



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.  
Носова»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИЭПиОО  
А.В. Ярославцев

01.02.2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ***

Направление подготовки (специальность)  
22.04.02 Metallurgy

Направленность (профиль/специализация) программы  
Цифровые двойники в обработке материалов

Уровень высшего образования - магистратура

Форма обучения  
очная

|                     |   |
|---------------------|---|
| Институт/ факультет | Институт элитных программ и открытого образования |
| Кафедра             | Цифровые двойники в обработке материалов          |
| Курс                | 1   |
| Семестр             | 1   |

Магнитогорск  
2025 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 22.04.02 Металлургия (приказ Минобрнауки России от 24.04.2018 г. № 308)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Цифровые двойники в обработке материалов

21.01.2025, протокол № 1

Зав. кафедрой

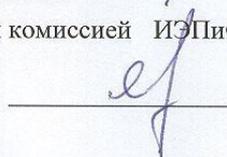


М.И. Румянцев

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭПиОО

01.02.2025 г. протокол № 1

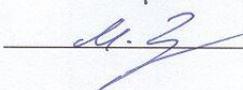
Председатель



А.В. Ярославцев

Рабочая программа составлена:

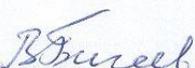
ст. преподаватель кафедры ВТиП,  
Зарецкий



М.В.

Рецензент:

профессор кафедры МиХТ, д-р техн. наук



В.А. Бигеев

## Лист актуализации рабочей программы

---

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Цифровые двойники в обработке материалов

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ М.И. Румянцев

---

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Цифровые двойники в обработке материалов

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ М.И. Румянцев

## **1 Цели освоения дисциплины (модуля)**

Целью изучения дисциплины является освоение методологии модернизации и автоматизации действующих и проектирования новых эффективных металлургических производств с использованием цифровых двойников.

Задачи:

1. Подготовка заданий на модернизацию и автоматизацию действующих металлургических производственных и технологических процессов и производств.
2. Участие в разработке проектов цифровых двойников основных металлургических производств с учетом технологических, конструкторских, эксплуатационных, эстетических, экономических и управленческих параметров, обеспечивающих их эффективность.
3. Математическое моделирование процессов, средств и систем металлургических производств с использованием цифровых двойников.

## **2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина Цифровые двойники входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Методология и методы научного исследования

Металловедение и технология термической обработки проката и металлоизделий

Механическое оборудование для производства и обработки материалов

Основы научной коммуникации

Теория и технология литейного производства

Теория и технология производства проката и металлоизделий

Теория и технология производства чугуна и стали

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Программирование при создании цифровых двойников

Интернет вещей в металлургии

Инновационные решения в металлургическом оборудовании

Производственная - преддипломная практика

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

Прослеживаемость и моделирование материальных потоков в металлургическом производстве

## **3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения**

В результате освоения дисциплины (модуля) «Цифровые двойники» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

| Код индикатора | Индикатор достижения компетенции  |
|----------------|---|
| 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         | Разрабатывает концепцию проекта в рамках обозначенной проблемы: формулирует цель, задачи, обосновывает актуальность, значимость, ожидаемые результаты и возможные сферы их применения |
| УК-2.3         | Разрабатывает план реализации проекта с учетом возможных  |

|        |   |
|--------|---|
|        | рисков реализации и возможностей их устранения, планирует необходимые ресурсы   |
| УК-2.4 | Осуществляет мониторинг хода реализации проекта, корректирует отклонения, вносит дополнительные изменения в план реализации проекта, уточняет зоны ответственности участников проекта |
| УК-2.5 | Предлагает процедуры и механизмы оценки качества проекта, инфраструктурные условия для внедрения результатов проекта  |

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц 108 академических часов, в том числе:

- контактная работа – 58,1 академических часов;
- аудиторная – 54 академических часов;
- внеаудиторная – 4,1 академических часов;
- самостоятельная работа – 14,2 академических часов;
- в форме практической подготовки – 10 академических часов;
- подготовка к экзамену – 35,7 академических часов

Форма аттестации - экзамен

| Раздел/ тема дисциплины                                   | Семестр | Аудиторная контактная работа (в академических часах) |           |             | Самостоятельная работа студента | Вид самостоятельной работы                           | Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации | Код компетенции        |
|---|---------|--|-----------|-------------|---------------------------------|--|---|------------------------|
|   |         | Лек.   | лаб. зан. | практ. зан. |                                 |  |   |                        |
| 1. Концепция, определения и классификация ЦД              |         |  |           |             |                                 |  |   |                        |
| 1.1 Определение ЦД и эволюция термина                     | 1       | 4  |           |             | 1                               | Поиск дополнительной информации. Написание реферата. | Устный опрос. Проверка конспекта.                               | УК-2.1, УК-2.2         |
| 1.2 ЦД и эволюция составляющих технологий                 |         | 8  |           |             | 1                               | Поиск дополнительной информации. Написание реферата. | Устный опрос. Проверка конспекта.                               | УК-2.1, УК-2.3         |
| 1.3 ЦД как способ преодоления сложности инженерных систем |         | 8  |           | 8           |                                 | Поиск дополнительной информации. Написание реферата. | Устный опрос. Проверка конспекта.                               | УК-2.2, УК-2.4         |
| 1.4 Типы ЦД и их классификация                            |         | 6  |           |             | 2,2                             | Поиск дополнительной информации. Написание реферата. | Устный опрос. Проверка конспекта.                               | УК-2.3, УК-2.5         |
| Итого по разделу  |         | 26   |           | 8           | 4,2                             |  |   |                        |
| 2. Проекты использования ЦД в металлургии                 |         |  |           |             |                                 |  |   |                        |
| 2.1 ЦД в металловедении.                                  | 1       | 2  |           | 2           | 2                               | Поиск дополнительной информации. Написание реферата. | Устный опрос. Проверка конспекта.                               | УК-2.1, УК-2.4, УК-2.5 |
| 2.2 ЦД при производстве чугуна и стали.                   |         | 2  |           | 2           | 2                               | Поиск дополнительной информации. Написание реферата. | Устный опрос. Проверка конспекта.                               | УК-2.1, УК-2.4, УК-2.5 |

|   |   |    |  |    |      |   |                                      |                        |
|---|---|----|--|----|------|---|--------------------------------------|------------------------|
| 2.3 ЦД при производстве проката и металлоизделий                | 1 | 2  |  | 2  | 2    | Поиск дополнительной информации.<br>Написание реферата. | Устный опрос.<br>Проверка конспекта. | УК-2.1, УК-2.4, УК-2.5 |
| 2.4 ЦД в литейном производстве.                                 |   | 2  |  | 2  | 2    | Поиск дополнительной информации.<br>Написание реферата. | Устный опрос.<br>Проверка конспекта. | УК-2.1, УК-2.4, УК-2.5 |
| 2.5 ЦД механического оборудования металлургических производств. |   | 2  |  | 2  | 2    | Поиск дополнительной информации.<br>Написание реферата. | Устный опрос.<br>Проверка конспекта. | УК-2.1, УК-2.4, УК-2.5 |
| Итого по разделу  |   | 10 |  | 10 | 10   |   |                                      |                        |
| 3. Контроль   |   |    |  |    |      |   |                                      |                        |
| 3.1 Экзамен   | 1 |    |  |    |      |   |                                      |                        |
| Итого по разделу  |   |    |  |    |      |   |                                      |                        |
| Итого за семестр  |   | 36 |  | 18 | 14,2 |   | экзамен                              |                        |
| Итого по дисциплине   |   | 36 |  | 18 | 14,2 |   | экзамен                              |                        |

## 5 Образовательные технологии

1. Традиционные технологии обучения, предполагающие передачу информации в готовом виде, формирование учебных умений по образцу практические (семинарские) занятия.

Использование традиционных технологий обеспечивает ориентирование магистра в потоке информации, связанной с различными подходами к определению сущности, содержания, методов, форм развития и саморазвития личности; самоопределение в выборе оптимального пути и способов личностно-профессионального развития; систематизацию знаний, полученных магистрами в процессе аудиторной и самостоятельной работы. Занятия проводятся с использованием мультимедийных средств. Практические занятия обеспечивают развитие и закрепление умений и навыков определения целей и задач саморазвития, а также принятия наиболее эффективных решений по их реализации.

В ходе проведения занятий предусматривается: использование электронного демонстрационного материала по темам, требующим иллюстрации работы программных продуктов: MS Word, MS Excel.

В ходе проведения практических занятий предусматривается использование средств вычислительной техники при выполнении индивидуальных заданий и тестирования.

2. Интерактивные формы обучения, предполагающие организацию обучения как продуктивной творческой деятельности в режиме взаимодействия магистров друг с другом и с преподавателем.

Использование интерактивных образовательных технологий способствует повышению интереса и мотивации учащихся, активизации мыслительной деятельности и творческого потенциала магистров, делает более эффективным усвоение материала, позволяет индивидуализировать обучение и ввести экстренную коррекцию знаний.

В рамках дисциплины «Цифровые двойники» предусматривается 33,1 часа аудиторных занятий, проводимых в интерактивной форме.

При проведении практических занятий используются групповая работа, технология коллективной творческой деятельности, технология сотрудничества, обсуждение проблемы в форме дискуссии, дебаты, круглый стол. Данные технологии обеспечивают высокий уровень усвоения магистрами знаний, эффективное и успешное овладение умениями и навыками в предметной области, формируют познавательную потребность и необходимость дальнейшего самообразования, позволяют активизировать исследовательскую деятельность, обеспечивают эффективный контроль усвоения знаний.

3. Возможности образовательного портала ФГБОУ ВО «МГТУ» для предоставления магистрам графика самостоятельной работы, расписания консультаций, заданий для самостоятельного выполнения и рекомендуемых тем для самостоятельного изучения.

Методика, предлагаемая для изучения курса «Цифровые двойники» ориентирована на лекционные и семинарские занятия исследовательского типа и подготовку рефератов.

Используемые образовательные технологии позволяют активно применять в учебном процессе интерактивные формы проведения занятий (компьютерная симуляция, разбор конкретных ситуаций), что способствует формированию и развитию профессиональных навыков обучающихся. Применяемые в процессе изучения дисциплины поисковый и исследовательский методы в полной мере соответствуют требованиям ФГОС по реализации компетентностного подхода.

## 6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

## 7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

## 8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### а) Основная литература:

1. Суртаева, О. С. Цифровизация в системе инновационных стратегий в социально-экономической сфере и промышленном производстве: монография / О. С. Суртаева. - 2-е изд. - Москва: Дашков и К, 2021. - 154 с. - ISBN 978-5-394-04145-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1232775> (дата обращения: 30.05.2021). – Режим доступа: по подписке.

### б) Дополнительная литература:

1. Уколов, В. Ф. Цифровизация: взаимодействие реального и виртуального секторов экономики : монография / В.Ф. Уколов, В.В. Черкасов. — Москва : ИНФРА-М, 2019. — 203 с. — (Научная мысль). - ISBN 978-5-16-015640-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1044339> (дата обращения: 30.05.2021). – Режим доступа: по подписке.

### в) Методические указания:

### г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

#### Программное обеспечение

| Наименование ПО                                | № договора             | Срок действия лицензии |
|--|------------------------|------------------------|
| MS Office 2007 Professional                    | № 135 от 17.09.2007    | бессрочно              |
| STATISTICA в.6                                 | К-139-08 от 22.12.2008 | бессрочно              |
| Adobe Flash Professional CS 5 Academic Edition | К-113-11 от 11.04.2011 | бессрочно              |

#### Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

| Название курса   | Ссылка   |
|--|--|
| Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова  | <a href="https://host.megaprolib.net/MP0109/Web">https://host.megaprolib.net/MP0109/Web</a>  |
| Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности» | URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>                                 |
| Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)   | URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a> |

## 9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Учебная аудитория для проведения практических занятий оснащена:

- техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: мультимедийными средствами хранения, передачи и представления учебной информации;

- специализированной мебелью.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся. Оснащение аудитории: персональные компьютеры с пакетом MS Office, Maple 14 Classroom License 10-29 Users (per User) Academic, MathLab, Mathcad Education - University Edition (200 pack) и выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования. Оснащение аудитории: стеллажи для хранения учебно-наглядных пособий и учебно-методической документации.

Приложение 1. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся По дисциплине «Цифровые двойники» предусмотрена внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся.

Внеаудиторная самостоятельная работа студентов предполагает выполнение индивидуальных домашних заданий в форме рефератов.

### ***Примерные темы для рефератов:***

1. Инжиниринговые инструменты для создания ЦД и их эволюция
2. ЦД и оптимизация изделия, аддитивные технологии
3. Технологии сбора и обработки данных для создания ЦД
4. Технологии математического моделирования и цифровых теней
5. ЦД, облака и периферийные вычисления
6. ЦД и новые человеко-машинные интерфейсы
7. ЦД и Блокчейн
8. Схема ЦД и роль составляющих технологий
9. ЦД и концепция MBSE
10. ЦД как интеграция этапов жизненного цикла изделия
11. Объединение ЦД в комплексных объектах и их взаимодействие
12. Классификация ЦД по уровню сложности
13. Классификация ЦД по уровню зрелости
14. Другие виды классификации и обобщенная схема
15. Трактовка термина «ЦД» в разных отраслях экономики
16. Границы восприятия термина «ЦД» в профессиональном сообществе
17. Зарубежные поставщики ПО для построения ЦД
18. Зарубежные поставщики комплексных решений класса ЦД
19. Российские поставщики ПО для построения ЦД
20. Российские поставщики комплексных решений класса ЦД

### ***Примерные вопросы для устного опроса:***

1. Дайте определение понятию «цифровой двойник».
2. Назовите стадии процесса развития понятия «цифровой двойник».
3. Опишите инжиниринговые инструменты для создания ЦД и их эволюцию.
4. Как применяется ЦД для оптимизации изделия.
5. Опишите аддитивные технологии
6. Как используются технологии сбора и обработки данных для создания ЦД
7. В чем сущность технологии математического моделирования и цифровых теней
8. В чем состоит концепция ЦД, облака и периферийные вычисления
9. Какова взаимосвязь между ЦД и новыми человеко-машинными интерфейсами

10. Укажите взаимодействие между ЦД и Блокчейн
11. Постройте схему ЦД и опишите роль составляющих технологий
12. Как связаны ЦД и концепция MBSE
13. Опишите использование ЦД как интеграции этапов жизненного цикла изделия
14. Расскажите об объединении ЦД в комплексных объектах и их взаимодействие
15. Охарактеризуйте классификацию ЦД по уровню сложности
16. Постройте классификацию ЦД по уровню зрелости
17. Объясните другие виды классификации и обобщенную схему
18. Объясните трактовку термина «ЦД» в разных отраслях экономики
19. Опишите границы восприятия термина «ЦД» в профессиональном сообществе
17. Каких зарубежных поставщиков ПО для построения ЦД вы знаете?
18. Каких зарубежных поставщиков комплексных решений класса ЦД вы знаете?
19. Перечислите российских поставщиков ПО для построения ЦД
20. Назовите российских поставщиков комплексных решений класса ЦД

Для получения положительной оценки обучаемый должен будет выбрать подходящий программный инструмент и построить прототип цифрового двойника, выбранного им совместно с руководителем технологического процесса.

Приложение 2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации  
Промежуточная аттестация имеет целью определить степень достижения запланированных результатов обучения по дисциплине «Цифровые двойники» за семестр.

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

| Код индикатора  | Индикатор достижения компетенции   | Оценочные средства   |
|---|--|--|
| 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  | Выбор процесса в сфере металлургии для его цифровизации. Проверка достаточности собранной информации об объекте. Сбор информации об отечественных и зарубежных аналогах планируемого цифрового двойника. Критический анализ имеющихся решений. Формулирование проблем, связанных с разработкой цифрового двойника.   |
| УК-2.2  | Разрабатывает концепцию проекта в рамках обозначенной проблемы: формулирует цель, задачи, обосновывает актуальность, значимость, ожидаемые результаты и возможные сферы их | Формулировка общей концепции проекта. Формулировка цели проекта (цель проекта должна быть увязана с целями программы модернизации производства). Обоснование актуальности цели. Формулировка задач, которые должны быть решены для достижения цели. Формулировка и обоснование достижимости ожидаемых результатов. Выявление возможности применения разработок в смежных сферах. |

| Код индикатора | Индикатор достижения компетенции   | Оценочные средства  |
|----------------|--|---|
|                | применения   |   |
| УК-2.3         | Разрабатывает план реализации проекта с учетом возможных рисков реализации и возможностей их устранения, планирует необходимые ресурсы   | Составление плана реализации проекта. Выявление рисков. Оценивание и ранжирование рисков. Выявление методов устранения рисков (снижения уровня потенциального ущерба). Определение необходимых для достижения целей проектов ресурсов (с учетом возможного привлечения для устранения воздействия факторов риска). Оценивание затрат на привлекаемые ресурсы. |
| УК-2.4         | Осуществляет мониторинг хода реализации проекта, корректирует отклонения, вносит дополнительные изменения в план реализации проекта, уточняет зоны ответственности участников проекта. | Проверка полноты информации, собранной о моделируемом исходном объекте. Оценка достоверности информации о моделируемом объекте. Выявление недостоверной и противоречивой информации о моделируемом объекте. Корректировка информации об объекте. Корректировка плана реализации проекта на основании скорректированной информации.                            |
| УК-2.5         | Предлагает процедуры и механизмы оценки качества проекта, инфраструктурные условия для внедрения результатов проекта   | Формулировка критериев качества проекта. Ранжирование критериев качества проекта. Выявление противоречивости критериев качества проекта. Формулировка многокритериальной задачи оценки качества проекта в целом. Проверка эффективности выбранных средств разработки и адаптации цифровой модели предметной области.  |

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания: Промежуточная аттестация по дисциплине «Цифровые двойники» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена.

Экзамен по дисциплине проводится по результатам отчетности за выполненные самостоятельные работы с опросом в устной форме по этапам выполнения в беседе-обсуждении на лекционных занятиях.

#### Критерии оценки

– на оценку **«отлично»** – полно раскрыто содержание материала; чётко и правильно даны определения и раскрыто содержание материала; ответ самостоятельный, при ответе использованы знания, приобретённые ранее;

- на оценку **«хорошо»** – раскрыто основное содержание материала в объёме; в основном правильно даны определения, понятия; материал изложен неполно, при ответе допущены неточности, нарушена последовательность изложения; допущены небольшие неточности при выводах и использовании терминов; практические навыки нетвёрдые;
- на оценку **«удовлетворительно»** – усвоено основное содержание материала, но изложено фрагментарно, не всегда последовательно; определения и понятия даны не чётко; практические навыки слабые;
- на оценку **«неудовлетворительно»** – основное содержание учебного материала не раскрыто; не даны ответы на дополнительные вопросы преподавателя