



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  
Д.В. Чернышев

09.03.2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ**

Направление подготовки (специальность)  
22.04.02 Металлургия

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

Уровень высшего образования - магистратура

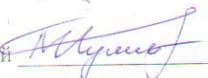
Форма обучения  
очная

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

Магнитогорск  
2021 год

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

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Цифровые двойники в обработке материалов  
09.03.2021, протокол № 1

Зав. кафедрой  М.И. Румянцев

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭПиОО  
09.03.2021 г. протокол № 1

Председатель  Д.В. Терентьев

Рабочая программа составлена:  
зав. кафедрой ПМИИ, канд. техн. наук  Ю.А. Извсков

Рецензент:  
доцент кафедры ВТиП, канд. физ.-мат. наук  А.С. Файнштейн

## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 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 2023 - 2024 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 дисциплины является модернизация и автоматизация действующих и проектирование 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 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 39,2 акад. часов;
- аудиторная – 36 акад. часов;
- внеаудиторная – 3,2 акад. часов;
- самостоятельная работа – 33,1 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 10 акад. час;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. час

Форма аттестации - экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. 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				8	Поиск дополнительной информации. Написание реферата.	Устный опрос. Проверка конспекта.	
1.2 ЦД и эволюция составляющих технологий		8			4	Поиск дополнительной информации. Написание реферата.	Устный опрос. Проверка конспекта	
1.3 ЦД как способ преодоления сложности инженерных систем				8/7,2И		Поиск дополнительной информации. Написание реферата.	Устный опрос. Проверка конспекта.	
1.4 Типы ЦД и их классификация					10	Поиск дополнительной информации. Написание реферата.	Устный опрос. Проверка конспекта.	
Итого по разделу		8		8/7,2И	22			
2. Проекты использования ЦД в металлургии								
2.1 ЦД в металловедении.	1	2		2	2	Поиск дополнительной информации. Написание реферата.	Устный опрос. Проверка конспекта	
2.2 ЦД при производстве чугуна и стали.		2		2	2,1	Поиск дополнительной информации. Написание реферата.	Устный опрос. Проверка конспекта.	

2.3 ЦД при производстве проката и металлоизделий		2		2	2	Поиск дополнительной информации. Написание реферата.	Устный опрос. Проверка конспекта.	
2.4 ЦД в литейном производстве.		2		2	2	Поиск дополнительной информации. Написание реферата.	Устный опрос. Проверка конспекта.	
2.5 ЦД механического оборудования металлургических производств.		2		2	3	Поиск дополнительной информации. Написание реферата.	Устный опрос. Проверка конспекта.	
Итого по разделу		10		10	11,1			
3. Контроль								
3.1 Экзамен	1							
Итого по разделу								
Итого за семестр		18		18/7,2И	33,1		экзамен	
Итого по дисциплине		18		18/7,2И	33,1		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 Windows 7 Professional(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
MS Windows 7 Professional (для классов)	Д-757-17 от 27.06.2017	27.07.2018
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
Международная база научных материалов в области физических наук и инжиниринга SpringerMaterials	<a href="http://materials.springer.com/">http://materials.springer.com/</a>
Международная база полнотекстовых журналов Springer Journals	<a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a>
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий «Scopus»	<a href="http://scopus.com">http://scopus.com</a>

Международная наукометрическая реферативная и полнотекстовая база данных научных изданий «Web of science»	<a href="http://webofscience.com">http://webofscience.com</a>
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	<a href="http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp">http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp</a>
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования	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.

По дисциплине «Цифровые двойники в металлургии» 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 цифровой двойник какого-нибудь металлургического процесса или механизма.**

## Приложение 2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация имеет целью определить степень достижения запланированных результатов обучения по дисциплине «Цифровые двойники» за семестр. Проводиться за 1 семестр в форме экзамена.

Для получения положительной оценки обучаемый должен будет построить цифровой двойник какого-нибудь металлургического процесса или механизма.

### 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 или продукта для его цифровизации. Проверка достаточности собранной информации об объекте.
УК-2.2	Разрабатывает концепцию проекта в рамках обозначенной проблемы: формулирует цель, задачи, обосновывает актуальность, значимость, ожидаемые результаты и возможные сферы их применения	Оценка правильности выбранного инструмента для построения цифрового двойника.
УК-2.3	Разрабатывает план реализации проекта с учетом возможных рисков реализации и возможностей их устранения, планирует необходимые ресурсы	Проверка работы цифрового двойника.

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
УК-2.4	<p>Осуществляет мониторинг хода реализации проекта, корректирует отклонения, вносит дополнительные изменения в план реализации проекта, уточняет зоны ответственности участников проекта</p>	<p>Проверка полноты информации собранной о моделируемом исходном объекте.</p>
УК-2.5	<p>Предлагает процедуры и механизмы оценки качества проекта, инфраструктурные условия для внедрения результатов проекта</p>	<p>Проверка эффективности выбранного средства построения цифровой модели</p>

**б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

Результаты выполнения обучающимся заданий на зачете оцениваются по шкале «неудовлетворительно» - «отлично».

В основе оценивания лежат критерии порогового и повышенного уровня характеристик компетенций или их составляющих частей, формируемых на учебных занятиях по дисциплине «Современные технологии принятия решений в черной металлургии».

**«Отлично»** – оценка соответствует повышенному уровню и выставляется обучающемуся, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.

**«Хорошо»** - оценка соответствует повышенному уровню и выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос или выполнении заданий, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.

**«Удовлетворительно»** - оценка соответствует пороговому уровню и выставляется обучающемуся, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, демонстрирует недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.

**«Неудовлетворительно»** - оценка выставляется обучающемуся, который не достигает порогового уровня, демонстрирует непонимание проблемы, не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы.