Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра полупроводниковых приборов и микроэлектроники

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН РЭФ
к.т.н. Стрельцов С. А.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ НЕКВАЛИФИЦИРОВАННОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
31.08.2026
Владелец: к.т.н. Стрельцов С. А.
Срок действия: не ограничен
Адрес хранения электронного документа:
https://www.nstu.ru/university/info/sveden/education

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Проектирование и технология электронной компонентной базы

Образовательная программа: 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, магистерская программа: Материалы микро- и наносистемной техники

Курс: 1, семестры : 1 2

Факультет радиотехники и электроники,

		Семестр	
№	**Вид деятельности**	**1**	**2**
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	2	2
2	Всего часов	72	72
3	Всего занятий в контактной форме, час.	20	20
4	Лекции, час.	8	8
5	Практические занятия, час.	8	8
6	Лабораторные занятия, час.	0	0
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	5	3
8	из них практической подготовки, час.	5	4
9	Аттестация, час.	2	2
10	Консультации, час.	2	2
11	Самостоятельная работа, час.	52	52
12	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ(Р)/реферат, подготовка к контрольной работе)	Р	
13	Вид аттестации	3	3

Новосибирск 2026

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

ФГОС введен в действие приказом №921 от 19.09.2017 г. , дата утверждения: 10.10.2017 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Факультативные дисциплины, формируемая участниками образовательных отношений

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ППиМЭ, 31.08.2026

Утверждена на совете факультета радиотехники и электроники, протокол № 8 от 31.08.2026

Заведующий кафедрой:

доцент, к.т.н. Остертак Д. И.

Ответственный за образовательную программу:

заведующий кафедрой Остертак Д. И.

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Группа	Компетенции
	Индикаторы достижения компетенций
Профессиональные компетенции	ПК-1/НА Готов формулировать цели и задачи научных исследований в области нанотехнологии и микросистемной техники, обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач
	ПК-1/НА. 1 Знает принципы построения и функционирования изделий нанотехнологии и микросистемной техники
Профессиональные компетенции	ПК-2/НА Готов разрабатывать методики проведения исследований и измерений параметров и характеристик изделий нанотехнологии и микросистемной техники, анализировать их результаты
	ПК-2/НА. 1 Знает структуру методики проведения исследований и измерений параметров и характеристик
Профессиональные компетенции	ПК-3/НА Готов разрабатывать физические и математические модели, проводить компьютерное моделирование исследуемых физических процессов в области нанотехнологии и микросистемной техники
	ПК-3/НА. 2 Умеет формулировать и решать задачи, использовать математический аппарат и численные методы для анализа, синтеза и компьютерного моделирования объектов нанотехнологии и микросистемной техники

2. Требования НГТУ к планируемым результатам обучения, соотнесенным с индикаторами достижения компетенций

Таблица 2.1

Индикаторы достижения компетенций	Формы организации занятий
Результаты обучения	
ПК-1/НА. 1 Знает принципы построения и функционирования изделий нанотехнологии и микросистемной техники	
Знать понятийный аппарат (терминологию) дисциплины	Практические занятия; Самостоятельная работа
Знать технологические нормы проектирования электронной компонентной базы, применяемые ведущими отечественными предприятиями электронной промышленности.	Практические занятия; Самостоятельная работа
ПК-2/НА. 1 Знает структуру методики проведения исследований и измерений параметров и характеристик	
Знать перечень основных физических параметров, применяемых для составления конечно-элементной модели проектируемого устройства.	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
Знать и применять справочную систему (справку), интегрированную в систему автоматизированного проектирования электронных компонент.	Лекции; Самостоятельная работа
Знать основные этапы проектирования электронной компонентной базы и место изучаемой САПР в этом проектировании.	Практические занятия; Самостоятельная работа
Знать смысл и назначение основных команд, применяемых при создании конечно-элементной модели проектируемых электронных компонент.	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
Знать функциональное назначение основных и вспомогательных меню системы автоматизированного проектирования электронных компонент.	Лекции; Самостоятельная работа
Знать перечень основных типов конечных элементов, применяемых при создании модели проектируемых электронных компонент.	Лекции; Самостоятельная работа
ПК-3/НА. 2 Умеет формулировать и решать задачи, использовать математический аппарат и численные методы для анализа, синтеза и компьютерного моделирования объектов нанотехнологии и микросистемной техники	

Уметь применять основные физические принципы, эффекты и процессы, лежащие в основе функционирования проектируемых электронных компонент.	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
Уметь находить в справочной системе (справке) требуемую научно-техническую информацию.	Лекции; Самостоятельная работа
Уметь получать необходимую информацию из источников, представленных на иностранном языке.	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
Уметь конкретизировать общую задачу в виде параметров модели на внутреннем языке программирования САПР.	Лекции; Самостоятельная работа
Уметь создавать геометрию модели проектируемого устройства, задавать граничные и начальные условия, прикладывать внешние и внутренние (встроенные) нагрузки.	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
Уметь осуществлять анализ полученных результатов и их сопоставление с результатами аналитического расчета, полученными ранее.	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
Уметь осуществлять вывод полученных результатов для их последующего анализа.	Лекции; Самостоятельная работа
Уметь объяснить назначение и смысл основных команд, применяемых в системе автоматизированного проектирования электронных компонент.	Лекции; Самостоятельная работа
Владеть основными навыками составления программ (скриптов) на внутреннем языке программирования в системе автоматизированного проектирования ANSYS Workbench.	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
Иметь опыт практического проведения различных видов анализа в САПР ANSYS Workbench.	Лекции; Самостоятельная работа
Владеть основными навыками работы с графическим интерфейсом Workbench системы автоматизированного проектирования ANSYS Workbench.	Лекции; Самостоятельная работа
Иметь опыт самостоятельного решения поставленной проектной задачи.	Лекции; Самостоятельная работа
Уметь адаптировать построенную конечно-элеметную модель под конкретные нормы проектирования.	Лекции; Самостоятельная работа

3. Содержание и структура дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 1					
Дидактическая единица: Изучение основных особенностей программной оболочки ANSYS Worksbench, в т.ч.: графического интерфейса, командной строки, командного режима, видов анализа, справочной системы, библиотеки свойств материалов, библиотеки конечных элементов. Построение первых конечно-элементных моделей.					

1. Знакомство с ANSYS Workbench.	2	0	0	ПК-2/НА.1, ПК-3/НА.2	Изучение расположения основных и вспомогательных паналей ANSYS Workbench, назначения кнопок на основных и вспомогательных панелях. Изучение перечня основных видов анализа и возможностей графического интерфейса ANSYS Workbench. Изучение структуры справочной системы ANSYS, знакомство с библиотекой конечных элементов. Поиск в справочной системе ANSYS информации по заданному вопросу.
Дидактическая единица: Стуктурный анализ в ANSYS, в т.ч.: статический (линейный и нелинейный), модальный, транзиентный (анализ переходных процессов), гармонческий, спектральный.					
2. Статический структурный анализ.	2	0	0	ПК-2/НА.1, ПК-3/НА.2	Изучение особенностей выполнения в ANSYS статического структурного анализа на примере построения простейшей конечно-элементной модели жёстко защемленной кремниевой пластинки. Самостоятельная разработка и реализация программы на внутреннем языке программирования ANSYS, задающей и рассчитывающей механические характеристики кремниевой жестко защемленной пластинки, получение и интерпретация результатов расчета.
3. Модальный и транзиентный (нестационарный) структурный анализ.	2	0	0	ПК-3/НА.2	Изучение особенностей выполнения в ANSYS модального и транзиентного (нестационарного) структурного анализа, интерпретация полученных результатов.Самостоятельная разработка и реализация программы на внутреннем языке программирования ANSYS.

Дидактическая единица: Тепловой анализ в ANSYS, в т.ч. анализ процессов теплопроводности, конвекции и излучения в различных структурах.					
4. Теплообмен за счет теплопроводности.	1	0	0	ПК-2/НА.1, ПК-3/НА.2	Изучение особенностей выполнения в ANSYS теплового анализа различных структур с заданными тепловыми граничными условиями. Самостоятельная разработка и реализация программ на внутреннем языке программирования ANSYS, задающей и рассчитывающей поля распределения температур и тепловые потоки от нагретых тел различной формы, получение и интерпретация результатов расчета.
5. Конвективный и радиационный теплообмен.	1	0	0	ПК-2/НА.1, ПК-3/НА.2	Изучение особенностей выполнения в ANSYS теплового анализа различных структур с заданными граничными условиями конвективного и радиационного теплообмена. Самостоятельная разработка и реализация программ на внутреннем языке программирования ANSYS, задающей и рассчитывающей поля распределения температур и тепловые потоки от нагретых тел различной формы, получение и интерпретация результатов расчета.
Семестр: 2					
Дидактическая единица: Связанные виды анализа в ANSYS, в т.ч.: структурно-тензорезистивный, структурно-пьезоэлектрический, термомеханический, термоэлектрический, низкочастотный электромеханический анализы.					

6. Структурно-тензорезистивный анализ.	2	0	0	ПК-2/НА.1, ПК-3/НА.2	Изучение особенностей выполнения в ANSYS структурно-тензорезистивного анализа на примере построения и расчета конечно-элементной модели четырехконтактного тензопреобразователя типа X-ducer, расположенного на жёстко защемленной кремниевой пластинке. Самостоятельная разработка и реализация программы на внутреннем языке программирования ANSYS, задающей и рассчитывающей распределение электрических потенциалов в пределах области растекания тока, получение и интерпретация результатов расчета.
7. Структурно-пьезоэлектрический анализ.	2	0	0	ПК-2/НА.1, ПК-3/НА.2	Изучение особенностей выполнения в ANSYS структурно-пьезоэлектрического анализа. Самостоятельная разработка и реализация программы на внутреннем языке программирования ANSYS, задающей и рассчитывающей распределение деформаций и механических напряжений под влиянием поданной разности потенциалов.
8. Термомеханический и термоэлектрический виды анализа.	2	0	0	ПК-2/НА.1, ПК-3/НА.2	Изучение особенностей выполнения в ANSYS термомеханического и териоэлектрического видов анализа. Самостоятельная разработка и реализация нескольких программ на внутреннем языке программирования ANSYS, рассчитывающих распределение деформаций, механических напряжений и электрических потенциалов в различных условиях.

9. Моделирование сложных микросистем.	2	0	0	ПК-3/НА.2	Составление геометрической модели кремниевого торсионного микрозеркала, подготовка и реализация программы на внутреннем языке ANSYS, проведение низкочастотного электромеханического анализа, определение собственных частот колебаний структуры и других частотных характеристик, получение полей механических напряжений в деформированной структуре.

Темы практических занятий	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 1					
Дидактическая единица: Изучение основных особенностей программной оболочки ANSYS Worksbench, в т.ч.: графического интерфейса, командной строки, командного режима, видов анализа, справочной системы, библиотеки свойств материалов, библиотеки конечных элементов. Построение первых конечно-элементных моделей.					
1. Метод конечных элементов и его реализация в программной оболочке ANSYS.	2	1	1	ПК-2/НА.1, ПК-3/НА.2	Изучение особенностей метода конечных элементов и его реализации в программной оболочке ANSYS. Знакомство с командами, задающими геометрию создаваемой модели. Построение первых моделей.
Дидактическая единица: Стуктурный анализ в ANSYS, в т.ч.: статический (линейный и нелинейный), модальный, транзиентный (анализ переходных процессов), гармонческий, спектральный.					
2. Расчет прогибов и механических напряжений в кремниевой жестко защемленной пластинке.	2	1	1	ПК-1/НА.1, ПК-2/НА.1, ПК-3/НА.2	Знакомство с методикой расчета параметров упругих элементов путем аналитического решения задач о характере распределения прогибов и механических напряжений в тонкой квадратной жёстко защемленной кремниевой пластинке под воздействием поданного на нее давления.

3. Расчет механических напряжений и собственных частот колебаний кремниевого торсионного микроактюатора.	2	1	1	ПК-1/НА.1, ПК-2/НА.1, ПК-3/НА.2	Расчет механических напряжений и собственных частот колебаний кремниевого торсионного микроактюатора (кремниевой пластинки, свободно подвешенной на двух торсионах).
Дидактическая единица: Тепловой анализ в ANSYS, в т.ч. анализ процессов теплопроводности, конвекции и излучения в различных структурах.					
4. Закон Фурье. Анализ процессов теплопроводности.	1	1	1	ПК-1/НА.1, ПК-2/НА.1, ПК-3/НА.2	Расчет кремниевых микроструктур при помощи составления и анализа тепловых цепей на основании аналогии между процессами теплопроводности и электропроводности
5. Конвективный и радиационный теплообмен.	1	1	1	ПК-1/НА.1, ПК-2/НА.1, ПК-3/НА.2	Расчет тепловых режимов работы кремниевых микроструктур с учетом граничных условий конвекции и излучения.
Семестр: 2					
Дидактическая единица: Связанные виды анализа в ANSYS, в т.ч.: структурно-тензорезистивный, структурно-пьезоэлектрический, термомеханический, термоэлектрический, низкочастотный электромеханический анализы.					
6. Моделирование четырехконтактного кремниевого тензопреобразователя.	2	1	1	ПК-2/НА.1, ПК-3/НА.2	Моделирование четырехконтактного кремниевого тензопреобразователя с областью растекания тока прямоугольной формы, с точечными потенциальными контактами, расположенного на краю жестко защемленной квадратной кремниевой пластины.
7. Моделирование четырехконтактного кремниевого тензопреобразователя с областью растекания тока специальной формы.	2	1	1	ПК-1/НА.1, ПК-2/НА.1, ПК-3/НА.2	Расчет коэффициента формы, геометрической поправочной функции, входного и выходного сопротивлений четырехконтактного кремниевого тензопреобразователя с областью растекания тока типа "Греческий крест", расположенного на краю жестко защемленной квадратной кремниевой пластины.
Дидактическая единица: Особенности организации процесса проектирования электронных компонент в условиях современного промышленного производства					

8. Структура и особенности организации современного промышленного производства электронных компонент.	2	1	1	ПК-1/НА.1, ПК-2/НА.1	Знакомство с особенностями организации процесса проектирования и изготовления электронных компонент. Причины разделения предприятий мировой электронной промышленности на Fabless и Foundry. Основное направление деятельности предприятий первой и второй группы, структура их основных доходов и расходов. Необходимые условия для работы предприятий первой и второй группы. Роль и место инженера-конструктора в Fabless компании и инженера-технолога в Foundry компании. Технологические нормы проектирования электронных компонент и ограничения, наложенные в связи с этим.
9. Основные тенденции в развитии микро/наноэлектроники.	2	1	0	ПК-3/НА.2	Знакомство с основными направлениями развития микро- и наноэлектроники, основными тенденциями в ее развитии, обзор основных достижений на различных направлениях. Представление докладов по заранее определенным темам.

Темы для самостоятельного изучения	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 1					
Дидактическая единица: Изучение основных особенностей программной оболочки ANSYS Worksbench, в т.ч.: графического интерфейса, командной строки, командного режима, видов анализа, справочной системы, библиотеки свойств материалов, библиотеки конечных элементов. Построение первых конечно-элементных моделей.					
1. Знакомство с ANSYS Workbench.	2	0	0	ПК-1/НА.1	Изучение учебной и учебно-методической литературы в рамках подготовки к практическому и либораторному занятиям.
Дидактическая единица: Стуктурный анализ в ANSYS, в т.ч.: статический (линейный и нелинейный), модальный, транзиентный (анализ переходных процессов), гармонческий, спектральный.					

2. Введение в теорию прогибов и механических напряжений в кремниевых жестко защемленных упругих элементах, возникающих при подаче на них внешнего давления.	2	0	0	ПК-1/НА.1, ПК-2/НА.1, ПК-3/НА.2	Знакомство с основным понятийным аппаратом теории упругости, изучение соответствующей теме учебной литературы.
3. Знакомство с теорией упругих колебаний кремниевых упругих элементов.	2	0	0	ПК-1/НА.1, ПК-2/НА.1, ПК-3/НА.2	Знакомство с теорией упругих колебаний кремниевых упругих элементов, методикой расчета собственных частот, изучение соответстуующей теме учебной литературы.
Дидактическая единица: Тепловой анализ в ANSYS, в т.ч. анализ процессов теплопроводности, конвекции и излучения в различных структурах.					
4. Закон Фурье. Уравнение теплопроводности. Аналогия между процессами теплопроводности и электропроводности.	2	0	0	ПК-1/НА.1, ПК-2/НА.1, ПК-3/НА.2	Знакомство с основным понятийным аппаратом теории теплопроводности в электронных приборах, изучение соответствующей теме учебной литературы.
5. Закон Ньютона. Критерии подобия. Конвективный и радиационный теплообмен.	2	0	0	ПК-1/НА.1, ПК-2/НА.1, ПК-3/НА.2	Знакомство с основным понятийным аппаратом теории конвективного и радиационного теплообмена в электронных приборах, изучение соответствующей теме учебной литературы.
Семестр: 2					
Дидактическая единица: Связанные виды анализа в ANSYS, в т.ч.: структурно-тензорезистивный, структурно-пьезоэлектрический, термомеханический, термоэлектрический, низкочастотный электромеханический анализы.					
6. Тензорезистивный эффект в металлах и полупроводниках.	2	0	0	ПК-2/НА.1, ПК-3/НА.2	Знакомство с основным понятийным аппаратом теории тензорезистивного эффекта в металлах и полупроводниках, изучение соответствующей теме учебной литературы.
7. Сдвиговый тензорезистивный эффект в кремнии.	2	0	0	ПК-2/НА.1, ПК-3/НА.2	Знакомство с основным понятийным аппаратом теории сдвигового тензорезистивного эффекта в кремнии, изучение соответствующей теме учебной литературы. Знакомство с основным принципом работы тензопреобразователя давления типа X-ducer.

8. Прямой и обратный пьезоэлектрический эффект.	2	0	0	ПК-2/НА.1, ПК-3/НА.2	Знакомство с основным понятийным аппаратом теории прямого и обратного пьезоэлектрического эффекта в металлах и полупроводниках, изучение соответствующей теме учебной литературы.
9. Термомеханические напряжения в деформированном кремнии.	2	0	0	ПК-2/НА.1, ПК-3/НА.2	Знакомство с причинами возникновения термомеханических напряжений в деформированных кремниевых структурах, способами их учета и путях устранения, изучение соответствующей теме учебной литературы.
10. Термоэлектрические явления. Эффекты Пельтье и Томсона.	2	0	0	ПК-2/НА.1, ПК-3/НА.2	Знакомство с термоэлектрическими явлениями на примере эффектов Пельтье и Томсона, со способами расчета электрических полей в элементах Пельтье, изучение соответствующей теме учебной литературы.
11. Торсионные микрозеркала.	2	0	0	ПК-2/НА.1, ПК-3/НА.2	Знакомство с современными сложными микросистемами на примере устройства и физики работы торсионного микрозеркала, изучение соответствующей теме научной и учебной литературы.
Дидактическая единица: Особенности организации процесса проектирования электронных компонент в условиях современного промышленного производства					
12. Основные направления, тенденции развития и достижения в микро- и наноэлектронике	4	0	0	ПК-2/НА.1, ПК-3/НА.2	Поиск научной литературы, её анализ и составление электронной презентации, отражающей определенное направление развития современной микро- и наноэлектроники (по выбору преподавателя), совершенствование её компонентной базы, основные тенденции развития и достижения на настоящее время.

3.1 Практическая подготовка

Таблица 3.2

№	Темы занятий	Формы организации занятий	Содержание практической подготовки (виды работ)
1	Метод конечных элементов и его реализация в программной оболочке ANSYS.	Пр	Выполняет следующие виды работ: решение задач
2	Расчет прогибов и механических напряжений в кремниевой жестко защемленной пластинке.	Пр	Выполняет следующие виды работ: решение задач
3	Расчет механических напряжений и собственных частот колебаний кремниевого торсионного микроактюатора.	Пр	Выполняет следующие виды работ: решение задач
4	Закон Фурье. Анализ процессов теплопроводности.	Пр	Выполняет следующие виды работ: решение задач
5	Конвективный и радиационный теплообмен.	Пр	Выполняет следующие виды работ: решение задач
6	Моделирование четырехконтактного кремниевого тензопреобразователя.	Пр	Выполняет следующие виды работ: решение задач
7	Моделирование четырехконтактного кремниевого тензопреобразователя с областью растекания тока специальной формы.	Пр	Выполняет следующие виды работ: решение задач
8	Структура и особенности организации современного промышленного производства электронных компонент.	Пр	Выполняет следующие виды работ: решение задач
9	Основные тенденции в развитии микро/наноэлектроники.	Пр	Выполняет следующие виды работ: решение задач

3.2 Самостоятельная работа обучающегося

Таблица 3.3

№	Виды самостоятельной работы	Индикаторы достижения компетенций	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 1				
1	РГЗ/Реферат	ПК-1/НА.1,ПК-2/НА.1,ПК-3/НА.2	32	0
Подготовка и реализация средствами САПР ANSYS Workbench программы расчета физической модели конструктивного элемента устройства. Составление обзора литературы по различным методам конечно-элементного анализа, реализованными в ANSYS Workbench.: Гридчин А. В. Проектирование электронной компонентной базы в ANSYS WORKBENCH : [учебное пособие] / А. В. Гридчин, В. А. Колчужин, В. А. Гридчин ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2016. - 80, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234016				
2	Подготовка к аттестации	ПК-1/НА.1,ПК-2/НА.1,ПК-3/НА.2	10	2
Консультация при подготовке к экзамену, ответы на вопросы.: Гридчин А. В. Проектирование электронной компонентной базы в ANSYS WORKBENCH : [учебное пособие] / А. В. Гридчин, В. А. Колчужин, В. А. Гридчин ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2016. - 80, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234016				
3	Самостоятельное изучение теоретического материала	ПК-1/НА.1,ПК-2/НА.1,ПК-3/НА.2	10	0
Студент изучает темы, приведенные в таблице 3.1 : Гридчин А. В. Проектирование электронной компонентной базы в ANSYS WORKBENCH : [учебное пособие] / А. В. Гридчин, В. А. Колчужин, В. А. Гридчин ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2016. - 80, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234016				

Семестр: 2				
1	Подготовка к аттестации	ПК-1/НА.1,ПК-2/НА.1,ПК-3/НА.2	36	2
Консультация при подготовке к экзамену, ответы на вопросы.: Гридчин А. В. Проектирование электронной компонентной базы в ANSYS WORKBENCH : [учебное пособие] / А. В. Гридчин, В. А. Колчужин, В. А. Гридчин ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2016. - 80, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234016				
2	Самостоятельное изучение теоретического материала	ПК-2/НА.1,ПК-3/НА.2	16	0
Студент изучает темы, приведенные в таблице 3.1 : Гридчин А. В. Проектирование электронной компонентной базы в ANSYS WORKBENCH : [учебное пособие] / А. В. Гридчин, В. А. Колчужин, В. А. Гридчин ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2016. - 80, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234016				

3.3 Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 3.4).

Таблица 3.4

Деятельность	Информационно-коммуникационные технологии
Информирование	Портал НГТУ; Социальные сети
Консультирование	e-mail
Размещение учебных материалов	ЭБС

4. Правила аттестации обучающихся по дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставлять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS. Краткая информация о БРС приведена в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Оцениваемые виды деятельности обучающихся	Мин. балл	Максимальный балл
Семестр: 1		
Лекция:	10	20
Практические занятия:	10	20
РГЗ/Реферат:	20	40
Контролирующие материалы приводятся в "Гридчин А. В. Проектирование электронной компонентной базы в ANSYS WORKBENCH : [учебное пособие] / А. В. Гридчин, В. А. Колчужин, В. А. Гридчин ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2016. - 80, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234016"		
Зачет:	10	20
Контролирующие материалы приводятся в "Гридчин А. В. Проектирование электронной компонентной базы в ANSYS WORKBENCH : [учебное пособие] / А. В. Гридчин, В. А. Колчужин, В. А. Гридчин ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2016. - 80, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234016"		
Семестр: 2		
Лекция:	20	40
Практические занятия:	20	40
Зачет:	10	20
Контролирующие материалы приводятся в "Гридчин А. В. Проектирование электронной компонентной базы в ANSYS WORKBENCH : [учебное пособие] / А. В. Гридчин, В. А. Колчужин, В. А. Гридчин ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2016. - 80, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234016"		

В таблице 4.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 4.2

Коды компетенций	Индикаторы достижения компетенций	Формы контроля	
		Защита РГЗ/Р	Зачет
ПК-1/НА	ПК-1/НА 1. Знает принципы построения и функционирования изделий нанотехнологии и микросистемной техники	+	+
ПК-2/НА	ПК-2/НА 1. Знает структуру методики проведения исследований и измерений параметров и характеристик	+	+
ПК-3/НА	ПК-3/НА 2. Умеет формулировать и решать задачи, использовать математический аппарат и численные методы для анализа, синтеза и компьютерного моделирования объектов нанотехнологии и микросистемной техники	+	+

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

5. Литература

Основная литература

1. Гридчин В. А. Физика микросистем. Ч. 2 : [учебное пособие для вузов] / В. А. Гридчин, И. Г. Неизвестный, В. Н. Шумский ; [Новосиб. гос. техн. ун-т]. - Новосибирск, 2006. - 495 с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000066370

2. Гридчин А. В. Физические основы микросистемной техники. Моделирование в ANSYS Mechanical : учебное пособие / А. В. Гридчин ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2026.- 199, [1] с. : ил.- Текст : непосредственный.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=230228

3. Ивликов С. Ю. Основы конечно-элементного моделирования в системе ANSYS : учебное пособие / С. Ю. Ивликов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2007. - 66, [1] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000077935. - Инновационная образовательная программа НГТУ "Высокие технологии".

Дополнительная литература

1. Гридчин В. А. Физика микросистем. Ч. 1 : [учебное пособие для вузов] / В. А. Гридчин, В. П. Драгунов ; [Новосиб. гос. техн. ун-т]. - Новосибирск, 2004. - 415 с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000031699

2. Madenci E. The Finite Element Method and Applications in Engineering Using Ansys® [electronic resource] / / by Erdogan Madenci, Ibrahim Guven. - Boston, MA :, 2006. : v.: digital // Springer e-books. - Режим доступа: http://dx.doi.org/10.1007/978-0-387-28290-9

Интернет-ресурсы

1. ANSYS Student [Electronic resource] // ANSYS. - ANSYS, Inc., 2016. - Mode of access: http://www.ansys.com/Student. - Title from screen.

6. Методическое и программное обеспечение, информационные технологии

6.1 Методическое обеспечение

1. Гридчин А. В. Проектирование электронной компонентной базы в ANSYS WORKBENCH : [учебное пособие] / А. В. Гридчин, В. А. Колчужин, В. А. Гридчин ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2016. - 80, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234016

6.2 Специализированное программное обеспечение

1 набор инструментов инженерного моделирования ANSYS Ansys Academic Research

2 Программный комплекс для моделирования технологических процессов в микро- и наноэлектротехнике Ansys 11.0 ANSYS Inc ANSYS ACADEMIC Mechanical HPC

6.3 Информационные технологии

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине применяются элементы дистанционных образовательных технологий, а также синхронного и асинхронного взаимодействия в электронной информационно-образовательной среды НГТУ.

7. Материально-техническое обеспечение

Специальное оборудование

№	Наименование	Назначение
1	Компьютерный класс №2	Проведение расчетов при помощи специализированного программного обеспечения