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 В МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Направление подготовки (специальность)
15.03.01 Машиностроение

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

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения
заочная

Институт/ факультет	Институт металлургии, машиностроения и материалообработки
Кафедра	Машины и технологии обработки давлением и машиностроения
Курс	4

Магнитогорск
2025 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 15.03.01 Машиностроение (приказ Минобрнауки России от 09.08.2021 г. № 727)

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, ст. преподаватель

_____ О.Р. Латыпов

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

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2028 - 2029 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 2029 - 2030 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 2030 - 2031 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 в машиностроительном производстве входит в обязательную часть учебного плана образовательной программы.

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

Информатика

Введение в направление

Физика

Технология профессионально-личностного саморазвития

Технология конструкционных материалов

Системный анализ

Физико-химическая размерная обработка материалов

Технология ковки и объемной штамповки

Теория решения изобретательских задач

Теория обработки металлов давлением

Системы автоматизированного проектирования в машиностроении

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

Эксплуатация и ремонт металлургических машин

Технология и оборудование процессов производства листового и сортового металла

Технология листовой штамповки

Современные программные продукты для моделирования процессов обработки металлов давлением

Современное оборудование для производства длинномерных изделий

Производственный менеджмент

Производственная – преддипломная практика

Продвижение научной продукции

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

Технологии дополненной реальности в машиностроительной отрасли

Технология производства кузнечно-штамповочного оборудования

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

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

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ОПК-14 Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения.	
ОПК-14.1	Применяет основные алгоритмы к решению прикладных программ
ОПК-14.2	Использует системы программирования для разработки компьютерных программ
ОПК-14.3	Разрабатывает компьютерные программы, пригодные для практического применения

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

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

– контактная работа – 8,4 акад. часов:

– аудиторная – 8 акад. часов;

– внеаудиторная – 0,4 акад. часов;

– самостоятельная работа – 95,7 акад. часов;

– в форме практической подготовки – 0 акад. час;

– подготовка к зачёту – 3,9 акад. час

Форма аттестации - зачет

Раздел/ тема дисциплины	Курс	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	4				6	Поиск дополнительной информации. Написание реферата.	Устный опрос. Проверка конспекта.	ОПК-14.1, ОПК-14.2, ОПК-14.3
1.2 ЦД и эволюция составляющих технологий			3		0,7	Поиск дополнительной информации. Написание реферата.	Устный опрос. Проверка конспекта	ОПК-14.1, ОПК-14.2, ОПК-14.3
1.3 ЦД как способ преодоления сложности инженерных систем		1	1			Поиск дополнительной информации. Написание реферата.	Устный опрос. Проверка конспекта.	ОПК-14.1, ОПК-14.2, ОПК-14.3
1.4 Типы ЦД и их классификация			2		9	Поиск дополнительной информации. Написание реферата.	Устный опрос. Проверка конспекта.	ОПК-14.1, ОПК-14.2, ОПК-14.3
Итого по разделу		1	6		15,7			
2. Проекты использования ЦД в машиностроительном производстве								
2.1 ЦД в металловедении.	4	1			20,3	Поиск дополнительной информации. Написание реферата.	Устный опрос. Проверка конспекта	ОПК-14.1, ОПК-14.2, ОПК-14.3
2.2 ЦД при производстве чугуна и стали.					36	Поиск дополнительной информации. Написание	Устный опрос. Проверка конспекта.	ОПК-14.1, ОПК-14.2, ОПК-14.3

						реферата.		
2.3 ЦД при производстве проката и металлоизделий	4				8	Поиск дополнительной информации. Написание реферата.	Устный опрос. Проверка конспекта.	ОПК-14.1, ОПК-14.2, ОПК-14.3
2.4 ЦД в литейном производстве.					12,7	Поиск дополнительной информации. Написание реферата.	Устный опрос. Проверка конспекта.	ОПК-14.1, ОПК-14.2, ОПК-14.3
2.5 ЦД механического оборудования металлургических производств.					3	Поиск дополнительной информации. Написание реферата.	Устный опрос. Проверка конспекта.	ОПК-14.1, ОПК-14.2, ОПК-14.3
Итого по разделу		1			80			
3. Контроль								
3.1 Экзамен	4							ОПК-14.1, ОПК-14.2, ОПК-14.3
Итого по разделу								
Итого за семестр		2	6		95,7		зачёт	
Итого по дисциплине		2	6		95,7		зачет	

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 в машиностроительном производстве» 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 в машиностроительном производстве» 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. Речкалов А.В., Rechkalov A.V., Артюхов А.В., Artyukhov A.V., Куликов Г.Г., Kulikov G.G. - Логико-семантическое определение цифрового двойника производственного процессаcheck_circle_outline

Russian Technological Journal - 2023г. №1

2. Речкалов А.В., Артюхов А.В., Куликов Г.Г., Новиков В.Н. - КОНЦЕПЦИЯ СИСТЕМНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯcheck_circle_outline

Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета - 2022г. №1

3. Голиницкий П.В., Golinitskiy P.V., Антонова У.Ю., Antonova U.Yu., Гринченко Л.А., Grinchenko L.A., Видникевич С.Ю., Vidnikevich S.Yu. - Применение цифровых инструментов для совершенствования производственного процессаcheck_circle_outline

Компетентность/Competency (Russia) - 2023г. №5

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: 17.05.2025). – 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: 17.05.2025). – 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: 17.05.2025). – Режим доступа: по подписке.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
AnyLogic University	Д-895-14 от 14.07.2014	бессрочно

КУМИР	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Calculate Linux Desktop Xfce	свободно распространяемое ПО	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

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

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 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

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

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

Примерные темы практических работ:

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

Примерный перечень теоретических вопросов:

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 в машиностроительном производстве» за семестр. Проводиться за 1 семестр в форме зачета.

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
ОПК-14: Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения.		
ОПК-14.1:	Применяет основные алгоритмы к решению прикладных программ	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

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		6.Перспективы цифровых двойников 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-14.2:	Использует системы программирования для разработки компьютерных программ	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 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-14.3:	Разрабатывает компьютерные программы, пригодные для практического применения	Пример теоретических вопросов: 1.Где применяют цифровых двойников 2.Как выглядит процесс создания цифрового двойника

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		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 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:

Результаты выполнения обучающимся заданий на зачете оцениваются по шкале «незачтено» - «зачтено».

В основе оценивания лежат критерии порогового и повышенного уровня характеристик компетенций или их составляющих частей, формируемых на учебных занятиях по дисциплине «Цифровые двойники в машиностроительном производстве».

«Зачтено» –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.

«Незачтено» - 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.