

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е. Алексеева»
АРЗАМАССКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института:

Глебов В.В.
« 29 » 01 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.02 – Конечно-элементный анализ микросистемной техники

(индекс и наименование дисциплины по учебному плану)

для подготовки бакалавров/магистров

Направление подготовки 12.04.01 – «Приборостроение»
(код и направление подготовки)

Направленность Информационно-измерительная техника и технологии
(наименование профиля, программы магистратуры)

Форма обучения очная, очно-заочная
(очная, очно-заочная, заочная)

Год начала подготовки 2025

Объем дисциплины 180 часов /5 з.е.
(часов/з.е.)

Промежуточная аттестация зачет с оценкой
(экзамен, зачет с оценкой, зачет)

Выпускающая кафедра Авиационные приборы и устройства
(наименование кафедры)

Кафедра-разработчик Авиационные приборы и устройства
(наименование кафедры)

Разработчик(и): Улюшкин А.В., к.т.н., доцент каф. АПУ
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

г. Арзамас
2025 г.

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 12.04.01 Приборостроение, утвержденного приказом Минобрнауки России от 22.09.2017 г. № 957 на основании учебного плана, принятого Ученым советом АПИ НГТУ, протокол от 29.01.2025 г. № 1

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры-разработчика, протокол от 15.01.2025 г. № 1

Заведующий кафедрой Гуськов А.А.
(подпись) (ФИО)

Рабочая программа рекомендована к утверждению УМК АПИ НГТУ,
протокол от 29.01.2025 г. № 1

Зам. директора по УР Шурыгин А.Ю.
(подпись)

Рабочая программа зарегистрирована в учебном отделе № 12.04.01-11
Начальник УО Мельникова О.Ю.
(подпись)

Заведующая отделом библиотеки Старостина О.Н.
(подпись)

Оглавление

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).....	4
1.1. Цель освоения дисциплины (модуля).....	4
1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля).....	4
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....	4
3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).....	4
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).....	6
4.1 Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ по семестрам	6
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам, темам	6
5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).....	10
5.1. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания.....	10
5.2. Оценочные средства для контроля освоения дисциплины.....	14
5.2.1 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в ходе текущего контроля успеваемости.....	14
5.2.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе промежуточной аттестации по дисциплине.....	18
5.3. Процедура оценивания результатов обучения по дисциплине.....	25
6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	27
6.1 Учебная литература.....	27
6.2 Справочно-библиографическая литература.....	27
6.3 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям	27
7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	27
Пример раздела	27
7.1 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля), включая электронные библиотечные и информационно-справочные системы	27
7.2 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства необходимого для освоения дисциплины.....	28
8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ	28
9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ).....	28
10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	30
10.1 Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии	30
10.2 Методические указания для занятий лекционного типа	30
10.3. Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах	30
10.4 Методические указания по освоению дисциплины на занятиях семинарского типа	31
10.5 Методические указания по самостоятельной работе обучающихся	31
10.6. Методические указания для выполнения РГР	31
10.7. Методические указания для выполнения курсового проекта / работы	31
10.8 Методические указания по обеспечению образовательного процесса	32

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1.1. Цель освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины «Конечно-элементный анализ микросистемной техники» является освоение метода конечно элемента для решения прикладных инженерных задач в области микросистемной техники и других областях на базе специализированного программного обеспечения *Ansys*.

1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля)

- изучение основополагающих понятий метода конечных элементов;
- ознакомление с возможностями *Ansys* плане моделирования физических процессов;
- освоение моделирования статических задач (механика);
- освоение моделирования динамических задач (механика).

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебная дисциплина «Конечно-элементный анализ микросистемной техники» включена в перечень дисциплин вариативной части (части, формируемой участниками образовательных отношений), определяющих направленность ОП. Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП по направлению подготовки 12.04.01 Приборостроение.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: «Микросистемная техника».

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины «Конечно-элементный анализ микросистемной техники», могут быть использованы при прохождении преддипломной практики и написании магистерской.

Рабочая программа дисциплины «Конечно-элементный анализ микросистемной техники» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Процесс изучения дисциплины «Конечно-элементный анализ микросистемной техники» направлен на формирование элементов профессиональных компетенций ПКС-2,4 в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по направлению подготовки 12.04.01 – Приборостроение.

Таблица 3.1 – Формирование компетенций дисциплинами (очная форма обучения)

Код компетенции/наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры формирования дисциплины. Компетенции берутся из УП по направлению подготовки бакалавра/магистра			
	1	2	3	4
ПКС-2				
Конечно-элементный анализ микросистемной техники			+	
Оптимизация характеристик микросистемной техники			+	
Методы и средства обработки измерительной информации			+	
Преддипломная практика				+
Государственная итоговая аттестация				
Подготовка к процедуре защиты и защита ВКР				
ПКС-4				
Микросистемная техника	+	+		
Конечно-элементный анализ микросистемной техники			+	
Системы навигации и ориентации на микрорадарах			+	
Приборные системы управления летательными аппаратами			+	

Код компетенции/наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры формирования дисциплины. Компетенции берутся из УП по направлению подготовки бакалавра/магистра			
	1	2	3	4
Научно-исследовательская практика				+
Преддипломная практика				+
Государственная итоговая аттестация				
Подготовка к процедуре защиты и защита ВКР				

Таблица 3.2 – Формирование компетенций дисциплинами (очно-заочная форма обучения)

Код компетенции/наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры формирования дисциплины. Компетенции берутся из УП по направлению подготовки бакалавра/магистра				
	1	2	3	4	5
ПКС-2					
Моделирование физических процессов средствами ANSYS			+		
Конечно-элементный анализ микросистемной техники				+	
Оптимизация характеристик микросистемной техники				+	
Методы и средства обработки измерительной информации				+	
Преддипломная практика					+
Государственная итоговая аттестация					
Подготовка к процедуре защиты и защита ВКР					
ПКС-4					
Микросистемная техника	+	+			
Конечно-элементный анализ микросистемной техники				+	
Научно-исследовательская практика				+	
Системы навигации и ориентации на микрорадиотехнике					+
Приборные системы управления летательными аппаратами					+
Преддипломная практика					+
Государственная итоговая аттестация					
Подготовка к процедуре защиты и защита ВКР					

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине «Измерительные информационные системы», соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП, представлен в табл. 3.3.

Таблица 3.3 – Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине		
ПКС-2 Способен к построению математических и имитационных моделей анализа и оптимизации объектов исследования на основе физических процессов и явлений, выбору численных методов их моделирования или разработки нового алгоритма решения задачи	ИПК (ИПКС)-2.1 – Определяет состав и структуру объекта разработки и исследования на основе анализа первичного технического задания и интерпретации требований системного уровня, спецификации, актуальной нормативной документации по разработке и внедрению ИПК (ИПКС)-2.2 – Производит разбивку	Знать: возможности современных технических и программных средств при реализации процесса проектирования, а также знает принципы построения и функционирования систем (приборов, микросистемной техники)	Уметь: определять состав и структуру объекта разработки и исследования на основе анализа первичного технического задания и интерпретации требований системного уровня, спецификации, актуальной нормативной документации по	Владеть: современными техническими и программными продуктами при реализации процессов проектирования, а также владеть навыками определения состава и структуры объекта исследования и выделения

	<p>объекта разработки и исследований на отдельные функциональные (аппаратные) блоки и разрабатывает спецификации этих блоков</p> <p>ИПК (ИПКС)-2.3 – Использует технические и программные средства при реализации процессов проектирования</p>		<p>разработке и внедрению; производить разбивку объекта разработки и исследований на отдельные функциональные (аппаратные) блоки и разрабатывает спецификации этих блоков;</p> <p>использовать технические и программные средства при реализации процессов проектирования</p>	функциональных узлов.
ПКС-4 Способен к выбору оптимальных методов, разработке методики и проведению исследований на основе имитационного моделирования или натурного эксперимента с выбором современных технических средств, анализом и обработкой результатов	<p>ИПК (ИПКС)-4.1 – Обосновывает выбор рационального метода и разрабатывает методику проведения экспериментальных исследований</p> <p>ИПК (ИПКС)-4.3 – Анализирует результаты экспериментов и наблюдений, используя методы анализа научных данных</p>	<p>Знать:</p> <p>методы проведения экспериментальных исследований (численного моделирования), а также знать методы анализа научных данных, получаемых в ходе проведения эксперимента</p>	<p>Уметь:</p> <p>разрабатывать методику проведения эксперимента (моделирования), а также уметь анализировать полученные данные</p>	<p>Владеть:</p> <p>методами и методиками проведения эксперимента (моделирования), а также владеть методами анализа научных данных</p>

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

4.1 Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зач. ед. или 180 часов, распределение часов по видам работ по семестрам представлено в таблице 4.1.

**Таблица 4.1 – Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ по семестрам
Для студентов очного обучения / очно-заочного обучения**

Вид учебной работы	Трудоемкость в час		
	Всего час.	В т.ч. по семестрам	
		3 семестр	4 семестр
Формат изучения дисциплины	с использованием элементов электронного обучения		
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	180/180	180/-	-/180
1. Контактная работа:	80/42	80/-	-/42
1.1. Аудиторная работа, в том числе:	76/38	76/-	-/38
занятия лекционного типа (Л)	28/8	28/-	-/8
практические занятия (ПЗ)	32/18	32/-	-/18
лабораторные работы (ЛР)	16/12	16/-	-/12
1.2. Внеаудиторная, в том числе	4/4	4/-	-/4
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)	–	–	
текущий контроль, консультации по дисциплине	2/2	2/-	-/2
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	2/2	2/-	-/2
2. Самостоятельная работа (СРС)	100/138	100/-	138
реферат/эссе (подготовка)	–	–	
расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)	–	–	
контрольная работа	–	–	
курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)	–	–	
самостоятельный изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиум и т.д.)	64/102	64/-	-/102
Подготовка к зачету/зачету с оценкой (контроль)	36/36	36/–	-/36
Подготовка к экзамену (контроль)	-	-	-

4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам, темам

Таблица 4.2 – Содержание дисциплины, структурированное по темам для студентов очного/заочного обучения

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Содержание разделов, тем, занятий	Вид СРС		
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов				
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия					
<i>3/4 семестр</i>									
ПКС-2 ИПКС-2.1 ИПКС-2.2 ИПКС-2.3 ПКС-4 ИПКС-4.1 ИПКС-4.3	Раздел 1. Введение в метод конечного элемента и Ansys								
	Тема 1.1 Введение.	2/1	–	–	2/2	Обзор программных продуктов. Изучение отдельных направлений анализа данных. Представление о методе конечных элементов		Проработка теоретического материала по курсу [6.1.1, 6.3.1]	
	Тема 1.2 Ansys Workbench	2/–	–	2/–	4/6	Обзор возможностей программы AnsysWorkbench. Знакомство с интерфейсом программы. Основы программирования для задач анализа данных.			
	Итого по 1 разделу	2/1	–	2/–	6/8				
ПКС-2 ИПКС-2.1 ИПКС-2.2 ИПКС-2.3 ПКС-4 ИПКС-4.1 ИПКС-4.3	Раздел 2. Статика (механика)								
	Тема 2.1. Основы Mechanical	1/1	–	–/–	-/4	Понятие математической модели систем и процессов. Модели датчиков первичной информации.		Проработка теоретического материала по курсу [6.1.1, 6.3.1]	
	Тема 2.2. Подготовка расчетных моделей	1/0,5	–	2/2	2/6	Подготовка расчетных моделей			
	Тема 2.3. Создание конечно-элементной модели	1/0,5	–/–	4/2	8/12	Создание конечно-элементной модели			
	Тема 2.4. Статический прочностной анализ	1/0,5	4/4	2/2	4/10	Статический прочностной анализ.		Выполнение практических задание [6.3.2]	
	Тема 2.5 Удаленные граничные условия и уравнения связи	1/–	–/–	2/–	4/6	Удаленные граничные условия и уравнения связи			
	Тема 2.6 Компоненты и узловые нагрузки	1/–	–/–	1/–	2/4	Компоненты и узловые нагрузки		Выполнение лабораторных работ [6.3.2]	
	Тема 2.7 Моделирование связей	1/–	–/–	1/–	2/4	Моделирование связей			

	Тема 2.8 Генератор объектов	1/-	-/-	1/-	2/4	Генератор объектов	
	Тема 2.9 Многошаговый расчет	1/1	-/-	2/2	4/4	Многошаговый расчет	
	Тема 2.10 Верификация результатов	1/0,5	-/-	1/1	4/4	Верификация результатов	
	Тема 2.11 Модальный анализ конструкции	2/-	4/-	2/2	2/6	Модальный анализ конструкции	
	Тема 2.12 Тепловой стационарный расчет	1/-	-/-	2/2	6/8	Тепловой стационарный расчет	
	Тема 2.13 Параметры и CAD	1/-	-/-	2/-	8/10	Параметры и CAD	
	Итого по 2 разделу	14/4	8/4	22/13	52/82		
ПКС-2 ИПКС-2.1 ИПКС-2.2 ИПКС-2.3	Раздел 3. Динамика (механика)						
ПКС-4 ИПКС-4.1 ИПКС-4.3	Тема 3.1 Модальный анализ	2/1	-/-	2/1	8/10	Модальный анализ	Проработка теоретического материала по курсу [6.1.1, 6.3.1]
	Тема 3.2 Гармонический анализ	2/-	4/4	2/1	8/10	Гармонический анализ	
	Тема 3.3 Спектральный анализ	2/-	-/-	-/-	8/8	Спектральный анализ	
	Тема 3.4 Анализ случайных колебаний	2/-	-/-	2/1	8/10	Анализ случайных колебаний	
	Тема 3.4 Анализ переходных процессов	4/2	4/4	2/2	10/10	Анализ переходных процессов	Выполнение практических задание [6.3.2]
	Итого по разделу 3	12/6	8/8	8/5	16/48		
	ИТОГО за семестр	28/8	16/12	32/18	100/138		Выполнение лабораторных работ [6.3.2]

Используемые активные и интерактивные технологии приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 - Используемые активные и интерактивные образовательные технологии

Вид занятий	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий
Лекции	Технология развития критического мышления Дискуссионные технологии
Практические занятия	Технология развития критического мышления Дискуссионные технологии Тестовые технологии Информационно-коммуникационные технологии
Лабораторные работы	Технология развития критического мышления Информационно-коммуникационные технологии

5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Оценочные процедуры в рамках текущего контроля проводятся преподавателем дисциплины. На лекциях оценивается активность участия в дискуссионных обсуждениях, ответы на вопросы преподавателя при работе в интерактивном режиме. Практические занятия проводятся в форме решения простейших задач моделирования по конкретным темам курса как совместно с преподавателем, так и самостоятельно студентами. При решении задач преподавателем оценивается правильность решения, затраченное время, ответы на вопросы преподавателя. Лабораторные работы представляют собой более объемные задания по моделированию на соответствующие темы. При проверке проверяется правильность результата, ответы на вопросы преподавателя.

Самостоятельная работа студента включает самостоятельную проработку теоретического материала по темам и разделам курса, выполнение заданий в форме подборок задач по конкретным темам курса.

Текущая аттестация проводится в форме устного опроса на практических занятиях по теоретическим материалам при защите решений индивидуальных задач, а также контролируется выполнение предусмотренных лабораторных работ.

Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе текущей аттестации представлены в табл. 5.1.

Студент допускается к промежуточной аттестации (экзамен), если в результате изучения разделов дисциплины в рамках текущего контроля по каждой теме выполнено не менее 50 процентов заданий.

Промежуточная аттестация студентов очной формы обучения проводится в форме зачета с оценкой (очное отделение - Зсеместр, заочное отделение – 4семестр).

Зачет с оценкой проводится в письменной форме с использованием ПК. Экзаменационный билет включает в себя одну задачу по моделированию. Время на подготовку – 90 мин. При промежуточном контроле (экзамене) успеваемость студентов оценивается по четырехбалльной системе: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе промежуточной аттестации (очная/заочная форма обучения, зачет с оценкой, 3/4 семестр) представлены в табл. 5.2. Шкала соответствия набранных баллов**и экзаменационной оценки представлена в табл. 5.3.

*Количество баллов рассчитывается в соответствии с таблицей 5.2.

**Количество баллов рассчитывается в соответствии с таблицей 5.3.

Таблица 5.1 –Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе текущей аттестации

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора компетенции	Показатели контроля успеваемости	Критерии и шкала оценивания		Форма контроля
			уровень показателя «недостаточный»	уровень показателя «достаточный»	
ПКС-2 Способен к построению математических и имитационных моделей анализа и оптимизации объектов исследования на основе физических процессов и явлений, выбору численных методов их моделирования или разработки нового алгоритма решения задачи	ИПК (ИПКС)-2.1 – Определяет состав и структуру объекта разработки и исследования на основе анализа первичного технического задания и интерпретации требований системного уровня, спецификации, актуальной нормативной документации по разработке и внедрению по разработке и внедрению ИПК (ИПКС)-2.2 – Производит разбивку объекта разработки и исследований на отдельные функциональные (аппаратные) блоки и разрабатывает спецификации этих блоков ИПК (ИПКС)-2.3 – Использует технические и программные средства при реализации процессов проектирования	<p>Знания: возможности современных технических и программных средств при реализации процесса проектирования, а также знает принципы построения и функционирования систем (приборов, микросистемной техники)</p> <p>Умения: определять состав и структуру объекта разработки и исследования на основе анализа первичного технического задания и интерпретации требований системного уровня, спецификации, актуальной нормативной документации по разработке и внедрению; производить разбивку объекта разработки и исследований на отдельные функциональные (аппаратные) блоки и разрабатывать спецификации этих блоков; использовать технические и программные средства при реализации процессов проектирования</p>	<p>а) отсутствие участия или единичные всегда верные высказывания; б) не умеет использовать технические и программные средства при реализации процесса проектирования, а также не знает принципы построения и функционирования систем (приборов, микросистемной техники)</p> <p>в большей части ответов, а также при выполнении практических и лабораторных работ, не демонстрирует умения определять состав и структуру объекта разработки и исследования на основе анализа первичного технического задания и интерпретации требований системного уровня, спецификации, актуальной нормативной документации по разработке и внедрению; не способен производить разбивку объекта разработки и исследований на отдельные функциональные (аппаратные) блоки и разрабатывает спецификации этих блоков; не умеет</p>	<p>а) принимает активное участие в дискуссиях, демонстрируя имеющиеся знания в рамках изучаемой и смежных естественнонаучных дисциплин; б) умеет использовать технические и программные средства при реализации процесса проектирования, а также знает принципы построения и функционирования систем (приборов, микросистемной техники)</p> <p>Демонстрирует умения определять состав и структуру объекта разработки и исследования на основе анализа первичного технического задания и интерпретации требований системного уровня, спецификации, актуальной нормативной документации по разработке и внедрению; производит разбивку объекта разработки и исследований на отдельные функциональные (аппаратные) блоки и разрабатывает спецификации этих блоков; использует технические и программные средства при</p>	<p>а) Контроль активности участия в дискуссиях на лекциях при работе в интерактивном режиме; б) Устный опрос на практических занятиях и при защите лабораторных работ</p> <p>а) Устный опрос на практических занятиях и при защите лабораторных работ; б) Письменные практические задания и лабораторные работы</p>

			использовать технические и программные средства при реализации процессов проектирования	реализации процессов проектирования	
		<p>Навыки: владеть современными техническими и программными продуктами при реализации процессов проектирования, а также владеть навыками определения состава и структуры объекта исследования и выделения функциональных узлов.</p>	выполнено менее 50 процентов заданий	выполнено не менее 50 процентов заданий	Практические занятия и лабораторные работы
П К С - 4 Способен к выбору оптимальных методов, разработке методики и проведению исследований на основе имитационного моделирования или натурного эксперимента с выбором современных технических средств, анализом и обработкой результатов	ИПК (ИПКС)-4.1 – Обосновывает выбор рационального метода и разрабатывает методику проведения экспериментальных исследований ИПК (ИПКС)-4.3 – Анализирует результаты экспериментов и наблюдений, используя методы анализа научных данных	<p>Знания: методы проведения экспериментальных исследований (численного моделирования), а также знать методы анализа научных данных, получаемых в ходе проведения эксперимента</p> <p>Умения: разрабатывать методику проведения эксперимента (моделирования), а также уметь анализировать полученные данные</p>	<p>а) отсутствие участия или единичные всегда верные высказывания; б) не отвечает на вопросы или при ответе путает методы проведения экспериментальных исследований (численного моделирования), а также не знает методы анализа научных данных, получаемых в ходе проведения эксперимента</p> <p>в большей части ответов, а также при выполнении практических и лабораторных работ, не демонстрирует умения разрабатывать методику проведения эксперимента (моделирования), а также умеет анализировать полученные данные</p>	<p>а) принимает активное участие в дискуссиях, демонстрируя имеющиеся знания в рамках изучаемой и смежных естественнонаучных дисциплин; б) отвечает на вопросы, демонстрируя знание методов проведения экспериментальных исследований (численного моделирования), а также знает методы анализа научных данных, получаемых в ходе проведения эксперимента</p> <p>Демонстрирует умения разрабатывать методику проведения эксперимента (моделирования), а также умеет анализировать полученные данные</p>	<p>а) Контроль активности участия в дискуссиях на лекциях при работе в интерактивном режиме; б) Устный опрос на практических занятиях и при защите лабораторных работ</p> <p>а) Устный опрос на практических занятиях и при защите лабораторных работ; б) Письменные практические задания и лабораторные работы</p>

			умеет анализировать полученные данные		
		<p>Навыки: владеть методами и методиками проведения эксперимента (моделирования), а также владеть методами анализа научных данных</p>	выполнено менее 50 процентов заданий	выполнено не менее 50 процентов заданий	Практические задания и лабораторный работы

Таблица 5.2 – Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе промежуточной аттестации (очная/очно-заочная форма обучения, зачет с оценкой, 3/4 семестр)

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора компетенции	Показатели контроля успеваемости	Критерии и шкала оценивания				Форма контроля
			0 баллов	1 балл	2 балла	3 балла	
ПКС-2 Способен к построению математических и имитационных моделей анализа и оптимизации объектов исследования на основе физических процессов и явлений, выбору численных методов их моделирования или разработки нового алгоритма решения задачи	ИПК (ИПКС)-2.1 – Определяет состав и структуру объекта разработки и исследования на основе анализа первичного технического задания и интерпретации требований системного уровня, спецификации, актуальной нормативной документации по разработке и внедрению ИПК (ИПКС)-2.2 – Производит разбивку объекта разработки и исследований на отдельные функциональные (аппаратные) блоки и разрабатывает спецификации этих блоков	Знания: возможностями современных технических и программных средств при реализации процесса проектирования, а также знает принципы построения и функционирования систем (приборов, микросистемной техники); методы проведения экспериментальных исследований (численного моделирования), а также знать методы анализа научных данных, получаемых в ходе проведения эксперимента	Решение задачи отсутствует. Магистр не имеет представления о возможностях Ansys, о методах решения данной задачи.	Магистр имеет представление о Ansys. Представляет процедуру решения задачи, но некоторые этапы самостоятельно не способен реализовать даже с подсказками и наводящими вопросами преподавателя.	Магистр имеет представление о Ansys. Представляет процедуру решения задачи, но некоторые этапы самостоятельно не способен реализовать. Однако после дискуссии магистр самостоятельно справляется с затруднениями и верно решает задачу.	Задача абсолютно верно решена, магистр четко отвечает на все, возникающие в процессе проверки, вопросы.	Решение задач билета
ПКС-4 Способен к выбору оптимальных методов, разработке методики и проведению исследований на основе имитационного моделирования или натурного эксперимента с выбором современных технических средств, анализом и обработкой результатов	ИПК (ИПКС)-2.3 – Использует технические и программные средства при реализации процессов проектирования ИПК (ИПКС)-4.1 – Обосновывает выбор рационального метода и разрабатывает методику проведения экспериментальных исследований ИПК (ИПКС)-4.3 –	Умения: определять состав и структуру объекта разработки и исследования на основе анализа первичного технического задания и интерпретации требований системного уровня, спецификации, актуальной нормативной документации по разработке и внедрению; производить разбивку объекта разработки и исследований на отдельные функциональные (аппаратные) блоки и разрабатывать					

	<p>Анализирует результаты экспериментов и наблюдений, используя методы анализа научных данных</p> <p>спецификации этих блоков; использовать технические и программные средства при реализации процессов проектирования;</p> <p>разрабатывать методику проведения эксперимента (моделирования), а также уметь анализировать полученные данные</p> <p>Навыки:</p> <p>современными техническими и программными продуктами при реализации процессов проектирования, а также владеть навыками определения состава и структуры объекта исследования и выделения функциональных узлов;</p> <p>владеть методами и методиками проведения эксперимента (моделирования), а также владеть методами анализа научных данных</p>				
--	--	--	--	--	--

Таблица 5.3 – Соответствие набранных баллов* и экзаменационной оценки

Шкала оценивания*	экзаменационная оценка
Суммарное количество баллов	
0 баллов	«неудовлетворительно»
1 балл	«удовлетворительно»
2балла	«хорошо»
3 балла	«отлично»

*) – количество баллов рассчитывается в соответствии с таблицей 5.2.

5.2. Оценочные средства для контроля освоения дисциплины

5.2.1 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в ходе текущего контроля успеваемости

Для текущего контроля знаний и умений студентов по дисциплине проводится комплексная оценка, включающая:

выполнение практических заданий в виде решения задач;

промежуточные контрольные работы по темам и разделам дисциплины;

тестирование в СДО MOODLE по различным темам и разделам дисциплины.

Типовые задачи для самостоятельного решения

Раздел 2.

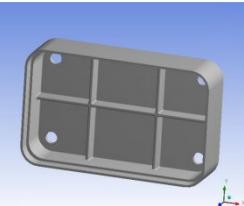
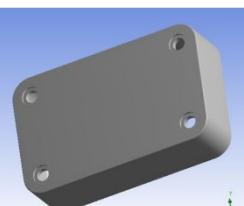
ANSYS Цель учебного примера

Используя подготовленный для этого примера помощник, настроить и произвести прочностной расчет, определив напряжения, прогибы конструкции и коэффициент запаса.

Помощник поможет Вам привыкнуть к интерфейсу и расположению основных элементов.

Постановка задачи:

- Модель представляет собой CAD геометрию в STEP файле и является корпусом устройства (см. рисунок). На корпус действует внешнее давление 1.0 МПа.
- Корпус выполнен из алюминиевого сплава.
- Наша цель – проверить работоспособность конструкции в заданных условиях эксплуатации.



CADFEM®

ANSYS Цель примера

Использовать различные настройки создания конечных элементов в ANSYS Mechanical для улучшения сетки, создаваемой по умолчанию.

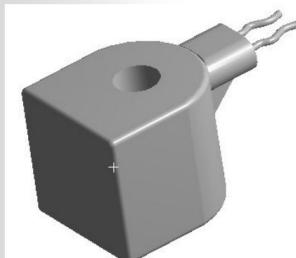
Постановка задачи:

- Модель представляет собой соленоид.
- Последовательность решения: создать сетку по умолчанию, посмотреть получившийся результат, затем добавить новые настройки и улучшить сетку в некоторых областях модели.

2.

© 2013 ANSYS, Inc., ЗАО «КАДФЕМ Си-Ай-Эс»

Release 14.5



CADFEM

Раздел 3.

ANSYS Цель примера

Цель этого примера – определить первые 10 собственных частот и форм колебаний пластины с отверстием.

Пластина выполнена из алюминиевого сплава.

Предположим, что пластина полностью закреплена в отверстии.

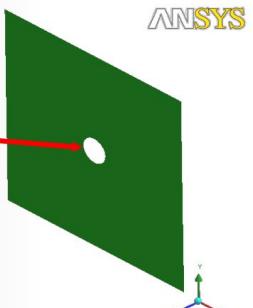
- Так, как если бы она была жестко притянута болтом в отверстии.

1.

© 2012 ANSYS, Inc., ЗАО «КАДФЕМ Си-Ай-Эс»

Release 14.0

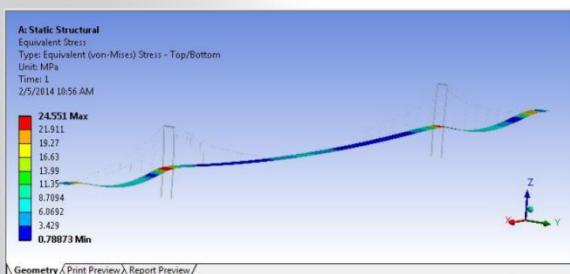
Задокументированное отверстие



CADFEM

ANSYS Цели примера

Цель этого примера – исследовать отклик предварительно нагруженного подвесного моста на сейсмическую нагрузку.



2.

© 2012 ANSYS, Inc., ЗАО «КАДФЕМ Си-Ай-Эс»

Release 14.0

CADFEM

5.2.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе промежуточной аттестации по дисциплине

Раздел 2.

ANSYS Допущения

Учебный пример 6.1 демонстрирует возможности проведения прочностного расчета реечного зацепления ручного пресса, состоящего из 2 деталей: зубчатого колеса и рейки, к которой приложена нагрузка 2500 Н.

Решение производится в плоской постановке (толщина = 12 мм).



1.

© 2013 ANSYS, Inc., ЗАО «КАДФЕМ Си-Ай-Эс»

Release 14.5

CADFEM®

Раздел 3.

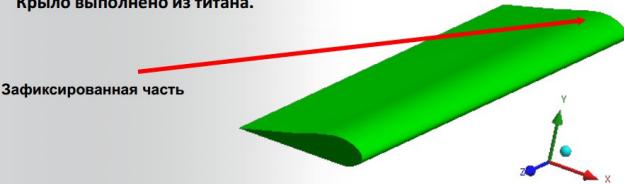
ANSYS Цель примера

Цель этого примера состоит в определении первых 5 собственных частот и формы колебаний предварительно нагруженного крыла самолета.

Один конец крыла полностью зафиксирован.

ANSYS

Крыло выполнено из титана.



2

© 2012 ANSYS, Inc., ЗАО «КАДФЕМ Си-Ай-Эс»

Release 14.0

CADFEM®

Перечень вопросов для подготовки к зачету с оценкой

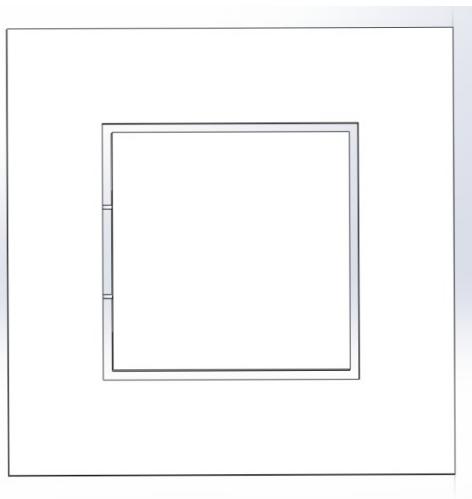
1. Основы Mechanical
2. Подготовка расчетных моделей
3. Создание конечно-элементной модели
4. Статический прочностной анализ
5. Удаленные граничные условия и уравнения связи
6. Компоненты и узловые нагрузки
7. Моделирование связей
8. Генератор объектов
9. Многошаговый расчет
10. Верификация результатов
11. Модальный анализ конструкции
12. Тепловой стационарный расчет
13. Параметры и CAD
14. Модальный анализ
15. Гармонический анализ
16. Спектральный анализ
17. Анализ случайных колебаний
18. Анализ переходных процессов

Пример задачи на зачете

Рассчитайте максимальное отклонение (перемещение) маятника микромеханического акселерометра на резонансной частоте (первая мода колебаний). Амплитуда входного воздействия (ускорения) – $5g$.

Исходные данные: материал – монокристаллический кремний. Плотность - $2332 \text{ кг}/\text{м}^3$; коэффициент Пуассона - $E_{100}=1,295 \times 10^{11} \text{ Па}$; коэффициент Пуассона – 0,27.

Файл геометрии – аксел_маятник.IGS.



5.3. Процедура оценивания результатов обучения по дисциплине

Процедура оценивания результатов обучения по дисциплине «Конечно-элементный анализ микросистемной техники» состоит из следующих этапов:

1. Текущий контроль (описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе текущей аттестации представлены в табл. 5.1, примеры заданий в п. 5.2.1).
2. Промежуточная аттестация (описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе промежуточной аттестации представлены в табл. 5.2-5.3, вопросы и примеры заданий в п. 5.2.2).

Для элементов компетенции ПКС-2,4, формируемых в рамках дисциплины, приводится процедура оценки результатов обучения (табл.5.3).

Таблицы 5.5—Процедура, критерии и методы оценивания результатов обучения

Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов				Методы оценивания
	1 критерий – отсутствие усвоения «неудовлетворительно»	2 критерий – не полное усвоение «удовлетворительно»	3 критерий – хорошее усвоение «хорошо»	4 критерий – отличное усвоение «отлично»	
ПКС-2 ИПКС-2.1 ИПКС-2.2 ИПКС-2.3					
ПКС-4 ИПКС – 4.1 ИПКС – 4.3					
Знания: возможности современных технических и программных средств при реализации процесса проектирования, а также знает принципы построения и функционирования систем (приборов, микросистемной техники); методы проведения экспериментальных исследований (численного моделирования), а также знать методы анализа научных данных, получаемых в ходе проведения эксперимента	Отсутствие усвоения знаний	Недостаточно уверенно понимает и может объяснять полученные знания; в ответах допускает некоторые неточности и ошибки	На достаточно высоком уровне понимает и может объяснять полученные знания; в ответах допускает некоторые неточности, но в ходе дискуссии их исправляет, демонстрируя имеющиеся знания в рамках изучаемой дисциплины	Отлично понимает и может объяснять полученные знания в рамках изучаемой и смежных естественнонаучных дисциплин, демонстрирует самостоятельную познавательную деятельность	a) контроль активности участия в дискуссиях на лекциях при работе в интерактивном режиме; б) устный опрос на практических занятиях при защите решений индивидуальных задач; в) промежуточная аттестация в виде лабораторных работ
Умения: определять состав и структуру объекта разработки и исследования на основе анализа первичного технического задания и интерпретации требований системного уровня, спецификации, актуальной нормативной документации по разработке и внедрению; производить разбивку объекта разработки и исследований на отдельные функциональные (аппаратные) блоки и разрабатывает спецификации этих блоков; использовать технические и программные средства при реализации процессов проектирования; разрабатывать методику проведения эксперимента (моделирования), а также уметь анализировать полученные данные	Не демонстрирует умения определять состав и структуру объекта разработки и исследования на основе анализа первичного технического задания и интерпретации требований системного уровня, спецификации, актуальной нормативной документации по разработке и внедрению; не умеет производить разбивку объекта разработки и исследований на отдельные функциональные (аппаратные) блоки и разрабатывает спецификации этих блоков	Допускает неточности при определении состава и структуры объекта разработки и исследования на основе анализа первичного технического задания и интерпретации требований системного уровня, спецификации, актуальной нормативной документации по разработке и внедрению; не умеет производить разбивку объекта разработки и исследований на отдельные функциональные (аппаратные) блоки и разрабатывает спецификации этих блоков	Допускает неточности при определении состава и структуры объекта разработки и исследования на основе анализа первичного технического задания и интерпретации требований системного уровня, спецификации, актуальной нормативной документации по разработке и внедрению; не умеет производить разбивку объекта разработки и исследований на отдельные функциональные (аппаратные) блоки и разрабатывает спецификации этих блоков; допускает неточности при использовании технических и	Отлично демонстрирует умения определять состав и структуру объекта разработки и исследования на основе анализа первичного технического задания и интерпретации требований системного уровня, спецификации, актуальной нормативной документации по разработке и внедрению; не умеет производить разбивку объекта разработки и исследований на отдельные функциональные (аппаратные) блоки и разрабатывает спецификации этих блоков; допускает неточности при использовании технических и	a) Устный опрос на практических занятиях при защите решений индивидуальных задач; б) Письменные практические задания в виде лабораторных работ в) промежуточная аттестация в виде лабораторных работ

	спецификации этих блоков; использовать технические и программные средства при реализации процессов проектирования; не способен разрабатывать методику проведения эксперимента (моделирования), а также уметь анализировать полученные данные	отдельные функциональные (аппаратные) блоки и разрабатывает спецификации этих блоков; допускает неточности при использовании технических и программных средств при реализации процессов проектирования; ошибается при разработке методики проведения эксперимента (моделирования), а также при анализе полученных данных. Самостоятельно не справляется с исправлением ошибки после замечания преподавателя.	программных средств при реализации процессов проектирования; ошибается при разработке методики проведения эксперимента (моделирования), а также при анализе полученных данных. Самостоятельно исправляет ошибки после замечания преподавателя.	функциональные (аппаратные) блоки и разрабатывает спецификации этих блоков; использует технические и программные средства при реализации процессов проектирования; разрабатывает методику проведения эксперимента (моделирования), а также уметь анализировать полученные данные	
Навыки: современными техническими и программными продуктами при реализации процессов проектирования, а также владеть навыками определения состава и структуры объекта исследования и выделения функциональных узлов; владеть методами и методиками проведения эксперимента (моделирования), а также владеть методами анализа научных данных	Не демонстрирует навыки владения общими принципами, методами и алгоритмами решения задач, а также общими принципами построения и функционирования приборов и систем	Демонстрирует неточности владения общими принципами, методами и алгоритмами решения задач, а также общими принципами построения и функционирования приборов и систем.	Допускает некоторые неточности, но в ходе дискуссии уверенно демонстрирует навыки владения общими принципами, методами и алгоритмами решения задач, а также общими принципами построения и функционирования приборов и систем	Отлично демонстрирует навыки владения общими принципами, методами и алгоритмами решения задач, а также общими принципами построения и функционирования приборов и систем	a) письменные практические задания; б) промежуточная аттестация в виде лабораторных работ

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Учебная литература

6.1.1 Басов, К. А. Ansys для конструкторов/ К.А. Басов – ДМК-Пресс, - 2016г – 248с -7шт

6.2 Справочно-библиографическая литература

6.2.1 Кравчук, А.С. Ansys для инженеров: справочное пособие/ А.С. Кравчук, А.Ф. Смалюк, А.В. Чигарев – М. Машиностроение –2004 – 512с – 6шт.

6.3 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

6.3.1 Курс лекций/ размещены в СДО Moodle по адресу: <https://sdo.api.nntu.ru/course/view.php?id=271>

6.3.2 Практика+лабораторные работы+геометрия/ размещены в СДО MOODLE по адресу: <https://sdo.api.nntu.ru/course/view.php?id=271>

7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля), включая электронные библиотечные и информационно-справочные системы

7.1.1 Курс лекций/ размещены в СДО Moodle по адресу: <https://sdo.api.nntu.ru/course/view.php?id=271>

7.1.2 Практика+лабораторные работы+геометрия/ размещены в СДО MOODLE по адресу: <https://sdo.api.nntu.ru/course/view.php?id=271>

7.1.3 Электронно-библиотечная система издательства «IPRbooks». Режим доступа: www.iprbookshop.ru.

7.1.4 Электронно-библиотечная система издательства «Лань». Режим доступа: [https://e.lanbook.com](http://e.lanbook.com)

7.1.5 Электронная библиотека научных публикаций «eLIBRARY.RU». Режим доступа: <http://elibrary.ru>.

7.2 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства необходимого для освоения дисциплины

Таблица 7.1 – Программное обеспечение

Программное обеспечение, используемое в институте на договорной основе	Программное обеспечение свободного распространения
Microsoft Windows 7 (подписка MSDN 4689, подписка DreamSparkPremium, договор № Tr113003 от 25.09.14)	
Ansys	

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 8.1 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования.

Таблица 8.1 – Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
--	---

Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
ЭБС «IPRbooks»	Специальное мобильное приложение IPR BOOKS WV-Reader
ЭБС «Лань»	Синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Учебные аудитории для проведения занятий по дисциплине (модулю), оснащены оборудованием и техническими средствами обучения.

В таблице 9.1 перечислены:

- учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения;
- помещения для самостоятельной работы обучающихся, которые оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду АПИ НГТУ.

Таблица 9.1 – Оснащенность аудиторий и помещений для проведения занятий и самостоятельной работы студентов по дисциплине (модулю)

Наименование аудиторий и помещений для проведения занятий и самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий и помещений для проведения занятий и самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
218 – мультимедийная учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации г. Арзамас, ул. Калинина, 19	Комплект демонстрационного оборудования: - ПК с выходом на мультимедийный проектор на базе Pentium IV / 2,60GHz / 1,99G / 297G/18,5 – 1 шт. - Проектор BenQ MX764 – 1 шт. - Экран – 1 шт. ПК подключен к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в ЭИОС института	<ul style="list-style-type: none"> • Microsoft Windows7 (подписка DreamSpark Premium, договор №Tr113003 от 25.09.14) • Gimp 2.8 (свободное ПО, лицензия GNU GPLv3); • Microsoft Office Professional Plus 2007 (лицензия № 42470655); • Open Office 4.1.1 (свободное ПО, лицензия Apache License 2.0) • Adobe Acrobat Reader (FreeWare); • 7-zip для Windows (свободнораспространяемое ПО, лицензия GNU LGPL); Dr.Web (Сертификат №EL69-RV63-YMBJ-N2G7 от 14.05.19).
ауд.5 (кафедра АПУ) - Лаборатория "АУ и САПР" 607227, Нижегородская область, г. Арзамас, ул. Калинина, дом 19	персональный компьютер с подключением к интернету - 5, доска магнитно-маркерная, посадочных мест - 19, лабораторный стенд "Теория автоматического управления", учебный стенд "Виброзащита", шкаф для методической литературы, лабораторные столы - 2шт.	Пакет Microsoft Office Пакет прикладных программ:MatLab, Ansys, Solid Works

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

10.1 Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии

Пример.

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа проводится в аудиторной и внеаудиторной форме, а также в электронной информационно-образовательной среде института (далее – ЭИОС). В случае проведения части контактной работы по дисциплине в ЭИОС (в соответствии с расписанием учебных занятий), трудоемкость контактной работы в ЭИОС эквивалентна аудиторной работе.

При преподавании дисциплины «Конечно-элементный анализ микросистемной техники», используются современные образовательные технологии, позволяющие повысить активность студентов при освоении материала курса и предоставить им возможность эффективно реализовать часы самостоятельной работы.

Весь лекционный материал курса, а также материалы для практических занятий находятся в свободном доступе в системе MOODLE на странице курса «Конечно-элементный анализ микросистемной техники» по адресу: <https://sdo.api.nntu.ru/course/view.php?id=271> и могут быть проработаны студентами до чтения лекций в ходе самостоятельной работы. Это дает возможность обсудить материал со студентами во время чтения лекций, активировать их деятельность при освоении материала.

На лекциях и практических занятиях реализуются интерактивные технологии, приветствуются вопросы и обсуждения, используется личностно-ориентированный подход, дискуссионные технологии, технологии работы в малых группах, что позволяет студентам проявить себя, получить навыки самостоятельного изучения материала, выровнять уровень знаний в группе.

Все вопросы, возникшие при самостоятельной работе над домашним заданием, подробно разбираются на практических занятиях и лекциях. Проводятся индивидуальные и групповые консультации с использованием, как встреч со студентами, так и современных информационных технологий, таких как форум, чат, внутренняя электронная почта СДО MOODLE.

Инициируется активность студентов, поощряется задание любых вопросов по материалу, практикуется индивидуальный ответ на вопросы студента.

Для оценки знаний, умений и уровня сформированности компетенции в процессе текущего контроля применяется система контроля и оценки успеваемости студентов, представленная в табл. 5.1. Промежуточная аттестация проводится в форме зачета с использованием системы контроля и оценки успеваемости студентов, представленной в табл. 5.2.

10.2 Методические указания для занятий лекционного типа

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины (см. табл. 4.1, 4.2). Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложных и важных положениях изучаемого материала. Материалы лекций являются основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

10.3. Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах

Подготовку к каждой лабораторной работе студент должен начать с ознакомления с планом занятия, который отражает содержание предложенной темы. Каждая выполненная работа с

оформленным отчетом и подлежит защите у преподавателя.

При оценивании лабораторных работ учитывается следующее:

- правильность и полнота выполнения, а также полученный результат;
- качество оформления отчета по работе;
- качество устных ответов на контрольные вопросы при защите работы.

10.4 Методические указания по освоению дисциплины на занятиях семинарского типа

Практические (семинарские) занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы. Основной формой проведения практических занятий является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также решение задач и разбор примеров в аудиторных условиях.

Практические (семинарские) занятия обеспечивают:

- проверку и уточнение знаний, полученных на лекциях;
- развитие умений и навыков дискуссионного обсуждения вопросов по учебному материалу дисциплины, выработки собственной позиции по актуальным вопросам (проблемам);

подведение итогов занятий (результаты тестирования, готовность отчетов по практическим занятиям, готовность домашних заданий, выполненных в ходе самостоятельной работы).

Приводятся конкретные методические указания для обучающихся по подготовке доклада, выполнению реферата или эссе, требования к их оформлению, порядок сдачи.

10.5 Методические указания по самостоятельной работе обучающихся

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

В процессе самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение основной учебной и справочно-библиографической литературы, представленной в разделе 6.

Для выполнения самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут использовать специализированные аудитории (см. табл. 9.1), оборудование которых обеспечивает доступ через «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде института и электронной библиотечной системе, где располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы.

Для обучающихся по заочной форме обучения самостоятельная работа является основным видом учебной деятельности.

10.6. Методические указания для выполнения РГР

Учебным планом не предусмотрено

10.7. Методические указания для выполнения курсового проекта / работы

Учебным планом не предусмотрено.

10.8 Методические указания по обеспечению образовательного процесса

1. Методические рекомендации по организации аудиторной работы. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электронный адрес:https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/upravleniya/umu/docs/metod_docs_ngtu/metod_rekom_auditorii.PDF.

2. Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы студентов по дисциплине. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева,

протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электронный адрес:
https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/upravleniya/umu/docs/metod_docs_ngtu/metod_rekom_srs.PDF.

3. Учебное пособие «Проведение занятий с применением интерактивных форм и методов обучения», Ермакова Т.И., Ивашкин Е.Г., 2013 г. Электронный адрес:
https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/upravleniya/umu/docs/metod_docs_ngtu/provedenie-zanyatiy-s-primeneniem-interakt.pdf.

4. Учебное пособие «Организация аудиторной работы в образовательных организациях высшего образования», Ивашкин Е.Г., Жукова Л.П., 2014 г. Электронный адрес:
https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/upravleniya/umu/docs/metod_docs_ngtu/organizaciya-auditornoj-raboty.pdf.

**Дополнения и изменения в рабочей программе дисциплины
на 20____/20____ уч. г.**

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института:

Глебов В.В.
«____»____ 20____ г.

В рабочую программу вносятся следующие изменения:

1)

2)

или делается отметка о нецелесообразности внесения каких-либо изменений на данный учебный год

Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры, протокол от _____ №_____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) _____ (ФИО)

Утверждено УМК АПИ НГТУ, протокол от _____ №_____

Зам. директора по УР _____ Шурыгин А.Ю.
(подпись)

Согласовано:

Начальник УО _____ Мельникова О.Ю.
(подпись)

(в случае, если изменения касаются литературы):

Заведующая отделом библиотеки _____ Старостина О.Н.
(подпись)