



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«МИРЭА — Российский технологический университет»

РТУ МИРЭА

УТВЕРЖДАЮ
Первый проректор

_____ Н.И. Прокопов
« ____ » _____ 20 ____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

2.1.2 «Цифровые технологии в производственных процессах и научных исследованиях»

Научная специальность

2.2.2 «Электронная компонентная база микро- и нанoeлектроники, квантовых устройств»

Форма обучения

Очная

Москва 2025

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Цифровые технологии в производственных процессах и научных исследованиях» являются:

1. Получение фундаментальных и практических знаний в области цифровых технологий.
2. Формирование компетенций в области цифровых технологий для выполнения научных исследований и для производства.

2. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры

Дисциплина «Цифровые технологии в производственных процессах и научных исследованиях» является обязательной дисциплиной образовательного компонента блока «Дисциплины (модули)» учебного плана научной специальности 2.2.2 «Электронная компонентная база микро- и нанoeлектроники, квантовых устройств».

3. Требования к результатам освоения дисциплины «Наименование»

В ходе освоения дисциплины «Цифровые технологии в производственных процессах и научных исследованиях» идет дальнейшее формирование элементов (знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности) аспиранта:

способность к самостоятельному обучению новым методам исследования, способность к пониманию основных проблем в своей предметной области, выбору методов и средств их решения;

способность самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой своих исследований;

способность анализировать состояние научно-технической проблемы, систематизировать и обобщать научно-техническую информацию по теме исследований;

способность оценивать научную значимость и перспективы прикладного использования результатов исследований.

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

Знать:

основные подходы применяемые при цифровизации производственных процессов и научных исследований.

Уметь:

определять показатели цифровизации и осуществлять классификацию используемых информационно-коммуникационных технологий.

Владеть:

навыками применения цифровых технологий в производственных процессах и научных исследованиях.

4. Содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины «Цифровые технологии в производственных процессах и научных исследованиях» составляет 3 зачетных единицы (108 акад. часов).

4.1. Распределение объема дисциплины по разделам (темам), семестрам, видам учебной работы и формам контроля.

№ раздела	Семестр	Неделя семестра	Объем (в акад. час.)							Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)
			Всего	Контактная работа (по видам учебных занятий)				СР	Контроль	
				Всего	ЛК	ПР	СР под рук.			
1	4	1	4	2	2			2		Устное собеседование
1	1	2-3	10	4	2	2		4	2	Устное собеседование; выполнение практических заданий
2	1	4-5	10	4	2	2		4	2	Устное собеседование; выполнение практических заданий
2	1	6	8	2		2		4	4	Устное собеседование; выполнение практических заданий
3	1	7	4	2	2			2		Устное собеседование
3	1	8-9	10	4	2	2		4	4	Устное собеседование; выполнение практических заданий
4	1	10-11	10	4	2	2		4	4	Устное собеседование; выполнение практических заданий
5	1	12-13	10	4	2	2		4	4	Устное собеседование; выполнение практических заданий
6	1	14-15	12	4	2	2		4	4	Устное собеседование; выполнение практических заданий
7	1	16-18	14	6	2	4		4	4	Устное собеседование; выполнение практических заданий
По материалам курса			8						8	Экзамен
Всего в 4 семестре:			108	36	18	18	0	36	36	
Всего:			108	36	18	18	0	36	36	

4.2. Наименование и содержание разделов дисциплины

Номер темы	Наименование темы	Содержание темы
1.	Введение в	Цифровизация производственных процессов, анализ

Номер темы	Наименование темы	Содержание темы
	цифровизацию производственных процессов.	сегментов рынка: промышленные роботы, блокчейн, промышленные датчики, промышленная 3D-печать, машинное зрение, человеко-машинные интерфейсы (HMI), искусственный интеллект в производстве (AI), цифровой двойник (digital twin), автоматически-управляемое транспортное средство (AGV, Automated Guided Vehicle), дистанционный мониторинг состояния оборудования, складские системы (WMS), MES — и РМ-решения.
2.	Технологии создания цифровых двойников изделий	Создание цифровых платформ разработки цифровых двойников в двигателестроении на базе отечественной платформы разработки и применения цифровых двойников CML-Bench™. Разработка методики проектирования изделий для различных областей машиностроения: двигателестроения, железнодорожного машиностроения, энергетического машиностроения.
3.	Цифровые производственные технологии	Разработка технологии аддитивного производства: технология прямого лазерного выращивания изделий, в том числе функционально-градиентных и мультиметаллических; технология синтеза высокоэнтропийных сплавов в процессе прямого лазерного выращивания; технология дугового выращивания.
4.	Цифровизация при проведении фундаментальных исследований	Цифровая платформа концептуального проектирования и оптимизации изделий авиационной техники: моделирование конструкций из композиционных материалов; исследование возможности легирования высокоэнтропийных сплавов и изготовления порошковых материалов для аддитивных технологий; многофункциональные стеклообразные материалы нового поколения; новый конструкционный материал на основе алюминия; covid-19: исследования иммунитета; особенности формирования поля напряжений при прямом лазерном выращивании многослойных стенок; исследования в области проектирования киберфизических систем и систем интернета вещей.
5.	Анализ процессов цифровизации в сфере науки	Сложности определения показателей и классификации используемых информационно-коммуникационных технологий. Подходы к определению статистики в научных исследованиях и связанных с ними отраслях. Применение и расширение существующих баз данных по характеристикам материалов. Показатели развития исследований и разработок в области цифровых технологий.

Номер темы	Наименование темы	Содержание темы
6.	Основы статистики: анализ и методы представления информации	Элементы математической статистики. Выборочный метод. Статистическое распределение. Графическое и табличное представление статистической информации. Полигон и гистограмма. Эмпирическая функция распределения. Оценка параметров по выборке. Средние величины в статистике. Генеральная средняя. Выборочная средняя. Оценка генеральной средней. Генеральная дисперсия. Выборочная дисперсия. Эмпирическая дисперсия. Эмпирический стандарт. Доверительная вероятность. Доверительный интервал
7.	Обработка результатов измерений.	Измерения и их погрешности. Оценка точности значения измеряемой величины. Оценка точности измерений. Основы теории ошибок. Определение параметров эмпирических формул. Метод средней. Метод наименьших квадратов. Метод моментов. Метод максимального правдоподобия. Применение методов математической статистики к обработке результатов наблюдений. Масштабирование. Основы теории прогнозирования.

4.3. Лабораторные работы (ЛБ)

Учебным планом не предусмотрены.

4.4. Практические занятия (ПР)

№ п/п	Номер темы дисциплины	Тематика практических занятий	Трудоемкость (в акад. часах)
1	1	Анализ процессов цифровизации в различных отраслях промышленности.	2
2	2	Анализ технологий создания цифровых двойников изделий в различных отраслях промышленности.	2
3	2	Анализ применения искусственного интеллекта в производственных процессах.	2
4	3	Анализ технологий аддитивного производства.	2
5	4	Анализ подходов к цифровизации при проведении фундаментальных исследований.	2
6	5	Анализ существующих баз данных по характеристикам материалов разных классов.	2
7	6	Основы математической статистики. Методы представления и анализа информации	2
8	7	Обработка результатов наблюдений. Оценка погрешностей.	2
9	7	Метод наименьших квадратов.	2
Всего:			18

5. Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Виды самостоятельной работы обучающегося, порядок и сроки ее выполнения:

подготовка к лекциям и практическим занятиям с использованием конспекта лекций, материалов практических занятий и приведенных ниже (п 8.1 и 8.2) источников (в соответствии с расписанием занятий);

оформление отчетов по выполненным практическим заданиям и теоретическая подготовка к их сдаче (в соответствии с расписанием занятий).

Перечень вопросов для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации — в соответствии с тематикой дисциплины.

6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

6.1. Описание показателей и критериев оценивания знаний, умений и владений на различных этапах их формирования, описание шкал оценивая

6.1.1. Показатели и критерии оценивания, используемые шкалы оценивания

Показатели оценивания	Критерии оценивания	Средства оценивания	Шкалы оценивания
Умение	Правильность выполнения учебных заданий, аргументированность выводов	<i>Текущий контроль:</i> выполнение устных/письменных заданий, тестирование <i>Промежуточная аттестация:</i> экзамен	Шкала 1
Знание	Правильность и полнота ответов, глубина понимания вопроса	<i>Текущий контроль:</i> выполнение устных/письменных заданий, тестирование <i>Промежуточная аттестация:</i> экзамен	Шкала 1
Владение	Обоснованность и аргументированность выполнения учебной деятельности	<i>Текущий контроль:</i> выполнение практического задания, тестирование <i>Промежуточная аттестация:</i> экзамен	Шкала 2

6.1.2. Описание шкал оценивания степени сформированности знаний, умений и владений

Шкала 1. Оценка сформированности знаний, умений и владений

Обозначения		Формулировка требований к степени сформированности знаний, умений и владений		
Цифр.	Оценка			
		Знать	Уметь	Владеть
1	Неудовлетворительно	Отсутствие знаний	Отсутствие умений	Отсутствие навыков

Обозначения		Формулировка требований к степени сформированности знаний, умений и владений		
Цифр.	Оценка			
		Знать	Уметь	Владеть
2	Неудовлетворительно	Фрагментарные знания	Частично освоенное умение	Фрагментарное применение
3	Удовлетворительно	Общие, но не структурированные знания	В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение	В целом успешное, но не систематическое применение
4	Хорошо	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания	В целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков
5	Отлично	Сформированные систематические знания	Сформированное умение	Успешное и систематическое применение навыков

Шкала 2. Комплексная оценка сформированности знаний, умений и владений

Обозначения		Формулировка требований к степени сформированности знаний, умений и владений
Цифр.	Оценка	
1	Неудовлетворительно	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале
2	Удовлетворительно или неудовлетворительно (по усмотрению преподавателя)	Знать на уровне ориентирования , представлений. Субъект учения знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает их в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения
3	Удовлетворительно	Знать и уметь на репродуктивном уровне. Субъект учения знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях
4	Хорошо	Знать, уметь, владеть на аналитическом уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения
5	Отлично	Знать, уметь, владеть на системном уровне. Субъект учения знает изученный элемент содержания системно,

Обозначения		Формулировка требований к степени сформированности знаний, умений и владений
Цифр.	Оценка	
		произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания учебной дисциплины, его значимость в содержании учебной дисциплины

6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования знаний, умений и владений в процессе освоения образовательной программы.

Типовые вопросы и задания для текущего контроля (оценка сформированности элементов (знаний, умений, навыков) в рамках текущего контроля по дисциплине) по разделам дисциплины

Примеры вопросов по теме 1:

С какой целью осуществляется цифровизация производственных процессов?

Примеры вопросов по теме 2:

Каково назначение создания цифровых двойников изделий в различных отраслях промышленности?

Примеры вопросов по теме 3:

Приведите примеры применения искусственного интеллекта в производственных процессах.

Примеры вопросов по теме 4:

Приведите примеры технологий 3D-печати изделий из металлов.

Примеры вопросов по теме 5:

Приведите примеры применения цифровизации при проведении фундаментальных научных исследований.

С какими сложностями сталкиваются при определении показателей информационно-коммуникационных технологий?

Примеры вопросов по теме 6:

Какие виды представления статистической информации Вы знаете?

Примеры вопросов по теме 7:

Суть и возможности метода наименьших квадратов.

Пример практического задания по теме 1:

Проведите анализ процессов цифровизации в различных отраслях промышленности.

Пример практического задания по теме 2:

Проведите анализ технологий создания цифровых двойников изделий в различных отраслях промышленности.

Проведите анализ применения искусственного интеллекта в

производственных процессах.

Пример практического задания по теме 3:

Проведите анализ технологий аддитивного производства, применяемых при изготовлении изделий из металла.

Пример практического задания по теме 4:

Проведите анализ подходов к цифровизации при проведении фундаментальных исследований.

Пример практического задания по теме 5:

Проведите анализ существующих баз данных по характеристикам материалов разных классов.

Пример практического задания по теме 6:

Даны значения величины 2, 3, 5, 8 и их частоты 1, 2, 3, 4.

Построить полигон и найти относительные частоты

Пример практического задания по теме 7:

Из эксперимента известно, что искомая величина во времени принимала значения 8, 12, 16, 19 в 2011, 2012, 2013, 2014 годах соответственно. Методом наименьших квадратов построить линейный тренд и найти значение искомой величины в 2022 при сохранении тренда.

Перечень вопросов для подготовки к экзамену (оценка сформированности элементов (знаний, умений, навыков) в рамках промежуточной аттестации по дисциплине).

1. Тенденции развития, задачи и проблемы цифровизации.
2. Роль цифровых технологий в научной работе.
3. Возможности цифровых технологий в промышленности.
4. Цифровизация при разработке новых материалов.
5. Цифровизация аддитивных технологий.
6. Цифровизация в отраслях, выпускающих наиболее высокотехнологичную, сложную продукцию.
7. Цифровизация в области машиностроения.
8. Цифровизация в области автомобилестроения.
9. Цифровизация в области робототехники.
10. Цифровизация в области энергетики.
11. Применение виртуальной и дополненной реальности (VR/AR) в промышленности.
12. Применение искусственного интеллекта в промышленности.
13. Системы для автоматизации проектирования различной промышленной продукции.
14. Применение цифровых двойников на производстве.
15. Топовые цифровые технологии в промышленности.
16. Факторы, стимулирующие рост рынка умного производства.
17. Элементы математической статистики. Выборочный метод.
18. Статистическое распределение.

19. Графическое и табличное представление статистической информации. Полигон и гистограмма.
20. Эмпирическая функция распределения.
21. Оценка параметров по выборке.
22. Средние величины в статистике.
23. Генеральная средняя. Выборочная средняя. Оценка генеральной средней. Генеральная дисперсия. Выборочная дисперсия. Эмпирическая дисперсия. Эмпирический стандарт.
24. Доверительная вероятность. Доверительный интервал.
25. Измерения и их погрешности. Оценка точности значения измеряемой величины. Оценка точности измерений. Основы теории ошибок.
26. Определение параметров эмпирических формул. Метод средней.
27. Метод моментов.
28. Метод максимального правдоподобия.
29. Метод наименьших квадратов.
30. Применение методов математической статистики к обработке результатов наблюдений. Масштабирование.
31. Основы теории прогнозирования.

6.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности.

Процедуры и средства оценивания элементов знаний, умений и владений по дисциплине «Цифровые технологии в производственных процессах и научных исследованиях»

Процедура проведения	Средство оценивания				
	Текущий контроль				Промежуточный контроль
	Выполнение устных заданий	Выполнение письменных заданий	Выполнение практических заданий	Выполнение тестовых заданий	Экзамен
Продолжительность контроля	По усмотрению преподавателя	По усмотрению преподавателя	По усмотрению преподавателя	По усмотрению преподавателя	В соответствии с принятыми нормами времени
Форма проведения контроля	Устный опрос	Письменный опрос	Письменный опрос	Письменный опрос	В письменной форме
Вид проверочного задания	Устные вопросы	Письменные задания	Практические задания	Письменный опрос	Экзаменационный билет
Форма отчета	Устные ответы	Ответы в письменной форме	Ответы в письменной форме	Ответы в письменной форме	Ответы в письменной форме
Раздаточный материал	Нет	Справочная литература	Справочная литература	Справочная литература	Справочная литература

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Дисциплина «Цифровые технологии в производственных процессах и научных исследованиях» предусматривает лекции и практические занятия.

Успешное изучение дисциплины требует посещения лекций, активной работы на практических занятиях, выполнения учебных заданий преподавателя, ознакомления с основной и дополнительной литературой.

В ходе лекций преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее сложные понятия темы, а также связанные с ней теоретические и практические проблемы, дает рекомендации на практическое занятие и указания на самостоятельную работу.

При подготовке к лекционным занятиям аспирантам необходимо: перед очередной лекцией необходимо просмотреть конспект материала предыдущей лекции. При затруднениях в восприятии материала следует обратиться к основным литературным источникам. Если разобраться в материале опять не удалось, то обратитесь к лектору (по графику его консультаций) или к преподавателю на практических занятиях.

Практические занятия завершают изучение наиболее важных тем учебной дисциплины. Они служат для закрепления изученного материала, развития умений и навыков подготовки докладов, сообщений, приобретения опыта устных публичных выступлений, ведения дискуссии, аргументации и защиты выдвигаемых положений, а также для контроля преподавателем степени подготовленности аспирантов по изучаемой дисциплине.

При подготовке к практическому занятию аспиранты имеют возможность воспользоваться консультациями преподавателя.

При подготовке к практическим занятиям аспирантам необходимо:

приносить с собой рекомендованную преподавателем литературу к конкретному занятию;

до очередного практического занятия по рекомендованным литературным источникам проработать теоретический материал, соответствующей темы занятия;

в начале занятий задать преподавателю вопросы по материалу, вызвавшему затруднения в его понимании и освоении при решении задач, заданных для самостоятельного решения;

в ходе семинара давать конкретные, четкие ответы по существу вопросов;

на занятии доводить каждую задачу до окончательного решения, демонстрировать понимание проведенных расчетов (анализов, ситуаций), в случае затруднений обращаться к преподавателю.

Аспирантам, пропустившим занятия (независимо от причин), не имеющие письменного решения задач или не подготовившиеся к данному практическому занятию, рекомендуется не позже чем в 2-недельный срок явиться на консультацию к преподавателю и отчитаться по теме, изучавшейся на занятии. Аспиранты, не отчитавшиеся по каждой не проработанной ими на занятиях теме к началу экзаменационной сессии не допускаются к экзамену.

8. Ресурсное обеспечение дисциплины

8.1. Основная и дополнительная учебная литература, необходимая для

освоения дисциплины

а) основная литература:

1. Management Review MIT Sloan. — Альпина Паблишер. — 2019. — 256 с.
2. Суртаева О.С. Цифровизация в системе инновационных стратегий в социально-экономической сфере и промышленном производстве: монография. 3-е изд. Изд-во Дашков и К. — 2022. — 154 с.
3. И.В. Гладышев, Л.Ю. Фетисов, А.Н. Юрасов. Математика в физических задачах: учебное пособие — М.: МИРЭА — Российский технологический университет. — 2020. — 774 с.
4. И.И. Сергеева, Т.А. Чекулина, С.А. Тимофеева. Статистика. Учебник. Из.-во Форум. — 2021. — 304 с.

б) дополнительная литература:

1. Дайджест. №2 (11–12) Июль — декабрь. — 2021. — 168 с.
2. О.О. Шендрикова, И.Ф. Елфимова. Исследование процессов цифровизации промышленных предприятий. Организатор производства. — 2019. — Т. 27. — № 1.
3. А.Т. Волков, П.М. Гуреев, И.С. Прохорова. Анализ процессов цифровизации в сфере науки России. — E-Management. — 2020. — No 2. С. 4–12.
4. Елисеева И.И., Юзбашев М.М. Общая теория статистики: Учебник / Под ред. И.И. Елисеевой. — 5-е изд., перераб. и доп. — М.: Финансы и статистика. — 2004. — 656 с.

8.2. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет, необходимые для освоения дисциплины

1. <http://library.mirea.ru/>
научно-техническая библиотека РТУ МИРЭА
2. <https://e.lanbook.com/>
электронно-библиотечная системы (ЭБС) Издательства «Лань»

8.3. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем:

- пакет офисных программ Microsoft Office;
- пакет офисных программ LibreOffice;
- среда для разработки программного обеспечения Qt Creator 5.6.

8.4. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

- учебная аудитория;
- компьютерный класс.