Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»
Кафедра Полупроводниковых приборов и микроэлектроники

“УТВЕРЖДАЮ”

Первый проректор В.В. Янпольский

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ НЕКВАЛИФИЦИРОВАННОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
31.08.2026
Владелец: Янпольский Василий Васильевич
Срок действия: не ограничен
Адрес хранения электронного документа:
https://ciu.nstu.ru/documents_res/download?id=22E2F01322E89A725BA98D77F0FEEC85

ПРОГРАММА ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ

Направление подготовки: 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

Направленность (профиль): Материалы микро- и наносистемной техники

Квалификация: Магистр

Форма обучения: очная

Год начала подготовки по образовательной программе: 2025

Новосибирск 2026

Программа государственной итоговой аттестации (ГИА) составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

ФГОС ВО утвержден приказом Минобрнауки России 19.09.17 №921 (зарегистрирован Минюстом России 10.10.17, регистрационный №48492)

Программа разработана кафедрой полупроводниковых приборов и микроэлектроники

Заведующий кафедрой:

к.т.н., доцент Д.И. Остертак

Ответственный за образовательную программу:

к.т.н., доцент Д.И. Остертак

Программа утверждена на ученом совете факультета радиотехники и электроники, протокол № 8 от 31.08.2026 г.

декан РЭФ:

к.т.н., доцент С.А. Стрельцов

Программа государственной итоговой аттестации (ГИА) составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

ФГОС ВО утвержден приказом Минобрнауки России 19.09.17 №921 (зарегистрирован Минюстом России 10.10.17, регистрационный №48492)

Программу разработал:

к.т.н., доцент Д.И. Остертак _____

Программа разработана
кафедрой Полупроводниковых приборов и микроэлектроники

Заведующий кафедрой:

к.т.н., доцент Д.И. Остертак _____

Ответственный за образовательную программу:

к.т.н., доцент Д.И. Остертак _____

Программа утверждена на ученом совете факультета радиотехники и электроники, протокол № 8 от 31.08.2026 г.

декан РЭФ:

к.т.н., доцентС.А. Стрельцов_____

1 Обобщенная структура государственной итоговой аттестации

Государственная итоговая аттестация по направлению 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника (магистерская программа: Материалы микро- и наносистемной техники) включает: Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена (ГЭ) и Выполнение и защита выпускной квалификационной работы (ВКР).

Обобщенная структура государственной итоговой аттестации (ГИА) приведена в таблице 1.1.

Таблица 1.1 - Обобщенная структура ГИА

Код и наименование компетенции выпускника	**Индикаторы компетенций**	**ГЭ**	**ВКР**
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий			
	УК-1.1 Составляет аннотации по результатам поиска информации из документальных источников и исследовательской литературы	+	+
	УК-1.2 Создает аналитический обзор по заданной теме, сопоставляя данные различных источников с использованием критериального подхода	+	+
	УК-1.3 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними	+	+
	УК-1.4 Определяет пробелы в информации, необходимой для решения проблемной ситуации, и проектирует процессы по их устранению	+	+
	УК-1.5 Разрабатывает и содержательно аргументирует стратегию решения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарных подходов	+	+
	УК-1.6 Использует логико-методологический инструментарий для критической оценки современных концепций философского и социального характера в своей предметной области	+	+
УК-2 Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла			
	УК-2.1 Формулирует на основе поставленной проблемы проектную задачу и способ ее решения через реализацию проектного управления	+	+
	УК-2.2 Выявляет резервы и разрабатывает меры по обеспечению режима	+	+

	ресурсоэффективности на предприятии		
	УК-2.3 Разрабатывает концепцию проекта в рамках обозначенной проблемы: формулирует цель, задачи, обосновывает актуальность, значимость, ожидаемые результаты и возможные сферы их применения	+	+
	УК-2.4 Осуществляет мониторинг хода реализации проекта, корректирует отклонения, вносит дополнительные изменения в план реализации проекта, уточняет зоны ответственности участников проекта	+	+
УК-3 Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели			
	УК-3.1 Участвует в выполнении проектов группового характера на различных стадиях их подготовки и реализации: «планирование ? проектирование – применение ? производство»	+	+
	УК-3.2 Вырабатывает стратегию сотрудничества и на ее основе организует отбор членов команды для достижения постав-ленной цели	+	+
	УК-3.3 Планирует командную работу, распределяет поручения и делегирует полномочия членам команды с учетом интересов, особенностей поведения и мнений ее членов	+	+
УК-4 Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия			
	УК-4.1 Представляет результаты академической и профессиональной деятельности на различных публичных мероприятиях, включая международные, выбирая наиболее подходящий формат	+	+
	УК-4.2 Аргументированно и конструктивно отстаивает свои позиции и идеи в академических и профессиональных дискуссиях на государственном языке РФ и иностранном языке	+	+
	УК-4.3 Владеет навыками ведения деловой переписки на русском и иностранном языке	+	+
	УК-4.4 Составляет, переводит и редактирует различные академические тексты (рефераты,	+	+

	эссе, обзоры, статьи и т.д.), в том числе на иностранном языке		
УК-5 Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия			
	УК-5.1 Анализирует важнейшие идеологические и ценностные системы, сформировавшиеся в ходе исторического развития; обосновывает актуальность их использования при социальном и профессиональном взаимодействии	+	+
	УК-5.2 Обеспечивает создание недискриминационной среды взаимодействия при выполнении профессиональных задач	+	+
	УК-5.3 Выстраивает социальное профессиональное взаимодействие с учетом особенностей основных форм научного и религиозного сознания, деловой и общей культуры представителей других этносов и конфессий, различных социальных групп	+	+
УК-6 Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки			
	УК-6.1 Оценивает свои ресурсы и их пределы (личностные, ситуативные, временные), оптимально их использует для успешного выполнения порученного задания	+	+
	УК-6.2 Определяет приоритеты профессионального роста и способы совершенствования собственной деятельности на основе самооценки по выбранным критериям	+	+
	УК-6.3 Выстраивает гибкую профессиональную траекторию, используя инструменты непрерывного образования, с учетом накопленного опыта профессиональной деятельности и динамично изменяющихся требований рынка труда	+	+
ОПК-1 Способен ставить и решать инженерные и научно-технические задачи в области нанотехнологий и микросистемной техники и новых междисциплинарных направлениях на основе естественнонаучных и математических моделей			
	ОПК-1.1 Владеет математическим аппаратом для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и	+	+

	моделирования процессов синтеза, диагностики и функционирования материалов и компонентов нано- и микросистемной техники		
	ОПК-1.2 Использует научный инструментарий различных областей физики для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования процессов синтеза, диагностики и функционирования материалов и компонентов нано- и микросистемной техники	+	+
	ОПК-1.3 Использует физико-химический подход для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования процессов синтеза, диагностики и функционирования материалов и компонентов нано- и микросистемной техники	+	+
	ОПК-1.4 Использует прикладные программы и средства автоматизированного проектирования при решении инженерных задач	+	+
ОПК-2 Способен управлять профессиональной и иной деятельностью на основе применения знаний проектного и финансового менеджмента			
	ОПК-2.1 Планирует бюджет малого предприятия, специализирующегося на производстве высокотехнологичной продукции	+	+
	ОПК-2.2 Владеет опытом производственного менеджмента: расчета экономической и ресурсоэффективной составляющей при выполнении исследовательской работы	+	+
ОПК-3 Способен управлять жизненным циклом создания инженерных продуктов в области нанотехнологий и микросистемной техники с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений			
	ОПК-3.1 Владеет современными методами анализа эффективности производственного процесса и оценки производственных потерь и подходами к разработке комплекса мероприятий по их устранению	+	+
	ОПК-3.2 Проводит технико-экономическое обоснование и экономическую оценку проектных решений и инженерных задач	+	+

	ОПК-3.3 Анализирует и оценивает затраты предприятия (проекта) с учетом инженерных рисков	+	+
	ОПК-3.4 Проводит экологическую оценку проектных решений и инженерных задач	+	+
ОПК-4 Способен выполнять исследования при решении инженерных и научно-технических задач, включая планирование и постановку сложного эксперимента, критическую оценку и интерпретацию результатов			
	ОПК-4.1 Составляет план научноисследовательской деятельности, включая литературный поиск, сроки и последовательность экспериментальной работы, обсуждения и анализа результатов	+	+
	ОПК-4.2 Формирует демонстрационный материал и представляет результаты своей исследовательской деятельности на научных конференциях, во время промежуточных и итоговых аттестаций	+	+
ОПК-5 Способен использовать инструментарий формализации инженерных, научно-технических задач, прикладное программное обеспечение для моделирования и проектирования объектов, систем и процессов			
	ОПК-5.1 Проводит патентный поиск в профессиональной области	+	+
	ОПК-5.2 Определяет перечень ресурсов и программного обеспечения для использования в профессиональной деятельности с учетом требований информационной безопасности	+	+
	ОПК-5.3 Использует прикладные программы и средства автоматизированного проектирования при решении инженерных задач	+	+
ОПК-6 Способен демонстрировать социальную ответственность за принимаемые решения, учитывать правовые и культурные аспекты, обеспечивать устойчивое развитие при ведении профессиональной и иной деятельности			
	ОПК-6.1 Рассчитывает длительность выполнения технологических операций с	+	+

	использованием нормативных справочников		
	ОПК-6.2 Оценивает по критериям технологии синтеза материалов нано- и микросистемной техники с точки зрения безопасности для сотрудников и окружающей среды	+	+
	ОПК-6.3 Использует методики организации работы персонала, соблюдения технологической и трудовой дисциплины	+	+
ОПК-7 Способен разрабатывать и актуализировать научно-техническую документацию в области нанотехнологий и микросистемной техники			
	ОПК-7.1 Использует техническую и справочную литературу, нормативные документы при выполнении исследовательской работы в области нанотехнологий и микросистемной техники	+	+
	ОПК-7.2 Составляет отчеты по экспериментальным и теоретическим исследованиям, практической деятельности в соответствии с устанавливаемыми требованиями	+	+
ПК-1 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-1.1 Знает принципы построения и функционирования изделий нанотехнологии и микросистемной техники	+	+
	ПК-1.2 Умеет рассчитывать режимы работы изделий нанотехнологии и микросистемной техники	+	+
	ПК-1.3 Владеет навыками выбора теоретических и экспериментальных методов исследований	+	+
ПК-2 Готов разрабатывать методики проведения исследований и измерений параметров и характеристик изделий нанотехнологии и микросистемной техники, анализировать их результаты			
	ПК-2.1 Знает структуру методики проведения исследований и измерений параметров и характеристик	+	+

	ПК-2.2 Умеет анализировать результаты исследований и измерений параметров и характеристик изделий нанотехнологии и микросистемной техники	+	+
	ПК-2.3 Владеет навыками разработки методик проведения исследований и измерений	+	+
ПК-3 Готов разрабатывать физические и математические модели, проводить компьютерное моделирование исследуемых физических процессов в области нанотехнологии и микросистемной техники			
	ПК-3.1 Знает физические и математические модели и методы моделирования исследуемых физических процессов, лежащих в основе принципов действия объектов нанотехнологии и микросистемной техники	+	+
	ПК-3.2 Умеет формулировать и решать задачи, использовать математический аппарат и численные методы для анализа, синтеза и компьютерного моделирования объектов нанотехнологии и микросистемной техники	+	+
	ПК-3.3 Владеет математическим аппаратом для решения теоретических и прикладных задач из области нанотехнологии и микросистемной техники, методами исследования и моделирования объектов нанотехнологии и микросистемной техники	+	+
ПК-4 Готов выполнять научно-технические отчеты, доклады, публикации по результатам выполненных исследований			
	ПК-4.1 Знает структуру и правила оформления научных и технических отчетов	+	+
	ПК-4.2 Умеет представлять результаты выполненных исследований в виде докладов и публикаций	+	+
	ПК-4.3 Владеет навыками публичного представления результатов выполненных исследований	+	+
ПК-19.В/НА Способен осуществлять профессиональную деятельность с учетом региональных особенностей и потребностей работодателей.			
	ПК-19.В/НА.1 Знает специфику социально-экономического развития и рынка труда в области профессиональной деятельности в своем регионе.	+	+

	ПК-19.В/НА.2 Умеет решать профессиональные задачи на предприятиях и в организациях профильной отрасли своего региона.	+	+

2 Содержание и порядок организации государственного экзамена

2.1 Государственный экзамен по направлению 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника (магистерская программа: Материалы микро- и наносистемной техники) проводится очно по билетам в письменной форме или по билетам с использованием электронной информационно-образовательной среды НГТУ (http:// www.nstu.ru/sveden/eos).

Письменный ответ по вопросам билета на листах бумаги со штампом факультета является обязательным. Если ГЭ проводится в форме тестирования с использованием электронной информационно-образовательной среде НГТУ, то листы бумаги со штампом факультета студенту не предоставляются.

Если у комиссии возникают вопросы относительно правильности и полноты письменного ответа выпускника, она имеет право на дополнительное устное собеседование, по результатам которого выставляется соответствующая оценка.

2.2 Государственный экзамен принимается государственной экзаменационной комиссией (ГЭК) в сроки, определенные соответствующим календарным графиком учебного процесса.

2.3 Для ответа на билеты студентам предоставляется возможность подготовки в течение 60 минут. Для ответа на вопросы билета каждому студенту предоставляется время для выступления (не более 20 минут), после чего председатель ГЭК предлагает ее членам задать студенту дополнительные вопросы в рамках тематики вопросов в билете. Если студент затрудняется при ответе на дополнительные вопросы, члены ГЭК могут задавать вопросы в рамках тематики программы государственного экзамена.

2.4 Результаты государственного экзамена объявляются в день его проведения после оформления протоколов заседания ГЭК.

3 Содержание и порядок организации защиты выпускной квалификационной работы

3.1 Содержание выпускной квалификационной работы

3.1.1 Выпускная квалификационная работа (ВКР) представляет собой выполненную обучающимся работу, демонстрирующую уровень подготовленности выпускника к самостоятельной профессиональной деятельности.

3.1.2 ВКР имеет следующую структуру:

- задание на выпускную квалификационную работу,
- аннотация,
- содержание (перечень разделов),
- введение (включающее актуальность выбранной тематики),
- цели и задачи исследования,
- аналитический обзор литературы,
- исследовательская (проектная) часть,
- экономическая часть,
- заключение,
- список использованных источников (в том числе источники на иностранном языке),
- приложения (при необходимости).

3.2 Порядок защиты выпускной квалификационной работы

3.2.1 Порядок защиты ВКР определяется действующим Положением о государственной итоговой аттестации выпускников федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» по образовательным программам, реализуемым в соответствии с федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования.

3.2.2 Защита выпускной квалификационной работы проводится на заседании государственной экзаменационной комиссии.

3.2.3 Результаты защиты ВКР объявляются в тот же день после оформления протоколов заседания ГЭК

3.2.4 Методика и критерии оценки ВКР приведены в фонде оценочных средств ГИА.

4 Источники

4.1 Основные источники

1. Драгунов В. П. Специальные главы наноэлектроники : учеб. пособие / В. П. Драгунов, Д. И. Остертак. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2020. - 104 с. - 50 экз. - ISBN 978-5-7782-4272-2. — Режим доступа: https://elibrary.nstu.ru/source?id=168677
2. Васильев В. Ю. Современное производство изделий микроэлектроники : учеб. пособие / В. Ю. Васильев. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2019. - 88 с. - 50 экз. - ISBN 978-5-7782-3907-4. — Режим доступа: https://elibrary.nstu.ru/source?id=78923
3. Илюшин В. А. Наноматериалы : учеб. пособие / В. А. Илюшин. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2019. - 114 с. - 50 экз. - ISBN 978-5-7782-3858-9. — Режим доступа: https://elibrary.nstu.ru/source?id=78818
4. Драгунов В. П. Микро- и наноэлектроника : учеб. пособие / В. П. Драгунов, Д. И. Остертак. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2012. - 37 с. — Режим доступа: https://elibrary.nstu.ru/source?id=41677
5. Краснопевцев Е. А. Статистическая физика равновесных систем : учеб. пособие / Е. А. Краснопевцев. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2020. - 420 с - (Учебники НГТУ). - 3000 экз. - ISBN 978-5-7782-4253-1. — Режим доступа: https://elibrary.nstu.ru/source?id=168737
6. Остертак Д. И. Микроэлектромеханика : учеб. пособие / Д. И. Остертак. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2016. - 120 с. - 60 экз. - ISBN 978-5-7782-2901-3. — Режим доступа: https://elibrary.nstu.ru/source?id=51902
7. Бялик А. Д. Физические основы электроники. Транзисторы. Гальваномагнитные и термоэлектрические приборы. Оптоэлектронные приборы : учеб. пособие / А. Д. Бялик, А. В. Каменская. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2017. - 92 с. - 100 экз. - ISBN 978-5-7782-3223-5. — Режим доступа: https://elibrary.nstu.ru/source?id=61762
8. Васильев В. Ю. Свойства и применение диэлектрических тонких пленок в технологиях микроэлектроники : учеб. пособие / В. Ю. Васильев. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2021. - 100 с. - 50 экз. - ISBN 978-5-7782-4389-7. — Режим доступа: https://elibrary.nstu.ru/source?id=172171
9. Величко А. А. Методы исследования микроэлектронных и наноэлектронных материалов и структур : учеб. пособие / А. А. Величко, Н. И. Филимонова. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2014. - Ч. 2. – 227 с. – ISBN 9785778225343. – 150 экз. — Режим доступа: https://elibrary.nstu.ru/source?id=44797
10. Калинин С. В. Математическое моделирование устройств и систем : учеб. пособие / С. В. Калинин, Н. В. Мальцев. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2022. - 152 с. - 50 экз. - ISBN 978-5-7782-4620-1. - Текст : непосредственный. — Режим доступа: https://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=220854
11. Богомолов Б. К. Основы проектирования электронной компонентной базы : учеб. пособие / Б. К. Богомолов, А. Н. Денисов. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2023. – 64 с. – 50 экз. – ISBN 978-5-7782-4876-2. – Текст : непосредственный. — Режим доступа: https://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=223893
12. Васильев В. Ю. Технологии многоуровневой металлизации интегральных микросхем : учеб. пособие / В. Ю. Васильев. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2022. - 130 с. - 30 экз. - ISBN 978-5-

7782-4726-0. - Текст : непосредственный. — Режим доступа: https://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=222278
13. Драгунов В. П. Наноэлектроника : учеб. пособие / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный, В. А. Гридчин . - Изд. 3-е, исправленное и дополненное. - Москва : Юрайт, 2017. - ч. 1. - 285 с. - (Университеты России). - ISBN 978-5-534-05170-4. — Режим доступа: https://urait.ru/bcode/561001
14. Драгунов В. П. Наноэлектроника : учеб. пособие / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный, В. А. Гридчин . - Изд. 3-е, исправ. и дополн. - Москва : Юрайт, 2017. - ч. 2. - 235 с. - (Университеты России). - ISBN 978-5-534-05171-1. — Режим доступа: https://urait.ru/bcode/563503

4.2 Дополнительные источники

1. Илюшин В. А. Физикохимия наноструктурированных материалов : учебное пособие / В. А. Илюшин ; Новосиб. гос. техн. ун-т. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2013. – 106 с. — Режим доступа: https://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000180741
2. Краснопевцев Е. А. Квантовая механика в приложениях к физике твердого тела : [учебное пособие] / Е. А. Краснопевцев ; [Новосиб. гос. техн. ун-т]. - Новосибирск, 2010. - 354 с. : ил. — Режим доступа: https://elibrary.nstu.ru/source?id=15803
3. Драгунов В. П. Наноструктуры: физика, технология, применение : учебное пособие / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2008. - 354, [1] с. : ил. — Режим доступа: https://elibrary.nstu.ru/source?id=12075
4. Твердотельная электроника : учеб. пособие / Е. А. Макаров, Н. В. Усольцев. - : НГТУ, 2004. - 116 с. — Режим доступа: https://elibrary.nstu.ru/source?id=13921
5. Моделирование нанотранзисторов в TCAD Sentaurus : учеб.-метод. пособие / С. В. Калинин, А. С. Черкаев, В.Е. Зырянов , Е. А. Макаров. - : НГТУ, 2010. - 103 с. — Режим доступа: https://elibrary.nstu.ru/source?id=11844
6. Васильев В. Ю. Методы и возможности in-line контроля тонкопленочных материалов в производстве субмикронных интегральных микросхем : учеб. пособие / В. Ю. Васильев. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2023. – 128 с. – 50 экз. – ISBN 978-5-7782-4926-4. – Текст : непосредственный. — Режим доступа: https://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=224931
7. Гридчин А. В. Микродатчики и микросистемы : учеб. пособие / А. В. Гридчин ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2021. - 225 с. - 40 экз. - ISBN 978-5-7782-4512-9. - Текст : непосредственный. — Режим доступа: https://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000245580
8. Краснопевцев Е. А. Электродинамика : учеб. пособие / Е. А. Краснопевцев. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2018. - 244 с. - 50 экз. - ISBN 978-5-7782-3667-7. — Режим доступа: https://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000238952

4.3 Методическое обеспечение

1. Методические указания по выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра : учеб.-метод. пособие / А. С. Бердинский, А. В. Каменская, Т. С. Романова. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2015. - 16 с. - 50 экз. — Режим доступа: https://elibrary.nstu.ru/source?id=46161
2. Подготовка, оформление и защита магистерской диссертации : учеб.-метод. пособие / А. С. Бердинский, А. В. Каменская, Т. С. Романова. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2017. – 20 с. - 50 экз. — Режим доступа: https://elibrary.nstu.ru/source?id=57967
3. Физика полупроводниковых приборов : методическое руководство к лабораторному практикуму для 4 курса РЭФ по направлениям 210100.62 - Электроника и наноэлектроника, 222900.62 - Нанотехнология / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: С. В. Калинин, Е. А. Макаров, А. С. Черкаев]. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2014. – 92 с. — Режим доступа: https://elibrary.nstu.ru/source?id=45105
4. Сборник контролирующих вопросов и задач по учебной практике : [метод. руководство для РЭФ по направлениям: 1103.04 «Электроника и наноэлектроника» и др.] / сост. С. В. Калинин.

- Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2020. - 71 с. - 50 экз. —Режим доступа: https://elibrary.nstu.ru/source?id=168435
5. Метрология : учеб.-метод. пособие / О. В. Лобач, Т. С. Романова. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2019. - 67 с. - 50 экз. - ISBN 978-5-7782-3854-1. — Режим доступа: https://elibrary.nstu.ru/source?id=78838
6. Богомолов Б. К. Основы проектирования электронной компонентной базы. Лабораторный практикум : учеб. пособие / Б. К. Богомолов. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2015. - 59 с. - 100 экз. - ISBN 978-5-7782-2680-7. — Режим доступа: https://elibrary.nstu.ru/source?id=46343
7. Технические измерения в микроэлектронике : учеб.-метод. пособие / А. Д. Бялик, Т. С. Романова. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2015. - 40 с. - 75 экз. — Режим доступа: https://elibrary.nstu.ru/source?id=46152
8. Гридчин А. В. Компоненты микросистемной техники. Введение в моделирование на ANSYS : учеб.-метод. пособие / А. В. Гридчин. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2022. - 80 с. - 50 экз. - ISBN 978-5-7782-4832-8 . - Текст : непосредственный. — Режим доступа: https://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=223412
9. Дудкина М. П. Организация самостоятельной работы студентов Новосибирского государственного технического университета : учебно-методическое пособие / М. П. Дудкина, Ю. В. Никитин ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2022. - 61, [1] с.: табл.. URL: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=223022

4.4 Интернет-источники

1. Журнал «Радиотехника и электроника» https://sciencejournals.ru/journal/radel/
2. Федеральный Интернет - портал Нанотехнологии и Наноматериалы http://www.nanometer.ru/
3. RusNanoNet Национальная нанотехнологическая сеть http://www.rusnanonet.ru/

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»
Кафедра Полупроводниковых приборов и микроэлектроники

“УТВЕРЖДАЮ”

Первый проректор В.В. Янпольский

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ НЕКВАЛИФИЦИРОВАННОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
31.08.2026
Владелец: Янпольский Василий Васильевич
Срок действия: не ограничен
Адрес хранения электронного документа:
https://ciu.nstu.ru/documents_res/download?id=22E2F01322E89A725BA98D77F0FEEC85

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ

Направление подготовки: 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

Направленность (профиль): Материалы микро- и наносистемной техники

Квалификация: Магистр

Форма обучения: очная

Год начала подготовки по образовательной программе: 2025

Новосибирск 2026

1 Паспорт государственного экзамена
1.1 Обобщенная структура государственного экзамена

Совокупность запланированных результатов обучения по программе 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, магистерская программа: Материалы микро- и наносистемной техники измеряема с помощью средств государственной итоговой аттестации и соотнесена с уровнями сформированности индикаторов достижения компетенций.

Обобщенная структура государственного экзамена приведена в таблице 1.1.1.

Таблица 1.1.1

Код и наименование компетенции студента	Индикаторы компетенций	Вопросы
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий		
	УК-1.1 Составляет аннотации по результатам поиска информации из документальных источников и исследовательской литературы	1-4
	УК-1.2 Создает аналитический обзор по заданной теме, сопоставляя данные различных источников с использованием критериального подхода	5-9
	УК-1.3 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними	9-13
	УК-1.4 Определяет пробелы в информации, необходимой для решения проблемной ситуации, и проектирует процессы по их устранению	14-18
	УК-1.5 Разрабатывает и содержательно аргументирует стратегию решения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарных подходов	19-22
	УК-1.6 Использует логико-методологический инструментарий для критической оценки современных концепций философского и социального характера в своей предметной области	23-27
УК-2 Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла		
	УК-2.1 Формулирует на основе поставленной проблемы проектную задачу и способ ее решения через реализацию проектного управления	28-31
	УК-2.2 Выявляет резервы и разрабатывает меры по обеспечению режима ресурсоэффективности на предприятии	32-36
	УК-2.3 Разрабатывает концепцию проекта в рамках обозначенной проблемы: формулирует цель, задачи, обосновывает актуальность, значимость, ожидаемые результаты и возможные сферы их применения	37-40
	УК-2.4 Осуществляет мониторинг хода реализации проекта, корректирует отклонения, вносит дополнительные изменения в план реализации проекта, уточняет зоны ответственности участников проекта	41-43
УК-3 Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели		
	УК-3.1 Участвует в выполнении проектов группового характера на различных стадиях их подготовки и реализации: «планирование ? проектирование – применение ?	44-48

1.2 Пример билета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет радиотехники и электроники

Экзаменационный билет № 1
к государственному экзамену по направлению 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

1. Полевой транзистор с изолированным затвором. Принцип действия, конструкция, основные характеристики. Понятие области пространственного заряда, обеднение, обогащение, инверсия.
2. Электрон-электронные взаимодействия и чувствительность к глубине в электронной спектроскопии. Глубина выхода электронов и исследуемый объём вещества, неупругие электрон-электронные столкновения, сечение ударной электронной ионизации, плазмоны.
3. Спектр энергетических состояний двумерной электронной системы в поперечном магнитном поле.

Утверждаю: зав. кафедрой ППиМЭ _____ Д.И. Остертак
(подпись)
(дата)

1.3 Методика оценки

Билеты к экзамену формируются из вопросов, представленных в пункте 1.5. Билет содержит три теоретических вопроса. Первый, второй и третий вопросы билета выбираются случайным образом из перечня вопросов. Экзамен проводится очно в письменной форме по билетам, с обязательными ответами на листах бумаги со штампом факультета и последующим выступлением в устной форме по содержанию письменных ответов и ответов на дополнительные вопросы. Итоговая оценка за государственный экзамен выставляется в соответствии с критериями, приведенными в п. 1.4.

1.4 Критерии оценки

По результатам ответов студента на вопросы билета и дополнительные вопросы (уточняющие суть ответа) государственная экзаменационная комиссия оценивает сформированность компетенций и соотнесенных с ними индикаторов на разных уровнях.

Соответствие уровней компетенций и соотнесенных с ними индикаторов, критериев оценки и баллов по 100-бальной шкале приведено в таблице 1.4.1.

Согласованная итоговая оценка выставляется на основании оценок членов ГЭК. Итоговая оценка по результатам ГЭ выставляется по 100-балльной шкале, по буквенной шкале ECTS и в традиционной форме (в соответствии с действующим **Положением о балльно-рейтинговой системе оценки достижений студентов НГТУ**).

Таблица 1.4.1

Критерии оценки	**Уровень сформированности компетенций**	**Диапазон баллов**
Теоретический материал освоен глубоко и в полном объеме. На все вопросы экзаменационного билета студент ответил правильно и емко, продемонстрировал уверенное владение	Продвинутый	87-100

материалом по всем дополнительным вопросам, заданным членами государственной экзаменационной комиссии. Вся совокупность компетенций и соотнесенных с ними индикаторов, установленных программой магистратуры, сформирована на продвинутом уровне, что позволяет осуществлять деятельность в соответствующей профессиональной области, сфере и решать профессиональные задачи.		
Теоретический материал освоен. Студент правильно ответил на все вопросы экзаменационного билета, но испытывал затруднения при ответе на дополнительные вопросы членов государственной экзаменационной комиссии. Вся совокупность компетенций и соотнесенных с ними индикаторов, установленных программой магистратуры, сформирована на базовом уровне, что позволяет осуществлять деятельность в соответствующей профессиональной области, сфере и решать профессиональные задачи.	Базовый	73-86
Теоретический материал освоен на уровне общего представления. Студент недостаточно полно ответил вопросы экзаменационного билета, допустил ряд существенных неточностей и испытывал серьезные затруднения при ответе на дополнительные вопросы членов государственной экзаменационной комиссии. Вся совокупность компетенций и соотнесенных с ними индикаторов, установленных программой магистратуры, сформирована на пороговом уровне, что позволяет осуществлять деятельность в соответствующей профессиональной области, сфере и решать профессиональные задачи.	Пороговый	50-72
Студент продемонстрировал незнание значительной части теоретического материала и не ответил на вопросы экзаменационного билета. Совокупность компетенций и соотнесенных с ними индикаторов, установленных программой магистратуры, не сформирована, что не позволит осуществлять деятельность в соответствующей профессиональной области, сфере и решать профессиональные задачи.	Ниже порогового	0-49

1.5. Примерный перечень теоретических вопросов

1. Зонная структура и электрические свойства графена и мультиграфена.
2. Получение графена.
3. Перенос графена на произвольную подложку.
4. Оптические и электрические свойства графена.
5. Окись графена, графан, фторографен.
6. Легирование графена, функционализация графена.
7. Энергонезависимая память на монослойных материалах.
8. Сенсоры и оптические применения графена.
9. Квантовые точки и наноленты графена, сверхрешетки.
10. Транзисторы на графене.
11. Гетероструктуры на основе графена и других монослойных материалов.
12. Гибридные структуры на основе графена.
13. Нанокомпозиты, графеновая бумага.
14. Определение концентрации носителей, подвижности носителей, р-п переходы на графене.
15. Наноматериалы, силы, преобладающие в наномире.
16. 3D материалы, холодные эмиттеры на графене.
17. Подложки для графена и подвижность носителей в графене.
18. Разные монослойные материалы.

19. Гибкая электроника на основе монослойных материалов.
20. Вискеры и углеродные нанотрубки.
21. Основные активные элементы интегральных схем: диод Шоттки (контакт металл-металл, металл-полупроводник, понятие обеднения, образование области пространственного заряда (ОПЗ), влияние внешнего электрического поля, вольт-амперная характеристика.
22. Размерное квантование в инверсионном канале МДП – транзистора.
23. Полевой транзистор на основе барьера Шоттки. Принцип действия , конструкция , основные характеристики.
24. Понятие дрейфовой скорости . Рассеяние носителей заряда .Основные механизмы рассеяния.
25. Полевой транзистор на основе р-п перехода. Принцип действия, конструкция, основные характеристики.
26. Основные физические ограничения размеров активных элементов ИС.
27. Полевой транзистор с изолированным затвором. Принцип действия, конструкция, основные характеристики. Понятие области пространственного заряда, обеднение, обогащение, инверсия.
28. Основные физико-технологические принципы, используемые при создании кремниевых ИС.
29. КМОП – система. Конструкция, технология.
30. Насыщение дрейфовой скорости.(Отличие кремния от арсенида галлия.)
31. Элемент памяти на основе МДП-транзисторе (с плавающим затвором или на основе двухслойного диэлектрика). Принцип действия, ВФХ, конструкция.
32. Основные физические и технологические ограничения быстродействия современных ИС (на примере КМОП – нанотранзисиоров).
33. Эффект “overshot”, основы баллистического транспорта носителей заряда.
34. Понятие «эквивалентная схема». (на примере МДП – емкости при наличии поверхностных состояний и без них . Низкие и высокие частоты).
35. Междолинное рассеяние.
36. Способы легирования полупроводников. Понятия собственной и примесной проводимости, степени ионизации примеси. Соотношения между концентрацией основных и неосновных носителей заряда в полупроводнике.
37. Основные механизмы рассеяния носителей заряда в полупроводниках. Понятие времени релаксации (по импульсу и по энергии).
38. Понятие поверхностных состояний и их влияние на вольт-фарадные характеристики МДП – структур (низкие и высокие частоты).
39. Понятия: электронное сродство, работа выхода, химический и электрохимический потенциал, что такое уровень Ферми в полупроводнике? Зонная диаграмма контакта металл – металл и металл – полупроводник. Что такое – область пространственного заряда в полупроводнике.
40. Работа МДП – транзистора в подпороговом режиме.
41. HEMT транзистор.
42. Основные понятия кристаллографии, концепция двумерной решётки, решётка Вигнера-Зейтца, двумерные решётки Браве, индексы Миллера.
43. Реальная кристаллическая структура поверхности. Запись для описания структуры поверхности, матричная запись, запись Вуда. Двумерная обратная решётка.
44. Атомарно чистая поверхность, способы её получения.
45. Структурные дефекты поверхности. Модель ТСИ. Точечные дефекты. Ступени, сингулярные и вицинальные поверхности, фасетки.
46. Начальные стадии роста слоёв на атомарно-чистых поверхностях, механизмы роста, зарождение и рост островков, форма островков. Эффекты механических напряжений при гетероэпитаксии.

47. Дифракция медленных электронов, аппаратура, интерпретация.
48. Дифракция быстрых электронов, аппаратура, интерпретация.
49. Методы электронной спектроскопии, спектр вторичных электронов, анализаторы энергии электронов.
50. Электронная Оже-спектроскопия, экспериментальное оборудование для ЭОС, Оже-анализ.
51. Спектроскопия характеристических потерь энергии электронами, СХПЭЭ глубоких уровней, обычная СХПЭЭ, СХПЭЭ высокого разрешения.
52. Фотоэлектронная спектроскопия. Экспериментальное оборудование для ФЭС, анализ с помощью РФЭС и УФЭС.
53. Методы ионной спектроскопии, зондирование ионами. Классическое соударение двух частиц, сечение рассеяния, затенение, блокировка, каналирование, распыление, ионно-стимулированные электронные процессы.
54. Спектроскопия рассеяние медленных ионов, рассеяние ионов щелочных металлов и времяпролётный анализ, количественный структурный анализ в геометрии прямого столкновения.
55. Спектроскопия резерфордовского обратного рассеяния и спектроскопия рассеяния ионов средних энергий, поверхностный пик, анализ тонких плёнок, анализ частиц упругой отдачи.
56. Вторичная ионная масс-спектроскопия.
57. Спектроскопия резерфордовского обратного рассеяния, кинематика упругих столкновений, поперечное сечение рассеяния и прицельный параметр.
58. Рассеяние в центральном поле, поперечное сечение рассеяния: задача двух тел. Отклонение от законов Резерфордовского рассеяния при низких и высоких энергиях частиц.
59. Каналирование в монокристаллах, минимальный выход.
60. Определение расположения примесей в кристаллической решётке. Распределение потока каналированных частиц. Поверхностное взаимодействие в двухатомной модели.
61. Электрон-электронные взаимодействия и чувствительность к глубине в электронной спектроскопии. Глубина выхода электронов и исследуемый объём вещества, неупругие электрон-электронные столкновения, сечение ударной электронной ионизации, плазмоны.
62. Инфракрасная спектроскопия. Теоретические основы. Уравнения Максвелла.
63. ИК Фурье-спектроскопия, интерферометр Майкельсона.
64. Рамановская спектроскопия. Макроскопическая теория неупругого рассеяния света фононами. Квантовая теория рамановского рассеяния.
65. Понятие о размерном квантовании. Условия наблюдения квантоворазмерных эффектов.
66. Гетеропереход. Классификация и основные параметры гетеропереходов. Энергетический спектр носителей заряда. (Работа выхода электрона из полупроводника, поверхностные состояния, ОПЗ, контакт двух полупроводников).
67. Квантовые ямы. Энергетический спектр носителей заряда в прямоугольной квантовой яме, напряженные квантовые ямы, критическая толщина напряженной квантовой ямы.
68. Сверхрешетки. Классификация сверхрешеток. Энергетический спектр носителей заряда в сверхрешетках. Расчет энергетического спектра сверхрешеток в приближении слабой и сильной связи. Мини-щели и мини-зоны.
69. Квантовые нити, квантовые точки. Энергетический спектр носителей заряда.
70. Технология получения квантово-размерных структур: Молекулярно-лучевая эпитаксия, мосгидридная эпитаксия. Механизмы эпитаксиального роста. Эпитаксиальное формирование и самоорганизация квантовых точек и нитей.

71. Технология получения квантово-размерных структур: Нанолитография, коллоидная химия, имплантация, Принц-technology - формирование наноразмерных трубок.
72. Статистика носителей заряда в трехмерных и низкоразмерных структурах.
73. Вертикальный транспорт в системах с пониженной размерностью. Туннелирование электронов через статический прямоугольный барьер. Особенности прохождения электронов над ямой и над барьером.
74. Двухбарьерные структуры. Коэффициент прохождения, отражения. Квазистационарные состояния электрона в яме. Энергетическая зависимость резонансного коэффициента прохождения. Условие туннелирования с единичной вероятностью. ВАХ резонансно-туннельного диода. ВАХ сверхрешетки.
75. Оптические свойства низкорамерных структур. Взаимодействие электромагнитного поля с электронами. Коэффициент поглощения в однородном «трехмерном» полупроводнике.
76. Коэффициент поглощения и правила отбора при межзонных переходах в низкоразмерных структурах. Межуровневые переходы в низкоразмерных структурах. (Коэффициент поглощения и правила отбора при внутризонных переходах).
77. Светоизлучающие низкоразмерные приборы. Гетеролазеры на межзонных переходах: лазер на двойной гетероструктуре.
78. Плотность энергетических состояний в электронных системах пониженной размерности.
79. Зануление диссипативного сопротивления и квантование холловского сопротивления двумерного электронного газа в модели краевых токовых состояний.
80. Дрейфовый перенос заряда в неупорядоченной двумерной системе в постоянном электрическом поле. Дрейфовая скорость. Время рассеяния по импульсу.
81. Функция распределения Ферми-Дирака. Волновой вектор Ферми.
82. Кондактанс баллистического проводника. Двухточечное и четырехточечное измерение кондактанса.
83. Зависимость компонент тензора сопротивления от магнитного поля в двумерной системе в рамках модели Друде.
84. Транспортное время релаксации и квантовое время жизни.
85. Осцилляции Шубникова - де Гааза в вырожденном двумерном электронном газе.
86. Измерение проводимости двумерного электронного газа при помощи диска Корбино.
87. Электрон-электронное рассеяние в вырожденной электронной системе.
88. Период и амплитуда магнетополевых осцилляций Шубникова - де Гааза.
89. Измерение компонент тензора сопротивления методом ван дер Пау.
90. Спектр энергетических состояний двумерной электронной системы в поперечном магнитном поле.
91. Слабая локализация. Вероятность сбоя фазы. Квантовые поправки к проводимости.
92. Измерение компонент тензора сопротивления при помощи мостика Холла.
93. Электрон-фононное рассеяние в двумерной системе.
94. Эффект Ааронова-Бома. Электронный кольцевой интерферометр.
95. Двумерный электронный газ в плавном одномерном периодическом потенциале.
96. Степень вырождения уровней Ландау и их уширение.
97. Измерение подвижности и концентрации двумерного электронного газа при помощи мостика Холла.
98. Соизмеримые осцилляции сопротивления в двумерной квадратной решетке антиточек.
99. Квантовый точечный контакт.
100. Уравнение Больцмана для вырожденной системы в постоянном электрическом поле.
101. Время энергетической релаксации.
102. Универсальные флуктуации кондактанса в мезоскопичесой системе.
103. Модель Лоренца. Роль эффектов «памяти» в магнетотранспорте.

104. Спектр энергетических состояний и концентрация электронов в прямоугольной квантовой яме. Соотношение Эйнштейна для вырожденной двумерной системы.
105. Квантовый эффект Холла.
106. Зависимость оптических свойств от концентрации носителей заряда, температуры, давления, напряжённости магнитного и электрического полей.
107. Неравновесные носители заряда. Генерация и рекомбинация. Нарастание и спад концентрации неравновесных носителей заряда после включения и выключения освещения. Линейная рекомбинация. Квадратичная рекомбинация. Понятие мгновенного времени жизни.
108. Излучательная рекомбинация. Концентрационные, температурные зависимости времени жизни, зависимости от уровня освещения (темпа рекомбинации).
109. Ударная рекомбинация. Концентрационные, температурные зависимости времени жизни, зависимости от уровня освещения (темпа рекомбинации).
110. Рекомбинация через уровни в запрещенной зоне. Концентрационные, температурные зависимости времени жизни, зависимости от уровня освещения (темпа рекомбинации).

2 Паспорт выпускной квалификационной работы

2.1 Обобщенная структура защиты выпускной квалификационной работы (ВКР)

Обобщенная структура подготовки и защиты ВКР приведена в таблице 2.1.1.

Таблица 2.1.1

Код и наименование компетенции студента	Индикаторы компетенций	Разделы и этапы ВКР
УК-1Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий		
	УК-1.1Составляет аннотации по результатам поиска информации из документальных источников и исследовательской литературы	задание на выпускную квалификационную работу, содержание (перечень разделов), аналитический обзор литературы, заключение
	УК-1.2Создает аналитический обзор по заданной теме, сопоставляя данные различных источников с использованием критериального подхода	содержание (перечень разделов), цели и задачи исследования, аналитический обзор литературы, заключение
	УК-1.3Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними	введение (включающее актуальность выбранной тематики), цели и задачи

		исследования, список использованных источников (в том числе источники на иностранном языке), приложения (при необходимости), заключение
	УК-1.4Определяет пробелы в информации, необходимой для решения проблемной ситуации, и проектирует процессы по их устранению	задание на выпускную квалификационную работу, содержание (перечень разделов), аналитический обзор литературы, заключение
	УК-1.5Разрабатывает и содержательно аргументирует стратегию решения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарных подходов	содержание (перечень разделов), цели и задачи исследования, аналитический обзор литературы, заключение
	УК-1.6Использует логико-методологический инструментарий для критической оценки современных концепций философского и социального характера в своей предметной области	введение (включающее актуальность выбранной тематики), цели и задачи исследования, список использованных источников (в том числе источники на иностранном языке), приложения (при необходимости), заключение
УК-2Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла		
	УК-2.1Формулирует на основе поставленной проблемы проектную задачу и способ ее решения через реализацию проектного управления	содержание (перечень разделов), введение (включающее актуальность выбранной тематики), экономическая часть

	УК-2.2Выявляет резервы и разрабатывает меры по обеспечению режима ресурсоэффективности на предприятии	содержание (перечень разделов), введение (включающее актуальность выбранной тематики), цели и задачи исследования, экономическая часть
	УК-2.3Разрабатывает концепцию проекта в рамках обозначенной проблемы: формулирует цель, задачи, обосновывает актуальность, значимость, ожидаемые результаты и возможные сферы их применения	введение (включающее актуальность выбранной тематики), экономическая часть
	УК-2.4Осуществляет мониторинг хода реализации проекта, корректирует отклонения, вносит дополнительные изменения в план реализации проекта, уточняет зоны ответственности участников проекта	содержание (перечень разделов), введение (включающее актуальность выбранной тематики), экономическая часть
УК-3Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели		
	УК-3.1Участвует в выполнении проектов группового характера на различных стадиях их подготовки и реализации: «планирование ? проектирование – применение ? производство»	подготовка доклада, исследовательская (проектная) часть
	УК-3.2Вырабатывает стратегию сотрудничества и на ее основе организует отбор членов команды для достижения постав-ленной цели	цели и задачи исследования, исследовательская (проектная) часть
	УК-3.3Планирует командную работу, распределяет поручения и делегирует полномочия членам команды с учетом интересов, особенностей поведения и мнений ее членов	аналитический обзор литературы, исследовательская (проектная) часть
УК-4Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых)		

языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия		
	УК-4.1Представляет результаты академической и профессиональной деятельности на различных публичных мероприятиях, включая международные, выбирая наиболее подходящий формат	подготовка доклада, исследовательская (проектная) часть
	УК-4.2Аргументированно и конструктивно отстаивает свои позиции и идеи в академических и профессиональных дискуссиях на государственном языке РФ и иностранном языке	подготовка доклада, исследовательская (проектная) часть
	УК-4.3Владеет навыками ведения деловой переписки на русском и иностранном языке	подготовка доклада, исследовательская (проектная) часть
	УК-4.4Составляет, переводит и редактирует различные академические тексты (рефераты, эссе, обзоры, статьи и т.д.), в том числе на иностранном языке	подготовка доклада, исследовательская (проектная) часть
УК-5Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия		
	УК-5.1Анализирует важнейшие идеологические и ценностные системы, сформировавшиеся в ходе исторического развития; обосновывает актуальность их использования при социальном и профессиональном взаимодействии	защита ВКР, исследовательская (проектная) часть
	УК-5.2Обеспечивает создание недискриминационной среды взаимодействия при выполнении профессиональных задач	защита ВКР, исследовательская (проектная) часть
	УК-5.3Выстраивает социальное профессиональное взаимодействие с учетом особенностей основных форм научного и религиозного сознания, деловой и общей культуры представителей других этносов и конфессий, различных социальных групп	защита ВКР, исследовательская (проектная) часть
УК-6Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки		
	УК-6.1Оценивает свои ресурсы и их пределы (личностные, ситуативные, временные), оптимально их использует для успешного выполнения	цели и задачи исследования, заключение

	порученного задания	
	УК-6.2Определяет приоритеты профессионального роста и способы совершенствования собственной деятельности на основе самооценки по выбранным критериям	задание на выпускную квалификационную работу, содержание (перечень разделов), цели и задачи исследования, заключение
	УК-6.3Выстраивает гибкую профессиональную траекторию, используя инструменты непрерывного образования, с учетом накопленного опыта профессиональной деятельности и динамично изменяющихся требований рынка труда	аннотация, содержание (перечень разделов), цели и задачи исследования, заключение
ОПК-1Способен ставить и решать инженерные и научно-технические задачи в области нанотехнологий и микросистемной техники и новых междисциплинарных направлениях на основе естественнонаучных и математических моделей		
	ОПК-1.1Владеет математическим аппаратом для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования процессов синтеза, диагностики и функционирования материалов и компонентов нано- и микросистемной техники	задание на выпускную квалификационную работу, введение (включающее актуальность выбранной тематики), цели и задачи исследования
	ОПК-1.2Использует научный инструментарий различных областей физики для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования процессов синтеза, диагностики и функционирования материалов и компонентов нано- и микросистемной техники	задание на выпускную квалификационную работу, введение (включающее актуальность выбранной тематики), цели и задачи исследования
	ОПК-1.3Использует физико-химический подход для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования процессов синтеза, диагностики и функционирования материалов и компонентов нано- и микросистемной	задание на выпускную квалификационную работу, введение (включающее

	техники	актуальность выбранной тематики), цели и задачи исследования
	ОПК-1.4Использует прикладные программы и средства автоматизированного проектирования при решении инженерных задач	список использованных источников (в том числе источники на иностранном языке), приложения (при необходимости), исследовательская (проектная) часть
ОПК-2Способен управлять профессиональной и иной деятельностью на основе применения знаний проектного и финансового менеджмента		
	ОПК-2.1Планирует бюджет малого предприятия, специализирующегося на производстве высокотехнологичной продукции	аналитический обзор литературы, исследовательская (проектная) часть
	ОПК-2.2Владеет опытом производственного менеджмента: расчета экономической и ресурсоэффективной составляющей при выполнении исследовательской работы	аналитический обзор литературы, исследовательская (проектная) часть
ОПК-3Способен управлять жизненным циклом создания инженерных продуктов в области нанотехнологий и микросистемной техники с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений		
	ОПК-3.1Владеет современными методами анализа эффективности производственного процесса и оценки производственных потерь и подходами к разработке комплекса мероприятий по их устранению	введение (включающее актуальность выбранной тематики), цели и задачи исследования, исследовательская (проектная) часть
	ОПК-3.2Проводит технико-экономическое обоснование и экономическую оценку проектных решений и инженерных задач	список использованных источников (в том

		числе источники на иностранном языке), приложения (при необходимости), исследовательская (проектная) часть
	ОПК-3.3Анализирует и оценивает затраты предприятия (проекта) с учетом инженерных рисков	введение (включающее актуальность выбранной тематики), цели и задачи исследования, исследовательская (проектная) часть
	ОПК-3.4Проводит экологическую оценку проектных решений и инженерных задач	введение (включающее актуальность выбранной тематики), цели и задачи исследования, исследовательская (проектная) часть
ОПК-4Способен выполнять исследования при решении инженерных и научно-технических задач, включая планирование и постановку сложного эксперимента, критическую оценку и интерпретацию результатов		
	ОПК-4.1Составляет план научноисследовательской деятельности, включая литературный поиск, сроки и последовательность экспериментальной работы, обсуждения и анализа результатов	введение (включающее актуальность выбранной тематики), цели и задачи исследования, исследовательская (проектная) часть
	ОПК-4.2Формирует демонстрационный материал и представляет результаты своей исследовательской деятельности на научных конференциях, во время промежуточных и итоговых аттестаций	введение (включающее актуальность выбранной тематики), цели и задачи исследования, исследовательская (проектная) часть
ОПК-5Способен использовать		

инструментарий формализации инженерных, научно-технических задач, прикладное программное обеспечение для моделирования и проектирования объектов, систем и процессов		
	ОПК-5.1Проводит патентный поиск в профессиональной области	аналитический обзор литературы, исследовательская (проектная) часть
	ОПК-5.2Определяет перечень ресурсов и программного обеспечения для использования в профессиональной деятельности с учетом требований информационной безопасности	аналитический обзор литературы, исследовательская (проектная) часть
	ОПК-5.3Использует прикладные программы и средства автоматизированного проектирования при решении инженерных задач	список использованных источников (в том числе источники на иностранном языке), приложения (при необходимости), исследовательская (проектная) часть
ОПК-6Способен демонстрировать социальную ответственность за принимаемые решения, учитывать правовые и культурные аспекты, обеспечивать устойчивое развитие при ведении профессиональной и иной деятельности		
	ОПК-6.1Рассчитывает длительность выполнения технологических операций с использованием нормативных справочников	аналитический обзор литературы, исследовательская (проектная) часть
	ОПК-6.2Оценивает по критериям технологии синтеза материалов нано- и микросистемной техники с точки зрения безопасности для сотрудников и окружающей среды	аналитический обзор литературы, исследовательская (проектная) часть
	ОПК-6.3Использует методики организации работы персонала, соблюдения технологической и трудовой дисциплины	список использованных источников (в том числе источники на иностранном языке), приложения (при

		необходимости), исследовательская (проектная) часть
ОПК-7Способен разрабатывать и актуализировать научно-техническую документацию в области нанотехнологий и микросистемной техники		
	ОПК-7.1Использует техническую и справочную литературу, нормативные документы при выполнении исследовательской работы в области нанотехнологий и микросистемной техники	аналитический обзор литературы, исследовательская (проектная) часть
	ОПК-7.2Составляет отчеты по экспериментальным и теоретическим исследованиям, практической деятельности в соответствии с устанавливаемыми требованиями	список использованных источников (в том числе источники на иностранном языке), приложения (при необходимости), исследовательская (проектная) часть
ПК-1Готов формулировать цели и задачи научных исследований в области нанотехнологии и микросистемной техники, обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач		
	ПК-1.1Знает принципы построения и функционирования изделий нанотехнологии и микросистемной техники	введение (включающее актуальность выбранной тематики), цели и задачи исследования, исследовательская (проектная) часть
	ПК-1.2Умеет рассчитывать режимы работы изделий нанотехнологии и микросистемной техники	исследовательская (проектная) часть
	ПК-1.3Владеет навыками выбора теоретических и экспериментальных методов исследований	исследовательская (проектная) часть

ПК-2Готов разрабатывать методики проведения исследований и измерений параметров и характеристик изделий нанотехнологии и микросистемной техники, анализировать их результаты		
	ПК-2.1Знает структуру методики проведения исследований и измерений параметров и характеристик	введение (включающее актуальность выбранной тематики), цели и задачи исследования, исследовательская (проектная) часть
	ПК-2.2Умеет анализировать результаты исследований и измерений параметров и характеристик изделий нанотехнологии и микросистемной техники	список использованных источников (в том числе источники на иностранном языке), приложения (при необходимости), исследовательская (проектная) часть
	ПК-2.3Владеет навыками разработки методик проведения исследований и измерений	введение (включающее актуальность выбранной тематики), цели и задачи исследования, исследовательская (проектная) часть
ПК-3Готов разрабатывать физические и математические модели, проводить компьютерное моделирование исследуемых физических процессов в области нанотехнологии и микросистемной техники		
	ПК-3.1Знает физические и математические модели и методы моделирования исследуемых физических процессов, лежащих в основе принципов действия объектов нанотехнологии и микросистемной техники	цели и задачи исследования, аналитический обзор литературы, исследовательская

		(проектная) часть
	ПК-3.2Умеет формулировать и решать задачи, использовать математический аппарат и численные методы для анализа, синтеза и компьютерного моделирования объектов нанотехнологии и микросистемной техники	исследовательская (проектная) часть
	ПК-3.3Владеет математическим аппаратом для решения теоретических и прикладных задач из области нанотехнологии и микросистемной техники, методами исследования и моделирования объектов нанотехнологии и микросистемной техники	цели и задачи исследования, аналитический обзор литературы, исследовательская (проектная) часть
ПК-4Готов выполнять научно-технические отчеты, доклады, публикации по результатам выполненных исследований		
	ПК-4.1Знает структуру и правила оформления научных и технических отчетов	введение (включающее актуальность выбранной тематики), аналитический обзор литературы, исследовательская (проектная) часть
	ПК-4.2Умеет представлять результаты выполненных исследований в виде докладов и публикаций	Аннотация, цели и задачи исследования, аналитический обзор литературы, подготовка доклада, защита ВКР, исследовательская (проектная) часть
	ПК-4.3Владеет навыками публичного представления результатов выполненных исследований	Аннотация, цели и задачи исследования, аналитический обзор литературы, подготовка доклада, защита ВКР, исследовательская (проектная) часть
ПК-19.В/НАСпособен осуществлять профессиональную деятельность с учетом региональных особенностей и потребностей работодателей.		

	ПК-19.В/НА.1Знает специфику социально-экономического развития и рынка труда в области профессиональной деятельности в своем регионе.	введение (включающее актуальность выбранной тематики), исследовательская (проектная) часть
	ПК-19.В/НА.2Умеет решать профессиональные задачи на предприятиях и в организациях профильной отрасли своего региона.	введение (включающее актуальность выбранной тематики), исследовательская (проектная) часть

2.2 Структура выпускной квалификационной работы

Выпускная квалификационная работа содержит следующие разделы:

- задание на выпускную квалификационную работу
- аннотация,
- содержание (перечень разделов),
- введение (включающее актуальность выбранной тематики),
- цели и задачи исследования,
- аналитический обзор литературы
- исследовательская (проектная) часть
- экономическая часть
- заключение
- список использованных источников (в том числе источники на иностранном языке)
- приложения (при необходимости).

2.3 Методика оценки выпускной квалификационной работы

2.3.1 Выпускная квалификационная работа подлежит обязательной публичной защите на заседании ГЭК. Члены ГЭК оценивают содержание работы и ее защиту, включающую доклад и ответы на вопросы, по критериям, приведенным в разделе 2.4.

2.3.2 Согласованная итоговая оценка выставляется на основании оценок членов ГЭК с учетом оценки руководителя работы. Итоговая оценка по результатам защиты выпускной квалификационной работы выставляется по 100-балльной шкале, по буквенной шкале ECTS и в традиционной форме (в соответствии с действующим **Положением о балльно-рейтинговой системе оценки достижений студентов НГТУ**).

2.4 Критерии оценки ВКР

Критерии оценки выпускной квалификационной работы по 100-бальной шкале приведены в таблице 2.4.1. На основании данных критериев при оценке ВКР делается вывод о сформированности компетенций и соотнесенных с ними индикаторов на разных уровнях.

Таблица 2.4.1

Критерии оценки ВКР	**Уровень сформированности компетенций**	**Диапазон баллов**
- ВКР носит самостоятельный характер; - актуальность темы обоснована; - результаты по теме ВКР аргументированы, самостоятельны,	Продвинутый	87-100

отображают сформированность компетенций и соотнесенных с ними индикаторов на продвинутом уровне и высокий уровень подготовленности студента к самостоятельной профессиональной деятельности; - представление работы в устном докладе полностью отражает полученные результаты; - защита сопровождается наглядной презентацией результатов ВКР; - ответы студента на вопросы комиссии аргументированы и свидетельствуют о глубоком владении изученным материалом; - структура и оформление ВКР соответствует требованиям НГТУ; - ВКР имеет положительный отзыв научного руководителя и рецензию рецензента; - оригинальность текста ВКР близка к максимальным значениям.		
- ВКР носит самостоятельный характер; - актуальность темы обоснована; - результаты по теме ВКР аргументированы, самостоятельны, отображают сформированность компетенций и соотнесенных с ними индикаторов на базовом уровне и достаточный уровень подготовленности студента к самостоятельной профессиональной деятельности; - представление работы в устном докладе полностью отражает полученные результаты; - защита сопровождается наглядной презентацией результатов ВКР; - ответы студента на вопросы комиссии аргументированы и свидетельствуют о хорошем владении изученным материалом; - структура и оформление ВКР соответствует требованиям НГТУ; - ВКР имеет положительный отзыв научного руководителя и рецензию рецензента; - оригинальность текста ВКР существенно превышает минимально допустимую долю (%).	Базовый	73-86
- ВКР носит самостоятельный характер; - актуальность темы обоснована; - результаты по теме ВКР аргументированы, самостоятельны, отображают сформированность компетенций и соотнесенных с ними индикаторов на пороговом уровне и достаточный уровень подготовленности студента к самостоятельной профессиональной деятельности; - представление работы в устном докладе отражает полученные результаты; - защита сопровождается наглядной презентацией результатов ВКР; - ответы студента на вопросы комиссии свидетельствуют о владении изученным материалом; - структура и оформление ВКР соответствует требованиям НГТУ; - ВКР имеет положительный отзыв научного руководителя и рецензию рецензента; - оригинальность текста ВКР незначительно превышает минимально допустимую долю (%).	Пороговый	50-72
- ВКР носит не самостоятельный характер; - актуальность темы не обоснована; - результаты по теме ВКР отображают не сформированность компетенций и соотнесенных с ними индикаторов и не подготовленность студента к самостоятельной профессиональной деятельности; - представление работы в устном докладе не отражает полученные результаты; - защита сопровождается презентацией; - ответы студента на вопросы комиссии свидетельствуют фрагментарном владении материалом; - ВКР выполнена с нарушениями требований НГТУ к структуре и оформлению данного типа работ;	Ниже порогового	0-49

- ВКР имеет отрицательный отзыв научного руководителя и рецензию рецензента; - минимально допустимая доля оригинального текста ВКР ниже установленного процента.		