

# ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

## ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**Направление подготовки** 11.04.04 Электроника и наноэлектроника  
**Уровень магистратура**

**Магистерская программа:** Квантовая инженерия: материалы, электроника, коммуникации и вычисления

**Квалификация** магистр

**Форма обучения** очная

**Срок обучения** 2 года

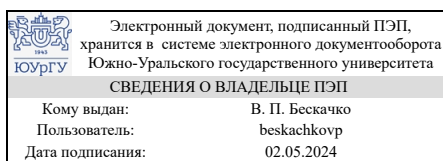
**Язык обучения** Русский

ФГОС ВО по направлению подготовки утвержден приказом Минобрнауки от 22.09.2017 № 959.

Разработчики:

Руководитель направления  
подготовки

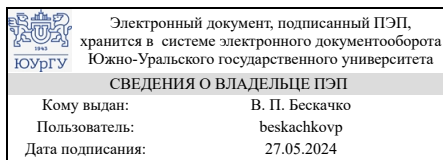
д. физ.-мат.н., доцент



В. П. Бескачко

Руководитель магистерской  
программы

д. физ.-мат.н., доцент



В. П. Бескачко

Челябинск 2024

## 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Образовательная программа высшего образования по направлению подготовки 11.04.04 Электроника и наноэлектроника разработана на основе ФГОС ВО, профессиональных стандартов, с учетом потребностей регионального рынка труда, традиций и достижений научно-педагогической школы университета с учетом требований федерального законодательства.

Образовательная программа включает в себя: описание, учебный план с графиком учебного процесса, рабочие программы дисциплин, программы практик, итоговой аттестации, а также оценочные и методические материалы, рабочую программу воспитания, календарный план воспитательной работы, формы аттестации.

Образовательная программа имеет своей целью формирование универсальных и общепрофессиональных компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО, а также профессиональных компетенций, сформулированных самостоятельно на основе профессиональных стандартов, потребностей регионального рынка труда.

Магистерская программа Квантовая инженерия: материалы, электроника, коммуникации и вычисления ориентирован на профессиональную деятельность в следующих областях (сферах):

Области и сферы профессиональной деятельности	Код и наименование профессионального стандарта	Код и наименование обобщенной трудовой функции	Коды и наименования трудовых функций
06 Связь, информационные и коммуникационные технологии	06.054 Специалист по исследованиям и разработкам в области квантовых коммуникаций	Ф Проведение научных исследований в области квантовых коммуникаций и оформление их результатов	Ф/01.7 Проведение теоретических и экспериментальных исследований в области создания и эксплуатации оборудования, приборов и комплексов для систем квантовых коммуникаций
40 Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности в сфере эксплуатации электронных средств	40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам	В Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при исследовании самостоятельных тем	В/02.6 Проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований

Выпускники могут осуществлять профессиональную деятельность в других областях или сферах профессиональной деятельности при условии соответствия уровня их образования и полученных компетенций требованиям к квалификации работника.

Магистерская программа Квантовая инженерия: материалы, электроника, коммуникации и вычисления конкретизирует содержание программы путем ориентации на области/сферы профессиональной деятельности выпускников; научно-исследовательский типы задач; объекты профессиональной деятельности: электронные и оптические методы и устройства извлечения, передачи и обработки информации, основанные на классических и квантовых принципах ее

представления; материалы, необходимые для создания эффективных информационных устройств следующих поколений, методы компьютерного моделирования перспективных материалов и устройств электроники и фотоники; области знания профессиональной деятельности: электроника, наноэлектроника, нанотехнологии, оптические коммуникации, квантовые технологии: коммуникации и вычисления, компьютерное моделирование, материаловедение.

Образовательная программа имеет государственную аккредитацию. Государственная итоговая аттестация выпускников является обязательной и осуществляется после выполнения обучающимся учебного плана или индивидуального учебного плана в полном объеме (часть 6 статьи 59 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ "Об образовании в Российской Федерации").

ГИА по магистерской программе включает: государственный экзамен и защиту выпускной квалификационной работы.

## 2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Результаты освоения образовательной программы определяются приобретаемыми выпускником компетенциями, т. е. его способностью применять знания, умения, навыки в соответствии с задачами профессиональной деятельности.

Перечень формируемых у выпускника компетенций и индикаторы их достижения:

Формируемые компетенции (код и наименование компетенции)	Индикаторы достижения компетенций	Результаты обучения (знания, умения, практический опыт)
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	составляет план при решении возникающих задач	Знает: источники профессиональной информации, методы ее поиска, проверки и рационального хранения. Умеет: осуществлять критический анализ полученной информации, выявлять возможные проблемы ее использования в проекте, разрабатывать стратегию действий, позволяющую минимизировать риски. Имеет практический опыт: разрешения проблемных ситуаций на этапах планирования и выполнения проекта.
УК-2 Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	разрабатывает концепцию проекта в рамках обозначенной проблемы: формулирует цель, задачи, обосновывает актуальность, значимость, ожидаемые результаты и возможные сферы их применения	Знает: основы патентного права; этапы жизненного цикла проекта. Умеет: составлять заявку на патент; управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла. Имеет практический опыт: составления заявки на патент или другие виды защиты результатов интеллектуальной деятельности.

<p>УК-3 Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели</p>	<p>разрешает конфликты и противоречия при деловом общении на основе учета интересов всех сторон</p>	<p>Знает: основы профессиональной этики, методы формирования команды проекта и основы управления командой. Умеет: организовывать работу команды. Имеет практический опыт: работы в команде.</p>
<p>УК-4 Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия</p>	<p>понятно и грамотно излагает свои мысли</p>	<p>Знает: основы русского языка; терминологию на русском и иностранном языке, принятую в данной профессиональной области для описания устройств, систем и процессов, а также связи между русскими и иностранными терминами, позволяющие однозначно установить соответствие между ними; правила и нормы, принятые в России и за рубежом для делового общения на разных его уровнях (официальном или личном). Умеет: читать, писать, общаться на русском языке; представлять замысел исследования, его план и результаты в ясной и логически последовательной форме на русском и иностранных языках; обсуждать все аспекты работы в равноправном диалоге с сотрудниками и оппонентами; участвовать в дискуссиях, аргументировано защищая свою точку зрения с использованием средств мультимедиа. Имеет практический опыт: общения на разговорном и письменном русском языке; представления результатов исследований в форматах, принятых в научной среде для обмена и обсуждения научной информации в устной и письменной форме – статей, отчетов, сообщений, докладов, тезисов и рефератов.</p>

<p>УК-5 Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия</p>	<p>создает культуру уважительного отношения друг к другу в коллективе</p>	<p>Знает: различия в культурах народов, населяющих РФ. и в культурных традициях народов других стран, с которыми существует взаимодействие в профессиональной области; особенности русской культуры и культурные традиции народов, населяющих РФ.  Умеет: учитывать особенности культуры участников процесса профессионального общения; строить отношения с окружением, учитывая особенности культуры участников общения.  Имеет практический опыт: общения с представителями различных культур; взаимодействия с представителями различных культур РФ.</p>
<p>УК-6 Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки</p>	<p>оценивает свои ресурсы и их пределы, целесообразно их использует</p>	<p>Знает: собственные научные приоритеты.  Умеет: выделять приоритеты и находить способы их реализации.  Имеет практический опыт: публичных выступлений.</p>
<p>ОПК-1 Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора</p>	<p>применяет методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности</p>	<p>Знает: этапы развития современных электроники и фотоники; физические и технологические основы создания современных классических и квантовых устройств обработки и передачи информации; механизмы взаимодействия излучений с веществом, физические модели процессов модификации свойств материалов электроники и фотоники с помощью облучения потоками частиц и излучений; источники физических полей в живых организмах и особенности их измерения; механизмы взаимодействия биологических сред с инородными телами - оптическими и электронными устройствами нанометрового масштаба, современное состояние применения нанотехнологий в медицине и биологии; классические и квантовые модели света, базовых элементов оптических систем (светоделителей, интерферометров, резонаторов, изоляторов, лазеров, усилителей, источников и детекторов), квантового шума, сжатого света;</p>

принципы квантовых измерений и квантового кодирования информации; актуальные проблемы современной электроники и фотоники, перспективы в создании современных классических и квантовых устройств обработки и передачи информации, возникающие в случае разрешения этих проблем.

Умеет: выявлять в имеющей место проблеме естественнонаучную составляющую, оценивать принципиальную возможность решения возникших задач методами естественных и технических наук; теоретически исследовать радиационные повреждения в материалах и влияние этих повреждений на свойства электронных и оптических устройств; оценивать целесообразность применения наноэлектронных технологий при изучении или решении конкретных медико-биологических проблем; классифицировать состояния световых полей, применять адекватные модели для взаимодействия данного вида света с элементами оптических систем, правильно интерпретировать результаты экспериментов со светом разного вида; выявлять физическую и технологическую природу проблем и определять комплекс естественно-научных дисциплин, с помощью которых возможно их разрешение, используя для этого передовой отечественный и зарубежный опыт.

Имеет практический опыт: идентификации возможных проблем, возникающих по ходу планирования и исполнения работ по проекту; расчета радиационного воздействия на свойства материалов и работу электронных и оптических приборов; моделирования наноэлектронных сенсоров биологических систем; выполнения ключевых экспериментов квантовой оптики; анализа проблемных ситуаций, встречающихся в области наноэлектроники и фотоники, и путей, приведших к их разрешению.

<p>ОПК-2 Способен применять современные методы исследования, представлять и аргументировано защищать результаты выполненной работы</p>	<p>демонстрирует способность интерпретации результатов измерений и экспериментов</p>	<p>Знает: основы современных методов научного исследования, требования к научному отчету; основные методы исследования электронных и оптических систем: теоретическое описание физических эффектов, положенных в основу работы устройства, математическое и компьютерное моделирование его работы, экспериментальное исследование свойств лабораторных образцов материалов и устройств, опытно-промышленные испытания.</p> <p>Умеет: подготавливать и оформлять отчет о проделанной работе; анализировать, обобщать и защищать результаты проведенного исследования.</p> <p>Имеет практический опыт: научно-исследовательской деятельности, оформления отчетов; публичного представления и защиты результатов исследования в устной или письменной форме в научных изданиях или собраниях ученых.</p>
<p>ОПК-3 Способен приобретать и использовать новую информацию в своей предметной области, предлагать новые идеи и подходы к решению инженерных задач</p>	<p>использует в работе различные источники информации, выбирает подходящий к ситуации способ представления информации</p>	<p>Знает: основные источники информации о современном состоянии исследований и разработок в области наноэлектроники и квантовых технологий: отечественные и иностранные специализированные журналы, труды конференций, базы данных, специализированные сайты и поисковые системы интернета.</p> <p>Умеет: анализировать поток опубликованных данных, выделяя в нем информацию, отличающуюся достоверностью, новизной и полезностью для решения поставленной задачи.</p> <p>Имеет практический опыт: синтеза имеющихся и новых знаний для разработки новых материалов и моделей для устройств электроники и фотоники.</p>

<p>ОПК-4 Способен разрабатывать и применять специализированное программно-математическое обеспечение для проведения исследований и решения инженерных задач</p>	<p>применяет моделирование для решения практических задач</p>	<p>Знает: численные методы решения стандартных задач математики, математическую формулировку задач, возникающих в области электроники и фотоники, численные схемы, реализующие математическую модель материала или устройства.</p> <p>Умеет: использовать в работе пакеты программ для решения стандартных математических задач, задач обработки и графического представления данных; эксплуатировать специализированное программное обеспечение, предназначенное для моделирования свойств материалов и устройств электроники и фотоники.</p> <p>Имеет практический опыт: использования специализированного программного обеспечения в решении поставленной задачи.</p>
---	---	--

- 1) Компоненты цифровой электроники
- 2) Квазиклассические модели электронных устройств
- 3) Квантово-статистические методы наноэлектроники



Формируемые компетенции (код и наименование компетенции)	Индикаторы достижения компетенций	Профессиональный стандарт и трудовые функции	Результаты обучения (знания, умения, практический опыт)
<p>ПК-1 Проведение теоретических и экспериментальных исследований в области создания оборудования для систем квантовых коммуникаций</p>	<p>Знает: физические принципы работы классических и квантовых базовых элементов волоконно-оптических устройств, математические модели, описывающие их функциональные свойства</p>	<p>06.054 Специалист по исследованиям и разработкам в области квантовых коммуникаций F/01.7 Проведение теоретических и экспериментальных исследований в области создания и эксплуатации оборудования, приборов и комплексов для систем квантовых коммуникаций</p>	<p>Знает: основные положения квантовой механики, их математическую формулировку; уравнения движения квантовых систем в формах Гейзенберга и Шредингера, приближенные методы решения стационарных и нестационарных задач (теорию возмущений и вариационные метод); иерархию уровней моделирования структуры и свойств материалов: микроскопический (атомистический), мезоскопический и макроскопический уровни; теоретические основы построения и исследования квантовых (первопринципных) и классических (молекулярная динамика, Монте-Карло) атомистических моделей вещества; особенности моделирования объемных и низкоразмерных форм материалов, перспективных для использования в устройствах электроники и фотоники; физические принципы работы классических и квантовых базовых элементов волоконно-оптических устройств, математические модели, описывающие их функциональные свойства</p> <p>; основные законы и методы квантовой информатики, теорию построения квантовых алгоритмов, теорию работы квантового компьютера</p> <p>Умеет: решать типовые задачи</p>

			<p>квантовой механики: о свободной частице, о частице в потенциальных ямах размерности 1, 2 и 3 разной глубины и формы, прохождения частицей потенциальных барьеров, задачу о линейном гармоническом осцилляторе путем интегрирования стационарного уравнения Шредингера и с помощью операторов рождения-уничтожения частиц; использовать современные программные пакеты, реализующие методы атомистического классического и квантового моделирования, обработку результатов и их представление; применять законы классической и квантовой физики, методы математического и компьютерного моделирования при решении задач расчёта характеристик оптических устройств; использовать методы квантовой информатики</p> <p>Имеет практический опыт: аналитического и численного решения простых модельных задач, встречающихся в курсах электроники и квантовой оптики; применения современных методов моделирования для решения научно-исследовательских или учебных задач; расчёта свойств базовых элементов волоконно-оптических устройств; определения применимости известных методов квантового компьютеринга для решения поставленной задачи</p>
ПК-2 Готов формулировать цели и задачи научных исследований в	Умеет применять изученные методы для решения поставленных задач: проводить теоретическое	40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам	Знает: основы цифровой электроники, физические и логические принципы работы ее компонентов, их номенклатуру и математические

<p>соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и нанoeлектроник и, а также смежных областей науки и техники, способностью обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач</p>	<p>исследование проблемы, строить модели устройств, планировать и ставить эксперименты по проверке выдвинутых гипотез, правильно интерпретировать их результаты, критически анализировать литературные источники по тематике своих научных интересов, представлять полученные результаты в форме, принятой в научной среде.</p>	<p>В/02.6 Проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований</p>	<p>методы проектирования[1]; принципы построения квазиклассических моделей электронных устройств и условия их применимости[2]; постановку задач в физике классических и квантовых систем, состоящих из многих частиц; принцип тождественности частиц в квантовой механике и следствия из него; метод вторичного квантования и представление чисел заполнения; методы Монте-Карло для исследования свойств классических и квантовых систем, в том числе и систем, рассматриваемых в электронике и фотонике[3]; основные понятия области своих научных интересов; принципы работы интеллектуальных твердотельных датчиков, их классификацию, основные параметры и характеристики; источники шума и способы выделения сигнала на фоне шума; стандартные интерфейсы и микропроцессоры, используемые в интеллектуальных датчиках; основные экспериментальные методики, используемые в области своих научных интересов; логику работы микропроцессорных систем; современные производственные процессы и технологии в области микропроцессорных систем; особенности в строении и свойствах наноразмерных структур, методы их получения; основы теории электронных кинетических эффектов в твердых телах (металлах, полуметаллах,</p>
---	---	--	---

полупроводниках);  
классические и квантовые  
размерные эффекты в  
электропроводности; методы  
измерения электропроводности  
низкоразмерных образцов;  
основные методики анализа и  
моделирования, используемые в  
области своих научных  
интересов; о перспективах  
использования в электронике  
сверхпроводников,  
низкоразмерных структур,  
магнетиков, метаматериалов,  
электрон-ионных проводников,  
твердых электролитов;  
физические принципы работы  
устройств, использующих эти  
материалы; принципы  
написания научной работы по  
выбранной тематике  
Умеет: проводить  
экспериментальные  
исследования электронных  
узлов и устройств, выбирать  
базовые элементы электроники  
исходя из поставленной задачи;  
строить квазиклассические  
модели устройств; применять  
изученные методы для решения  
поставленных задач;  
критически читать  
литературные источники по  
тематике своих научных  
интересов; выбирать тип и  
характеристики твердотельных  
датчиков для решения  
поставленной задачи;  
планировать и ставить  
эксперименты по проверке  
выдвинутых гипотез; выбирать  
оптимальный метод решения  
прикладных задач с помощью  
микропроцессорных систем;  
использовать современные  
методы для оценки параметров  
переноса заряда в  
низкоразмерных структурах;  
проводить теоретическое

		<p>исследование поставленной проблемы; использовать особые свойства новых материалов при проектировании устройств электроники; вербализовать полученные результаты</p> <p>Имеет практический опыт: выбора компонентов цифровой электроники для решения исследовательской или учебной задачи; программной реализации моделей; применения метода Монте-Карло для решения типовых задач, не требующих больших вычислительных ресурсов; формулирования цели и задач дипломного исследования, написания литературного обзора; определения параметров твердотельных датчиков; осуществления и руководства экспериментальными исследованиями по отдельным задачам; применения микропроцессорных систем для решения прикладных исследовательских или учебных задач; подготовки и аттестации образцов тонкопленочных структур, измерения их электрических и оптических свойств; анализа полученных результатов; определения служебных свойств материалов твердотельной электроники; критического анализа результатов; написания научной работы</p>
--	--	---

### 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

	УК-1	УК-2	УК-3	УК-4	УК-5	УК-6	ОПК-1	ОПК-2	ОПК-3	ОПК-4	ПК-1	ПК-2
История и методология науки в области электронных и информационных технологий							+					
Иностранный язык в профессиональной деятельности				+	+							
Математические модели классических и квантовых устройств									+	+		
Управление проектами			+									
Актуальные проблемы нанoeлектроники и фотоники							+					
Радиационные технологии в электронике							+					

Физические основы оптической и квантовой информатики							+						
Семинар по теме научно-исследовательской работы						+		+					
Патентование		+											
Твердотельные интеллектуальные датчики													+
Квантовые вычисления и коммуникации											+		
Электроника структур пониженной размерности													+
Дополнительные главы квантовой механики												+	
Оптические коммуникации												+	
Компоненты цифровой электроники													+







## **4. СВЕДЕНИЯ ОБ УСЛОВИЯХ РЕАЛИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Ресурсное обеспечение образовательной программы отвечает требованиям к условиям реализации образовательных программ высшего образования, определяемых ФГОС ВО по данному направлению подготовки.

### **4.1. Общесистемное обеспечение программы**

Университет располагает материально-технической базой, соответствующей действующим противопожарным правилам и нормам. Перечень задействованных учебных лабораторий представлен в рабочих программах дисциплин, практик.

Каждый обучающийся в течение всего периода обучения обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронно-библиотечной системе «Лань» и к электронной информационно-образовательной среде университета. Университетом разработана информационная аналитическая система «Универис», доступ студента к которой осуществляется через личный кабинет. Студент имеет возможность ознакомиться с учебным планом, рабочими программами изучаемых дисциплин, практик, электронными образовательными ресурсами. В системе также хранятся сведения о результатах текущей и промежуточной аттестации каждого студента; через раздел «Топ-500» формируется электронное портфолио обучающегося, в том числе имеется возможность сохранения его работ и оценок за эти работы; имеется возможность общаться с любым участником образовательного процесса по электронной почте.

### **4.2. Материально-техническое обеспечение программы**

Учебные аудитории университета оснащены необходимым оборудованием и техническими средствами обучения, обеспечивающими проведение всех видов дисциплинарной и междисциплинарной подготовки, лабораторной, практической и самостоятельной работы обучающихся, предусмотренными учебным планом вуза, и соответствующими действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Перечень материально-технического обеспечения, используемого при реализации образовательной программы, приведен в рабочих программах дисциплин и практик.

Помещения для самостоятельной работы студентов, оснащенные компьютерной техникой с возможностью выхода в сеть «Интернет», в том числе в электронную-информационно-образовательную среду университета.

Университет располагает необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, состав которого определен в рабочих программах дисциплин и практик.

Образовательная программа обеспечена учебно-методической документацией и материалами по всем учебным дисциплинам. Обучающимся обеспечен доступ к фондам учебно-методической документации.

### **4.3. Кадровое обеспечение реализации программы**

Реализация образовательной программы обеспечивается педагогическими работниками университета, а также лицами, привлекаемыми к реализации программы на иных условиях.

Квалификация педагогических работников университета отвечает квалификационным требованиям, указанным в профессиональных стандартах (при наличии) и (или) квалификационных справочниках.

Все преподаватели занимаются научной, учебно-методической и (или) практической деятельностью, соответствующей профилю преподаваемых дисциплин.

Доля педагогических работников (в приведенных к целочисленным значениям ставок), имеющих ученую степень и (или) ученое звание, в общем числе педагогических работников университета, составляет не менее 70 %.

Доля работников (в приведенных к целочисленным значениям ставок) из числа руководителей и (или) работников организаций, осуществляющих трудовую деятельность в профессиональной сфере, соответствующей профессиональной деятельности, к которой готовятся выпускники, (имеющих стаж работы в данной профессиональной сфере не менее 3 лет) в общем числе работников составляет не менее 10 %.

Общее руководство научным содержанием программы магистратуры осуществляет научно-педагогический работник университета, имеющий ученую степень, осуществляющий самостоятельные научно-исследовательские (творческие) проекты или участвующий в осуществлении таких проектов, по направлению подготовки, имеющий ежегодные публикации по результатам указанной научно-исследовательской (творческой) деятельности в ведущих отечественных и (или) зарубежных рецензируемых научных журналах и изданиях, а также осуществляющий ежегодную апробацию результатов указанной научно-исследовательской (творческой) деятельности на национальных и международных конференциях.

#### **4.4. Финансовые условия реализации программы**

Размер средств на реализацию образовательной программы ежегодно утверждается приказом ректора.

#### **4.5. Механизмы оценки качества образовательной деятельности и подготовки обучающихся по программе**

Качество образовательной деятельности и подготовки обучающихся по программе определяется в соответствии с Положением о внутренней независимой оценке качества образования.