МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ

Направление подготовки (специальность)
15.04.01 Машиностроение

Направленность (профиль/специализация) программы
Машины и технологии обработки металлов давлением

Уровень высшего образования - магистратура

Форма обучения
очная

Институт/ факультет	Институт металлургии, машиностроения и материалообработки
Кафедра	Машины и технологии обработки давлением и машиностроения
Курс	1
Семестр	2

Магнитогорск
2025 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 15.04.01 Машиностроение (приказ Минобрнауки России от 14.08.2020 г. № 1025)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Машины и технологии обработки давлением и машиностроения
21.01.2025, протокол № 4

Зав. кафедрой _____ С.И. Платов

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ
04.02.2025 г. протокол № 4

Председатель _____ А.С. Савинов

Рабочая программа составлена:
доцент кафедры кафедры МиТОДиМ, канд. техн. наук_ _____ Р.Н. Амиров

Рецензент:
доцент кафедры Механики, канд. техн. наук _____ М.В. Харченко

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Машины и технологии обработки давлением и

Протокол от __ _____ 20__ г. № __
Зав. кафедрой _____ С.И. Платов

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Машины и технологии обработки давлением и

Протокол от __ _____ 20__ г. № __
Зав. кафедрой _____ С.И. Платов

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 обязательную часть учебного плана образовательной программы.

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

Математические методы в инженерии

Методология и методы научного исследования

Научно-методологический подход в разработке новых технологических процессов обработки металлов давлением

Основы научной коммуникации

Система менеджмента качества в машиностроительном производстве

Теория и технологические основы процессов обработки металлов давлением

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

Математические методы в инженерии

Цифровые технологии в машиностроении

Системы автоматизированного проектирования в машиностроении

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
ОПК-5 Способен разрабатывать аналитические и численные методы при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов;	
ОПК-5.1	Разрабатывает математическое описание процессов машиностроения на основе математических и численных методов моделирования
ОПК-12 Способен разрабатывать и применять алгоритмы и современные цифровые системы автоматизированного проектирования деталей и узлов машин и оборудования различной сложности на современном машиностроительном предприятии.	
ОПК-12.1	Разрабатывает алгоритмы и применяет современные цифровые системы автоматизированного проектирования деталей и узлов машин и оборудования различной сложности на современном машиностроительном предприятии

ОПК-12.2	Формулирует цели, ставит задачи системы автоматизированного проектирования деталей и узлов машин и оборудования различной сложности на современном машиностроительном предприятии

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц 180 акад. часов, в том числе:

– контактная работа – 40,2 акад. часов:
– аудиторная – 36 акад. часов;
– внеаудиторная – 4,2 акад. часов;
– самостоятельная работа – 104,1 акад. часов;
– в форме практической подготовки – 0 акад. час;
– подготовка к экзамену – 35,7 акад. час

Форма аттестации - экзамен, курсовая работа

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	2				12	Поиск дополнительной информации. Написание реферата.	Устный опрос. Проверка конспекта.	ОПК-12.1, ОПК-12.2, ОПК-5.1
1.2 ЦД и эволюция составляющих технологий		18			12	Поиск дополнительной информации. Написание реферата.	Устный опрос. Проверка конспекта	ОПК-12.1, ОПК-12.2, ОПК-5.1
1.3 ЦД как способ преодоления сложности инженерных систем				9		Поиск дополнительной информации. Написание реферата.	Устный опрос. Проверка конспекта.	ОПК-12.1, ОПК-12.2, ОПК-5.1
1.4 Типы ЦД и их классификация					12	Поиск дополнительной информации. Написание реферата.	Устный опрос. Проверка конспекта.	ОПК-12.1, ОПК-12.2, ОПК-5.1
Итого по разделу		18		9	36			
2. Проекты использования ЦД в металлургии								
2.1 ЦД в металловедении.	2				12	Поиск дополнительной информации. Написание реферата.	Устный опрос. Проверка конспекта	ОПК-12.1, ОПК-12.2, ОПК-5.1
2.2 ЦД при производстве чугуна и стали.					12	Поиск дополнительной информации. Написание реферата.	Устный опрос. Проверка конспекта.	ОПК-12.1, ОПК-12.2, ОПК-5.1

2.3 ЦД при производстве проката и металлоизделий	2				12	Поиск дополнительной информации. Написание реферата.	Устный опрос. Проверка конспекта.	ОПК-12.1, ОПК-12.2, ОПК-5.1
2.4 ЦД в литейном производстве.					12	Поиск дополнительной информации. Написание реферата.	Устный опрос. Проверка конспекта.	ОПК-12.1, ОПК-12.2, ОПК-5.1
2.5 ЦД механического оборудования металлургических производств.				9	20,1	Поиск дополнительной информации. Написание реферата.	Устный опрос. Проверка конспекта.	ОПК-12.1, ОПК-12.2, ОПК-5.1
Итого по разделу				9	68,1			
3. Контроль								
3.1 Экзамен	2							ОПК-12.1, ОПК-12.2, ОПК-5.1
Итого по разделу								
Итого за семестр		18		18	104,1		экзамен,кр	
Итого по дисциплине		18		18	104,1		экзамен, курсовая работа	

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: 20.05.2025). – Режим доступа: по подписке.

2. Гагарина, Л. Г. Технология разработки программного обеспечения : учебное пособие / Л.Г. Гагарина, Е.В. Кокорева, Б.Д. Сидорова-Виснадул ; под ред. Л.Г. Гагариной. — Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2022. — 400 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-8199-0812-9. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/1794453 (дата обращения: 20.05.2025). – Режим доступа: по подписке.

3. Бедердинова, О. И. Цифровые технологии инженерного управления и анализа : учебное пособие / О.И. Бедердинова, Ю.А. Водовозова. — М.: ИНФРА-М, 2024. — 117 с. - ISBN 978-5-16-112665-3. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.ru/catalog/product/2160668 (дата обращения: 16.04.2025). – Режим доступа: по подписке.

б) Дополнительная литература:

1. Берлинер, Э. М. САПР конструктора машиностроителя : учебник / Э.М. Берлинер, О.В. Таратынов. — Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2022. — 288 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-00091-558-5. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/1836733 (дата обращения: 20.05.2025). – Режим доступа: по подписке.

2. Берлинер, Э. М. САПР технолога машиностроителя : учебник / Ю.М. Берлинер, О.В. Таратынов. — Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2022. — 336 с. : ил. — (Высшее образование). - ISBN 978-5-00091-043-6. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/1840885 (дата обращения: 20.05.2025). – Режим доступа: по подписке.

3. Бутко, А. О. Основы моделирования в САПР NX : учеб. пособие / А.О. Бутко, В.А. Прудников, Г.А. Цырков. — 2-е изд. — Москва : ИНФРА-М, 2019. — 199 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс; Режим доступа: https://new.znanium.com]. — (Высшее образование). — www.dx.doi.org/10.12737/8036. - ISBN 978-5-16-010847-6. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/937997 (дата обращения: 20.05.2025). – Режим доступа: по подписке.

в) Методические указания:

1. Гагарина, Л. Г. Технология разработки программного обеспечения : учебное пособие / Л.Г. Гагарина, Е.В. Кокорева, Б.Д. Сидорова-Виснадул ; под ред. Л.Г. Гагариной. — Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2022. — 400 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-8199-0812-9. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/1794453 (дата обращения: 20.05.2025). – Режим доступа: по подписке.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
АСКОН Компас v21-22	Д-1082-22 от 01.12.2022	бессрочно
AnyLogic University	Д-895-14 от 14.07.2014	бессрочно
АРМ WinMachine 2010	Д-262-12 от 15.02.2012	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

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

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 средства хранения, передачи и представления учебной информации;

- специализированной мебелью.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся. Оснащение аудитории: персональные компьютеры с пакетом АСКОН Компас v21-22 AnyLogic University АРМ WinMachine 2010 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

По дисциплине «Цифровые двойники» предусмотрена внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся.

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

Примерные темы для КР:

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 схема

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 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
ОПК-5: Способен разрабатывать аналитические и численные методы при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов		
ОПК-5.1:	Разрабатывает математическое описание процессов машиностроения на основе математических и численных методов моделирования	Пример теоретических вопросов: 1.Что такое цифровой двойник 2.Какими бывают цифровые двойники 3.Какие задачи решают цифровые двойники 4.Где применяют цифровых двойников 5.Как выглядит процесс создания цифрового двойника 6.Перспективы цифровых двойников

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		Темы КР: 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
ОПК-12: Способен разрабатывать и применять алгоритмы и современные цифровые системы автоматизированного проектирования деталей и узлов машин и оборудования различной сложности на современном машиностроительном предприятии		
ОПК-12.1:	Разрабатывает алгоритмы и применяет современные цифровые системы автоматизированного проектирования деталей и узлов машин и оборудования различной сложности на современном машиностроительном предприятии	Пример теоретических вопросов: 1.Какие задачи решают цифровые двойники 2.Где применяют цифровых двойников 3.Как выглядит процесс создания цифрового двойника Темы КР: 1. ЦД, облака и периферийные вычисления 2. ЦД и новые человеко-машинные интерфейсы

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		3. ЦД и Блокчейн 4. Схема ЦД и роль составляющих технологий 5. ЦД и концепция MBSE 6. ЦД как интеграция этапов жизненного цикла изделия 7. Объединение ЦД в комплексных объектах и их взаимодействие
ОПК-12.2:	Формулирует цели, ставит задачи системы автоматизированного проектирования деталей и узлов машин и оборудования различной сложности на современном машиностроительном предприятии	Пример теоретических вопросов: 1.Где применяют цифровых двойников 2.Как выглядит процесс создания цифрового двойника 3.Перспективы цифровых двойников Темы КР: 1. Классификация ЦД по уровню сложности 2. Классификация ЦД по уровню зрелости 3. Другие виды классификации и обобщенная схема 4. Трактовка термина «ЦД» в разных отраслях экономики 5. Границы восприятия термина «ЦД» в профессиональном сообществе

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		6. Зарубежные поставщики ПО для построения ЦД 7. Зарубежные поставщики комплексных решений класса ЦД 8. Российские поставщики ПО для построения ЦД 9. Российские поставщики комплексных решений класса ЦД

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

Экзамен:

– на оценку «отлично» (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку «хорошо» (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку «удовлетворительно» (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку «неудовлетворительно» (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку «неудовлетворительно» (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

Курсовой:

– на оценку «отлично» (5 баллов) – проект выполнен в соответствии с заданием, обучающийся показывает высокий уровень знаний не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам, оценки и вынесения критических суждений;

– на оценку «хорошо» (4 балла) – проект выполнен в соответствии с заданием, обучающийся показывает знания не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам;

– на оценку «удовлетворительно» (3 балла) – проект выполнен в соответствии с заданием, обучающийся показывает знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, интеллектуальные навыки решения простых задач;

– на оценку «неудовлетворительно» (2 балла) – задание преподавателя выполнено частично, в процессе защиты работы обучающийся допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения поставленной задачи.

– на оценку «неудовлетворительно» (1 балл) – задание преподавателя выполнено частично, обучающийся не может воспроизвести и объяснить содержание, не может показать интеллектуальные навыки решения поставленной задачи.