах.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) основная литература (библиотечная система ВлГУ):

1. Интерфейс и генерирование сетки в ANSYS Workbench [Электронный ресурс]: Учеб. пособие по курсу "Геометрическое моделирование в САПР" / Е.Ю. Верхотуркин, В.Н. Пащенко, В.Б. Пясецкий. - М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2013. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703836910.html>.
2. Гоц А.Н. Численные методы расчета в энергомашиностроении: учебное пособие: в 2 ч. / А.Н. Гоц; Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых (ВлГУ). — Изд. 2-е, испр. и доп. — Владимир: Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых (ВлГУ), 2012-2013. — ISBN 978-5-9984-0307-1. Ч. 1: Ч. 1 [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов по специальности 140501 - "Двигатели внутреннего сгорания", направления 140500 - "Энергомашиностроение". — Электронные текстовые данные (1 файл: 1,43 Мб). — 2012. — 151 с.: ил., табл. — Заглавие с титула экрана. — Электронная версия печатной публикации. — Библиогр.: с. 149-150. — Свободный доступ в электронных читальных залах библиотеки. — Adobe Acrobat Reader. — ISBN 978-5-9984-0199-2. — <URL:<http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/2787/1/00289.pdf>>.
3. Гоц А.Н. Численные методы расчета в энергомашиностроении: учебное пособие: в 2 ч. / А.Н. Гоц; Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых (ВлГУ). — Изд. 2-е, испр. и доп. — Владимир: Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых (ВлГУ), 2012-2013. — ISBN 978-5-9984-0307-1. Ч. 2: Ч. 2 [Электронный ресурс]: учебного пособия для вузов по направлению подготовки 141100 – «Энергетическое машиностроение», профиль «Двигатели внутреннего сгорания». — Электронные текстовые данные (1 файл: 1,46 Мб). — 2013. — 182 с.: ил., табл. — Заглавие с титула экрана. — Электронная версия печатной публикации. — Библиогр.: с. 180-181. — Свободный доступ в электронных читальных залах библиотеки. — Adobe Acrobat Reader. — ISBN 978-5-9984-0318-7. — <URL:<http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/2272/1/01021.pdf>>.
4. Шаманин А.Ю. Расчеты конструкций методом конечных элементов в ANSYS [Электронный ресурс]: методические рекомендации / Шаманин А.Ю. — Электрон. текстовые данные. — М.: Московская государственная академия водного транспорта, 2012. — 72 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/47951>. — ЭБС «IPRbooks», по паролю.
5. Решение задач теории упругости методом конечных элементов [Электронный ресурс]: Учеб. пособие / А.В. Котович, И.В. Станкевич. - М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2012. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703835678.html>.

б) дополнительная литература (библиотечная система ВлГУ):

1. Румянцев А.В. Метод конечных элементов в задачах теплопроводности [Электронный ресурс]: учебное пособие / Румянцев А.В. — Электрон. текстовые данные. — Калининград: Балтийский федеральный университет им. Иммануила

- Канта, 2011. — 113 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/23800>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.
2. Присекин В.Л. Основы метода конечных элементов в механике деформируемых тел [Электронный ресурс]: учебник/ Присекин В.Л., Расторгуев Г.И. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2010. — 238 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45417>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.
 3. Маковкин Г.А. Применение МКЭ к решению задач механики деформируемого твердого тела. Часть 1 [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Маковкин Г.А., Лихачева С.Ю. — Электрон. текстовые данные. — Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2012. — 71 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16043>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.
 4. Решение задач механики сплошной среды в программном комплексе ANSYS[Электронный ресурс]: Метод. указания / М.В. Мурашов. С.Д. Панин. - М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. - http://www.studentlibrary.ru/book/bauman_0343.html.
 5. ANSYS и LMS Virtual Lab. Геометрическое моделирование [Электронный ресурс] / Басов К.А. - М.: ДМК Пресс, 2009. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5940743013.html>.

в) периодические издания:

1. Журнал «CADFEM REVIEW» / Научно-технический журнал от компании КАДФЕМ.
2. Журнал «ANSYS Advantage. Русская редакция»/ Инженерно-технический журнал, официальное печатное издание компании ANSYS, Inc.

г) Internet–ресурсы:

www.all-library.com/ansys/
www.cadfem-cis.ru

Учебно-методические издания

- 1.Иванченко А.Б. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Инженерный анализ в машиностроении» для студентов направления 15.03.05 [Электронный ресурс] / сост. Иванченко А.Б.; Влад. гос. ун-т. ТМС - Владимир, 2016. - Доступ из корпоративной сети ВлГУ. - Режим доступа: <http://cs.cdo.vlsu.ru/>
2. Иванченко А.Б. Методические рекомендации к выполнению самостоятельной работы по дисциплине «Инженерный анализ в машиностроении» для студентов направления 15.03.05 [Электронный ресурс] / сост. Иванченко А.Б.; Влад. гос. ун-т. ТМС - Владимир, 2016. - Доступ из корпоративной сети ВлГУ. - Режим доступа: <http://cs.cdo.vlsu.ru/>
3. Иванченко А.Б. Оценочные средства по дисциплине «Информационные Инженерный анализ в машиностроении» для студентов направления 15.03.05 [Электронный ресурс] / сост. Иванченко А.Б.; Влад. гос. ун-т. ТМС - Владимир, 2016. - Доступ из корпоративной сети ВлГУ. - Режим доступа: <http://cs.cdo.vlsu.ru/>

**Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»,
необходимых для освоения дисциплины**

- 1) Портал Центр дистанционного обучения ВлГУ [электронный ресурс] / - Режим доступа: <http://cs.cdo.vlsu.ru/>

2) Раздел официального сайта ВлГУ, содержащий описание образовательной программы [электронный ресурс] / - Режим доступа: Образовательная программа 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» <http://op.vlsu.ru/index.php?id=158>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Суперкомпьютер «СКИФ МОНОМАХ» производительностью 4,7 Т-Флопс.
2. Четыре компьютерных класса, обеспечивающие связь с суперкомпьютером «СКИФ МОНОМАХ».
3. Лицензионное программное обеспечение: университетские версии CAD/CAM/CAE-систем Pro/ENGINEER, Pro/MECHANICA, ANSYS, SolidWorks Simulation, математические пакеты Mathcad, MATLAB.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС
ВО по направлению 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»

Рабочую программу составил к.т.н., доцент Швакшико А.Б.
(ФИО, подпись)

Рецензент

(представитель работодателя) Генеральный директор ООО «ТАГ-Инжиниринг», к.т.н.

Аракелян И.С.

(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Технология машиностроения

Протокол № 1 от 1.09.2016 года

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор Морозов В.В.

(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии
направления 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»

Протокол № 1 от 1.09.2016 года

Председатель комиссии д.т.н., профессор Морозов В.В.

(ФИО, подпись)