



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИММиМ  
А.С. Савинов

09.02.2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ В МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ  
ПРОИЗВОДСТВЕ***

Направление подготовки (специальность)  
15.03.01 Машиностроение

Направленность (профиль/специализация) программы  
Системная инженерия в машиностроении

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения  
очная

Институт/ факультет	Институт металлургии, машиностроения и материалообработки
Кафедра	Машины и технологии обработки давлением и машиностроения
Курс	3
Семестр	6

Магнитогорск  
2023 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  
26.01.2023, протокол № 5

Зав. кафедрой  С.И. Платов

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ  
09.02.2023 г. протокол № 5

Председатель  А.С. Савинов

Рабочая программа составлена:  
доцент кафедры МиГОДиМ, канд. техн. наук  М.А. Шекшеев

Рецензент:  
профессор кафедры ЛПиМ, д-р техн. наук  А.Н. Емелюшин

## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Машин и технологии обработки давлением и

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ С.И. Платов

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Машин и технологии обработки давлением и

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ С.И. Платов

---

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

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ С.И. Платов

### 1 Цели освоения дисциплины (модуля)

ознакомление с концепцией цифровых двойников, применительно к машиностроительному производству

### 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:

Химия

Информатика

Физика

Материаловедение

Цифровое моделирование физико-химических процессов

Начертательная геометрия и компьютерная графика

Прикладная механика

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

Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

Аддитивные технологии в машиностроении

Оборудование и технологии сварочного производства

Технологические процессы обработки металлов давлением

Технологии изготовления деталей машин

Технологии и оборудование для обработки материалов давлением

### 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-12	Способен обеспечивать технологичность изделий и процессов их изготовления, уметь контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий машиностроения;
ОПК-12.1	Обеспечивает технологичность изделий и процессов их изготовления, умеет контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий путем обработки металлов давлением
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 4 зачетных единиц 144 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 76,6 акад. часов;
- аудиторная – 75 акад. часов;
- внеаудиторная – 1,6 акад. часов;
- самостоятельная работа – 67,4 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;

Форма аттестации - зачет

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. Раздел 1								
1.1 Концепция цифровых двойников	6	6		8	10	Самостоятельное изучение учебной и справочной литературы по рассматриваемой теме	Наличие конспектов лекций, практических работ	ОПК-12.1 ОПК-14.1 ОПК-14.2 ОПК-14.3
1.2 Физические и физико-химические процессы в материалах		6		8	10	Самостоятельное изучение учебной и справочной литературы по рассматриваемой теме	Наличие конспектов лекций, практических работ	ОПК-12.1 ОПК-14.1 ОПК-14.2 ОПК-14.3
1.3 Физико-математические и эмпирические модели		6		9	13	Самостоятельное изучение учебной и справочной литературы по рассматриваемой теме	Наличие конспектов лекций, практических работ	ОПК-12.1 ОПК-14.1 ОПК-14.2 ОПК-14.3
1.4 Элементы цифровых двойников		6		10	16	Самостоятельное изучение учебной и справочной литературы по рассматриваемой теме	Наличие конспектов лекций, практических работ	ОПК-12.1 ОПК-14.1 ОПК-14.2 ОПК-14.3
1.5 Разработка и применение цифровых двойников		6		10	18,4	Самостоятельное изучение учебной и справочной литературы по рассматриваемой теме	Наличие конспектов лекций, практических работ	ОПК-12.1 ОПК-14.1 ОПК-14.2 ОПК-14.3
1.6 Зачет								
Итого по разделу		30		45	67,4			

Итого за семестр	30		45	67,4		зачёт	
Итого по дисциплине	30		45	67,4		зачет	

## **5 Образовательные технологии**

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Цифровые двойники в машиностроительном производстве» используются:

1. Традиционные образовательные технологии ориентируются на организацию образовательного процесса, предполагающую прямую трансляцию знаний от преподавателя к студенту (преимущественно на основе объяснительно-иллюстративных методов обучения). Учебная деятельность студента носит в таких условиях, как правило, репродуктивный характер.

Формы учебных занятий с использованием традиционных технологий:

Информационная лекция – последовательное изложение материала в дисциплинарной логике, осуществляемое преимущественно вербальными средствами (монолог преподавателя).

Практическое занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков по предложенному алгоритму.

2. Информационно-коммуникационные образовательные технологии – организация образовательного процесса, основанная на применении специализированных программных сред и технических средств работы с информацией.

Формы учебных занятий с использованием информационно-коммуникационных технологий:

Лекция-визуализация – изложение содержания сопровождается презентацией (демонстрацией учебных материалов, представленных в различных знаковых системах, в т.ч. иллюстративных, графических, аудио- и видеоматериалов).

Практическое занятие в форме презентации – представление результатов проектной или исследовательской деятельности с использованием специализированных программных сред.

## **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 (модуля)**

### **а) Основная литература:**

1. Моделирование процессов обработки металлов давлением : учебное пособие [для вузов] / составители: В. А. Некит, С. И. Платов ; Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г. И. Носова. - Магнитогорск : МГТУ им. Г. И. Носова, 2020. - 1 CD-ROM. - ISBN 978-5-9967-1857-3. - Загл. с титул. экрана. - URL : <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=4212.pdf&show=dcatalogues/1/1536085/4212.pdf&view=true> (дата обращения: 28.05.2021). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

2. Песин, А. М. Нейросетевое моделирование процесса прокатки для повышения механических свойств горячекатаной трубной листовой стали : монография / А. М. Песин, В. М. Салганик, В. В. Курбан ; МГТУ. - [2-е изд., подгот. по печ. изд. 2010 г.]. - Магнитогорск : МГТУ, 2013. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL:

<https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1353.pdf&show=dcatalogues/1/1123805/1353.pdf&view=true> (дата обращения: 28.05.2021). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

### **б) Дополнительная литература:**

1. Михайлицын, С. В. Теория сварочных процессов. Конспект лекций : учебное

пособие / С. В. Михайлицын, Н. Г. Кобецкой ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2016. - 179 с. : ил., табл., диагр., схем. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=2267.pdf&show=dcatalogues/1/1129770/2267.pdf&view=true> (дата обращения: 28.05.2021). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Имеется печатный аналог.

2. Михайлицын, С. В. Сварка с использованием высокоинтенсивных источников энергии : учебное пособие / С. В. Михайлицын, М. А. Шекшеев ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2018. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3618.pdf&show=dcatalogues/1/1524635/3618.pdf&view=true> (дата обращения: 28.05.2021). - Макрообъект. - Текст : электронный. - ISBN 978-5-9967-1153-6. - Сведения доступны также на CD-ROM.

#### **в) Методические указания:**

1. Мухина, Е. Ю. Автоматизация технологических процессов : практикум / Е. Ю. Мухина, А. Р. Бондарева ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2017. - 110 с. : ил., табл., схемы. - URL:

<https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3507.pdf&show=dcatalogues/1/1514313/3507.pdf&view=true> (дата обращения: 28.05.2021). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Имеется печатный аналог.

2. Огарков, Н. Н. Расчеты в прикладной механике процесса резания : лабораторный практикум / Н. Н. Огарков, Е. С. Шеметова ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2018. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3439.pdf&show=dcatalogues/1/1514262/3439.pdf&view=true> (дата обращения: 28.05.2021). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

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

##### **Программное обеспечение**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое	бессрочно

##### **Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

Название курса	Ссылка
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>
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>

#### **9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа - Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации; видеопроектор, экран настенный, компьютер; тестовые задания для текущего контроля успеваемости.

Учебные аудитории для проведения практических занятий - компьютеры оснащенные средствами программирования, CAD/CAE проектирования

## Приложение 1

### Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

#### Примерные задания для самостоятельного решения:

##### Аудиторное практическое занятие

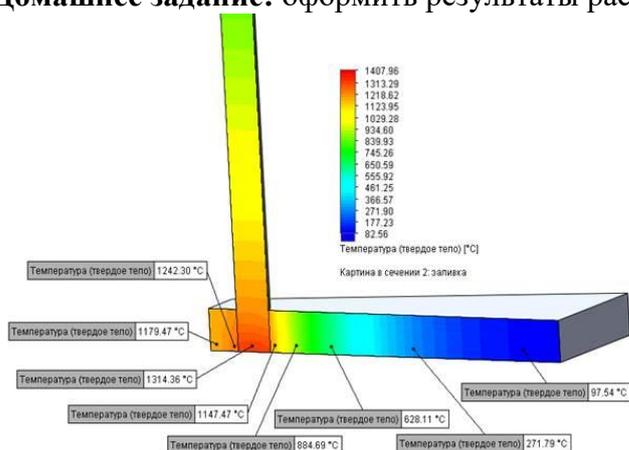
**Аудиторная задача:** Ознакомление с САЕ пакетами

Сделать постановку задачи в САЕ системе для модели технологического процесса изготовления ... используя чертежи. Вывести результаты.

Возможности Компас 3D по моделированию температурных деформаций.

Создать твердотельную модель сварной конструкции и произвести тепловой расчет. Используя библиотеку APM FEM, для твердотельных моделей сварных конструкций, с учетом закрепления произвести тепловой расчет. Под тепловым здесь понимается - стационарная теплопроводность, т.е. без учета отвода и подвода тепла к телу. Если же вас интересуют вопросы нагрева / охлаждения, то это уже нестационарная теплопроводность, которая может быть посчитана только в более старшем продукте компании НТЦ "АПМ" - системе APM WinMachine (только в аудиториях МГТУ на платном ПО).

**Домашнее задание:** оформить результаты расчета. Интерпретировать результаты.



**Реферат.** Подготовьте обзор на тему современные свободные и проприетарные САЕ системы (примерные темы):

Свободные	
<ul style="list-style-type: none"><li>• <u>BRL-CAD</u></li><li>• Electric</li><li>• freeCAD (A-S. Koh's)</li><li>• FreeCAD (Juergen Riegel's)</li><li>• gEDA</li><li>• KiCad</li><li>• LibreCAD</li><li>•</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Magic</li><li>• OpenSCAD</li><li>• Open CASCADE Technology</li><li>• QCad</li><li>• SALOME</li><li>• SolveSpace</li><li>• ZCad</li></ul>
Проприетарные	
<ul style="list-style-type: none"><li>• A9CAD</li><li>• Active-HDL</li><li>• ADEM</li><li>• Altium Designer</li><li>• ArchiCAD</li><li>• AutoCAD</li><li>• Autodesk Inventor</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mineframe</li><li>• nanoCAD</li><li>• nanoCAD free</li><li>• NX</li><li>• OrCAD</li><li>• P-CAD</li><li>• Pro/ENGINEER</li></ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• bCAD</li> <li>• Bocad-3D</li> <li>• BricsCAD</li> <li>• BtoCAD</li> <li>• CADintosh</li> <li>• Cadmech</li> <li>• CATIA</li> <li>• CorelCAD</li> <li>• DraftSight</li> <li>• E3.series</li> <li>• easyEDA</li> <li>• EPLAN Electric</li> <li>• GstarCAD</li> <li>• Inovate</li> <li>• IntelliCAD</li> <li>• Ironcad</li> <li>• Ironcad Draft</li> <li>• K3</li> <li>• MEDUSA4</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proteus</li> <li>• PSpice</li> <li>• QForm 2D/3D</li> <li>• Revit</li> <li>• Rhinoceros 3D</li> <li>• SAMCEF</li> <li>• SEE Electrical Expert</li> <li>• Solid Edge</li> <li>• SolidWorks</li> <li>• Spectra</li> <li>• SprutCAM</li> <li>• T-FLEX CAD</li> <li>• Tecnomatix</li> <li>• TopoR</li> <li>• TurboCAD</li> <li>• VariCAD</li> <li>• ZWCAD</li> <li>• Компас</li> </ul>
---	---

**Темы к зачету.** Дайте характеристику ПО:

Система комплексного нелинейного анализа конструкций MARC

Компьютерная программа ANSYS

Компьютерная программа SPOTSIM

Компьютерная программа SYSWELD

И.т.п, и.т.д.

## Приложение 2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

### 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 6.Перспективы цифровых двойников
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
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 3.Перспективы цифровых двойников
ОПК-12: Способен обеспечивать технологичность изделий и процессов их изготовления, уметь контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий машиностроения		

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
ОПК-12.1	Обеспечивает технологичность изделий и процессов их изготовления, умеет контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий путем обработки металлов давлением	Пример теоретических вопросов: 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

**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 «Цифровые двойники в машиностроительном производстве».

**«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.