

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Гаврилов Сергей Александрович
Должность: Ректор
Дата подписания: 16.09.2026 11:55:24
Уникальный программный ключ:
488ddcd30399efca200d034e027f45455f6eb1b9

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет
«Московский институт электронной техники»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе,

А.Г. Балашов

«20» июня 2026 г.

М.П.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Гибкая биоэлектроника»

Направление подготовки 12.04.04 «Биотехнические системы и технологии»

Направленность (профиль) «Биомедицинская электроника»

Москва 2026

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Компетенция ПК-2 «Способен определять требования к разрабатываемым интеллектуальным биотехническим системам и медицинским изделиям» сформулирована на основе профессионального стандарта 26.014 «Специалист по проектированию, сопровождению производства и эксплуатации биотехнических систем».
Обобщенная трудовая функция С. Разработка, постановка на производство интеллектуальных биотехнических систем и технологий медицинского, экологического и биометрического назначения.

Трудовая функция С/02.7 Проектирование интеллектуальных биотехнических систем и технологий медицинского, экологического и биометрического назначения.

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
ПК-2.ГБЭ Способен определять требования к разрабатываемым интеллектуальным биотехническим системам гибкой биомедицинской электроники.	Разработка интеллектуальных систем гибкой биомедицинской электроники.	Знания: - основных принципов и технологий, используемых в изготовлении гибкой биомедицинской электроники; - применения гибкой электроники в биологических процессах и методов интеграции гибкой электроники с биологическими системами. Умения: - применять приобретённые знания при решении задач, направленных на контроль структурных, механических и электрических свойств материалов гибкой электроники. - проводить анализ и оценку производительности гибкой биомедицинской электроники. Опыт деятельности: - анализа научно-технической литературы о методах исследования материалов гибкой биомедицинской электроники. - сравнительного анализа методов проектирования гибкой биомедицинской электроники для определения оптимальных технологических решений в производстве электронных устройств медицинских приложений.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений, Блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы, является элективной.

Входные требования к дисциплине - для изучения дисциплины необходимо:

– знать основы физики твёрдого тела и физической химии, основы органической химии и биохимии, основы анатомии и физиологии человека, принципы работы электронных измерительных приборов и методов микроскопии и спектроскопии;

– уметь применять базовые физические и химические законы для описания свойств веществ и материалов, обрабатывать и анализировать экспериментальные данные, читать и анализировать научно-техническую литературу на иностранном языке.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Курс	Семестр	Общая трудоёмкость (ЗЕ)	Общая трудоёмкость (часы)	Контактная работа			Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация
				Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
1	2	4	144	16	-	32	60	Экз (36)

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
1. Введение в гибкую биомедицинскую электронику	4	-	6	18	Тестирование
2. Методы создания компонентов на основе наноматериалов для электроники и биомедицины	4	-	10	18	Контрольная работа 1

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
3. Методы формирования материалов: физические, химические и электрохимические	4	-	8	14	Контрольная работа 2
4. Методы исследования и измерения морфологии и свойств наноструктур.	4	-	8	10	Защита индивидуального задания

4.1. Лекционные занятия

№ модуля	№ дисциплины	№ лекционного занятия	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	1	2	Роль и значение гибких электронных устройств в медицинских приложениях.
		2	2	Существующие и потенциальные технологии и устройства для диагностики, мониторинга и лечения на основе гибкой биомедицинской электроники.
2	3	3	2	Углеродные наноматериалы. Фуллерены и углеродные нанотрубки. Графен и оксид графена. Методы синтеза. Физико-химические свойства. Управление свойствами каркасных наноматериалов из углеродных нанотрубок.
		4	2	Методы получения материалов гибкой биомедицинской электроники из систем углеродных наноматериалов. Лазерные методы получения каркасных наноматериалов.
3	5	5	2	Физические методы: вакуум-термическое и ионно-плазменное осаждение. Химическое осаждение из газовой фазы. Атомно-слоевое осаждение. Электрохимическое осаждение.
		6	2	Технология пленок Ленгмюра-Блоджетта. Печатные технологии. Трафаретная печать. Фотолитография. Методы мягкой литографии.
4	7	7	2	Просвечивающая электронная микроскопия и растровая электронная микроскопия. Принципы действия. Границы применимости.
		8	2	Оже-электронная микроскопия, вторичная ионная масс-спектрометрия, рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия.

			Принципы действия. Границы применимости.
--	--	--	--

4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	1	Гибкие биомедицинские микро- нанoeлектромеханические системы: технологии, применение и перспективы.
	2	1	Гибкие имплантируемые электроды: протезирование, запись нейронных сигналов и нейромодуляция.
	3	2	Датчики мониторинга активности пациентов с двигательной дисфункцией.
	4	2	Носимые и имплантируемые устройства на основе гибкой и растягивающейся электроники для сердечно-сосудистой медицины. Тест №1.
2	5	2	Использование металлических наночастиц в качестве материалов для гибкой биомедицинской электроники.
	6	2	Методы получения углеродных наноматериалов: электродуговое распыление графита, абляция графита с помощью лазерного или солнечного облучения и каталитическое разложение углерода.
	7	3	Механические, электрические, термические, химические и оптические свойства наноматериалов на основе углерода.
	8	3	Биосовместимые проводники на основе природных биополимеров для растягивающейся биоэлектроники. Контрольная работа №1.
3	9	2	Физические основы создания материалов по принципам «сверху-вниз» и «снизу-вверх».
	10	2	Изготовление и проблемы 3D-печатных датчиков для биомедицинских приложений.
	11	2	Лазерно-индуцированный графен: механизм, изготовление, свойства и применение в гибкой электронике.
	12	2	Пленки Ленгмюра-Блоджетта: биомедицинское применение, сравнение с послойным методом нанесения пленок (layer-by-layer). Контрольная работа №2.
4	13	2	Методы исследования электро-механических свойств материалов гибкой биомедицинской электроники. Заслушивание научно-технических докладов по теме индивидуального задания.
	14	2	Зондовые методы получения и диагностики наноматериалов. Заслушивание научно-технических докладов по теме индивидуального задания.
	15	2	Синхротронные технологии: принципы действия и применение. Заслушивание научно-технических докладов по теме индивидуального задания.

	16	2	Комбинационное рассеяние света. Гигантское комбинационное рассеяние света. Заслушивание научно-технических докладов по теме индивидуального задания.
--	----	---	--

4.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены.

4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	12	Усвоение теоретического материала, изложенного на лекциях. Работа с учебной, учебно-методической и специальной научно-технической литературой, онлайн-ресурсами.
	6	Подготовка к тестированию
2	12	Усвоение теоретического материала, изложенного на лекциях. Работа с учебной, учебно-методической и специальной научно-технической литературой, онлайн-ресурсами.
	6	Подготовка к контрольной работе №1.
3	8	Усвоение теоретического материала, изложенного на лекциях. Работа с учебной, учебно-методической и специальной научно-технической литературой, онлайн-ресурсами.
	6	Подготовка к контрольной работе №2.
4	10	Усвоение теоретического материала, изложенного на лекциях. Работа с учебной, учебно-методической и специальной научно-технической литературой, онлайн-ресурсами. Подготовка к научно-техническому докладу по теме индивидуального задания.

4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Не предусмотрены.

5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы студентов в составе УМК дисциплины (ОРИОКС, <http://orioks.miet.ru/>):

- 1) конспекты лекций;
- 2) примеры заданий к контрольным работам;
- 3) список вопросов к экзамену;
- 4) методические рекомендации для студентов.

Модуль 1. «Введение в гибкую биомедицинскую электронику»

Для подготовки к практическим и контрольным мероприятиям по модулю использовать конспект лекций. Л1

Модуль 2. «Методы создания компонентов на основе наноматериалов для электроники и биомедицины»

Для подготовки к практическим и контрольным мероприятиям по модулю использовать конспект лекций. Л2

Модуль 3. «Методы формирования материалов: физические, химические и электрохимические»

Для подготовки к практическим и контрольным мероприятиям по модулю использовать конспект лекций. Л3.

Модуль 4. «Методы исследования и измерения морфологии и свойств наноструктур»

Для подготовки к практическим и контрольным мероприятиям по модулю использовать конспект лекций. Л4.

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Литература

1. Герасименко А.Ю. Биологические и биосовместимые материалы : Учеб. пособие / А.Ю. Герасименко, И.В. Пьянов; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ". - М.: МИЭТ, 2015. - 68 с. - ISBN 978-5-7256-0783-3.

2. Нано- и биокomпозиты / Под ред. А. К.- Т. Лау [и др.] ; перевод с английского И. Ю. Горбуновой, Т. П. Мосоловой. - 2-е изд., электронное. - М. : Лаборатория знаний, 2020. - 393 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/135507> (дата обращения: 12.06.2026). - ISBN 978-5-00101-727-1. - Текст : электронный.

3. Наноструктуры в биомедицине / Под ред. К.Е. Гонсалвес, К.Р. Хальберштадт, К.Т. Лоренсин, Л.С. Наир; Пер. с англ. С.А. Бусева, Т.П. Мосоловой, В.В. Хачояна. - 4-е изд. - Москва : Бином. Лаборатория знаний, 2020. - 538 с. - (Нанотехнологии). - URL: <https://e.lanbook.com/book/135509> (дата обращения: 12.06.2026). - ISBN 978-5-00101-729-5.

4. Герасименко А.Ю. Лазерная инженерия биосовместимых материалов : Учеб. пособие / А.Ю. Герасименко; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ". - М.: МИЭТ, 2017. - 72 с. - ISBN 978-5-7256-0848-9

Периодические издания

1. МЕДИЦИНСКАЯ ТЕХНИКА : научно-технический журнал. - Москва : Медицина, 1967 - . - Переводная версия BIOMEDICAL ENGINEERING. - ISSN 0025-8075. – Текст: непосредственный.

2. БИОМЕДИЦИНСКАЯ РАДИОЭЛЕКТРОНИКА: Международный научно-прикладной журнал / Издательство "Радиотехника". - М. : Радиотехника, 1998. - . - ISSN 1560-4136. – Текст: непосредственный.

7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. eLIBRARY.RU : научная электронная библиотека : сайт. – Москва, 2000. – URL: <http://www.elibrary.ru/> (дата обращения: 12.06.2026). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

2. Scopus: экспертно кураторская база данных рефератов и цитат: сайт. – Elsevier, 2020. - URL: <http://www.scopus.com> (дата обращения: 12.06.2026). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

3. Web of Science: поисковая интернет-платформа: сайт. – Clarivate, 2016 – URL: <https://clarivate.com/products/web-of-science/> (дата обращения: 12.06.2026). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Для взаимодействия преподавателей и студентов используются модули «Новости» и «Обратная связь» электронной информационно-образовательной среды ОРИОКС, а также электронная почта.

В образовательном процессе используются следующие основные подходы:

- прямая передача знаний от преподавателя студенту (лекции, семинары);
- передача знаний от преподавателя студенту в форме ответа на вопросы студентов;
- передача знаний от студента к студентам в форме изложения научно технических докладов;
- передача знаний от студента к студенту при обсуждении докладов;
- самостоятельное усвоение знаний при подготовке доклада (индивидуального задания).

При проведении занятий и для самостоятельной работы используются **внутренние электронные ресурсы** в формах электронных презентаций и сопровождающих их текстовых файлов, содержащих описание лекционного материала в электронной информационной образовательной среде ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>.

При проведении занятий и для самостоятельной работы используются внутренние электронные ресурсы в среде ОРИОКС (<http://orioks.miet.ru/>).

При необходимости дисциплина может быть реализована частично или полностью с применением дистанционных образовательных технологий. Лекционные и практические занятия, а также назначенные при необходимости консультации проходят с использованием интернет-сервисов видеоконференций «Яндекс.Телемост», «SberJazz» и голосового чата. Промежуточная аттестация проводится с использованием интернет-сервисов видеоконференций.

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
---	---	-----------------------------------

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
Учебная аудитория	Мультимедийное оборудование	Microsoft Windows, Microsoft Office, браузер
Помещение для самостоятельной работы обучающихся	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ	Microsoft Windows, Microsoft Office, браузер

10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

ФОС по подкомпетенции ПК-2.ГБЭ «Способен определять требования к разрабатываемым интеллектуальным биотехническим системам гибкой биомедицинской электроники».

Фонд оценочных средств представлен отдельным документом и размещен в составе УМК дисциплины электронной информационной образовательной среды ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

11.1. Особенности организации процесса обучения

Посещение лекций и практических занятий обязательно. Лекционный курс проводится в пассивной форме – в данном случае студенты выступают в роли обучаемых, которые овладевают материалом или воспроизводят его за преподавателем. Лекции являются научным и информативным материалом, с доказательными и аргументированными данными, обоснованными различными фактами и убедительными примерами. Лекции сопровождаются (иллюстрируются) мультимедийными материалами: презентациями, включающими в себя изображения, графики, таблицы; интернет сайтами, видео- или аудиороликами, демонстрационными программами и т.п.

Практические занятия происходят в активной и интерактивной форме, где студенты выступают в роли обучающихся, выполняющих творческие задания (подготовка научно-технических докладов с презентациями) и взаимодействующих как с преподавателем (активная форма), так и друг с другом и преподавателем (интерактивная форма) посредством диалога.

Самостоятельная работа студента по модулям включает в себя усвоение теоретического материала (полученного в ходе лекционных занятий), подготовка к контрольным мероприятиям дисциплины, подготовка научно-технических докладов и презентаций (работа с научными информационными источниками), а также анализ

информации, полученной при изложении докладов другими студентами группы. Самостоятельная работа не ограничивается только изучением материала, полученного в рамках курса. Во время подготовки к контрольным мероприятиям или поиска литературы по дисциплине студент повторяет материал, полученный на занятиях, а также находит новый материал по заинтересовавшей его теме.

Дополнительной формой контактной работы являются консультации. Консультации проводятся лектором по мере необходимости, их посещать необязательно.

11.2. Система контроля и оценивания

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется накопительная балльная система. По сумме баллов выставляется итоговая оценка по дисциплине. Структура и график контрольных мероприятий доступен в ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>.

Мониторинг успеваемости студентов проводится в течение семестра трижды: по итогам 8, 12 и 16 учебной недели.

При выставлении итоговой оценки используется шкала, приведенная в таблице:

Сумма баллов	Итоговая оценка
Менее 50	2
50 – 69	3
70 – 85	4
86 – 100	5

РАЗРАБОТЧИК:

Профессор Института БМС,
д.т.н., доцент



/А.Ю. Герасименко/

Рабочая программа дисциплины «Гибкая биоэлектроника» по направлению подготовки 12.04.04 «Биотехнические системы и технологии», направленности (профилю) «Биомедицинская электроника» разработана в Институте БМС и утверждена на заседании УС Института БМС 30.06.2026 года, протокол № 9.

Зам. директора по образовательной
деятельности Института БМС



/А.А. Данилов/

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа согласована с Центром подготовки к аккредитации и независимой оценки качества

Начальник АНОК



/И.М. Никулина/

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

/Директор библиотеки



/Т.П. Филиппова/

Рабочая программа согласована с представителем профессионального сообщества

Генеральный директор ООО «Эсдиар»



/К.В. Пожар/