



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

03.03.2021 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
Программа подготовки - академический бакалавриат

Форма обучения
очная

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

Магнитогорск
2021 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 15.03.01 МАШИНОСТРОЕНИЕ (уровень бакалавриата) (приказ Минобрнауки России от 03.09.2015 г. № 957)

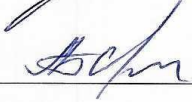
Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Машины и технологии обработки давлением и машиностроения 25.02.2021, протокол № 6

Зав. кафедрой  С.И. Платов

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ 03.03.2021 г. протокол № 4

Председатель  А.С. Савинов

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

Рецензент:
профессор кафедры ЛПиМ, д-р техн. наук  А.Б. Сычков

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 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 2023 - 2024 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 2024 - 2025 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 2025 - 2026 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)

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 вариативную часть учебного плана образовательной программы.

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

Химия

Информатика

Физика

Математика для технических специальностей

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

Основы 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:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
ПК-4 способностью участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности	
Знать	методы проведения исследований и испытаний
Уметь	использовать исследовательское оборудование для получения экспериментальных данных
Владеть	навыками использования экспериментальных данных для создания элементов цифровых двойников
ПК-6 умением использовать стандартные средства автоматизации проектирования при проектировании деталей и узлов машиностроительных конструкций в соответствии с техническими заданиями	
Знать	среды для программирования и CAD/CAE проектирования
Уметь	создавать элементы цифровых двойников

Владеть	навыками применения элементов цифровых двойников к конкретным условиям эксплуатации
---------	---

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 61,6 акад. часов;
- аудиторная – 60 акад. часов;
- внеаудиторная – 1,6 акад. часов;
- самостоятельная работа – 82,4 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		6/6И	16	Самостоятельное изучение учебной и справочной литературы по рассматриваемой теме	Наличие конспектов лекций, практических работ	
1.2 Физические и физико-химические процессы в материалах		6		6/6И	16	Самостоятельное изучение учебной и справочной литературы по рассматриваемой теме	Наличие конспектов лекций, практических работ	
1.3 Физико-математические и эмпирические модели		6		6	16	Самостоятельное изучение учебной и справочной литературы по рассматриваемой теме	Наличие конспектов лекций, практических работ	
1.4 Элементы цифровых двойников		6		6	16	Самостоятельное изучение учебной и справочной литературы по рассматриваемой теме	Наличие конспектов лекций, практических работ	
1.5 Разработка и применение цифровых двойников		6		6	18,4	Самостоятельное изучение учебной и справочной литературы по рассматриваемой теме	Наличие конспектов лекций, практических работ	
1.6 Зачет								

Итого по разделу	30		30/12И	82,4			
Итого за семестр	30		30/12И	82,4		зачёт	
Итого по дисциплине	30		30/12И	82,4		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 Windows 7 Professional(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
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: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: https://scholar.google.ru/
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: http://www1.fips.ru/

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

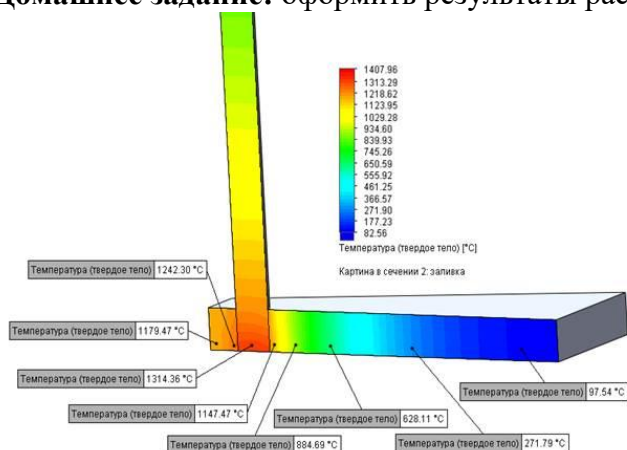
Аудиторная задача: Ознакомление с САЕ пакетами

Сделать постановку задачи в САЕсистеме 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	
<u>BRL-CAD</u> Electric freeCAD (A-S. Koh's) FreeCAD (Juergen Riegel's) gEDA KiCad LibreCAD	Magic OpenSCAD Open CASCADE Technology QCAD SALOME SolveSpace ZCAD
Проприетарные	
A9CAD Active-HDL ADEM Altium Designer ArchiCAD AutoCAD Autodesk Inventor	Mineframe nanoCAD nanoCAD free NX OrCAD P-CAD Pro/ENGINEER

bCAD Bocad-3D BricsCAD BtoCAD CADintosh Cadmech CATIA CorelCAD DraftSight E3.series easyEDA EPLAN Electric GstarCAD Inovate IntelliCAD Ironcad Ironcad Draft K3 MEDUSA4	Proteus PSpice QForm 2D/3D Revit Rhinoceros 3D SAMCEF SEE Electrical Expert Solid Edge SolidWorks Specctra SprutCAM T-FLEX CAD Tecnomatix TopoR TurboCAD VariCAD ZwCAD Компас
---	--

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:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства								
ПК-6: умением использовать стандартные средства автоматизации проектирования при проектировании деталей и узлов машиностроительных конструкций в соответствии с техническими заданиями										
Знать	– <i>технические и программные средства моделирования</i>	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.								
Уметь	- <i>применять физико-математические методы моделирования процес-сов сварки для проектирования изделий и технологических процессов в машиностроении с применением стандартных программных средств;</i> - <i>исследовать характеристики проектируемых систем с помощью вычислительной</i>	Реферат. Подготовьте обзор на тему современные свободные и проприетарные CAE системы (примерные темы): <table><tr><th colspan="2">Свободные</th></tr><tr><td><u>BRL-CAD</u> Electric freeCAD (A-S. Koh's) FreeCAD (Juergen Riegel's) gEDA KiCad LibreCAD</td><td>Magic OpenSCAD Open CASCADE Technology QCad SALOME SolveSpace ZCad</td></tr><tr><th colspan="2">Проприетарные</th></tr><tr><td>A9CAD Active-HDL ADEM</td><td>Mineframe nanoCAD nanoCAD free</td></tr></table>	Свободные		<u>BRL-CAD</u> Electric freeCAD (A-S. Koh's) FreeCAD (Juergen Riegel's) gEDA KiCad LibreCAD	Magic OpenSCAD Open CASCADE Technology QCad SALOME SolveSpace ZCad	Проприетарные		A9CAD Active-HDL ADEM	Mineframe nanoCAD nanoCAD free
Свободные										
<u>BRL-CAD</u> Electric freeCAD (A-S. Koh's) FreeCAD (Juergen Riegel's) gEDA KiCad LibreCAD	Magic OpenSCAD Open CASCADE Technology QCad SALOME SolveSpace ZCad									
Проприетарные										
A9CAD Active-HDL ADEM	Mineframe nanoCAD nanoCAD free									

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства	
	<i>техники обобщать свойства исследуемого объекта и создавать физические,</i>	Altium Designer ArchiCAD AutoCAD Autodesk Inventor bCAD Bocad-3D BricsCAD BtoCAD CADintosh Cadmech CATIA CorelCAD DraftSight E3.series easyEDA EPLAN Electric GstarCAD Inovate IntelliCAD Ironcad Ironcad Draft K3 MEDUSA4	NX OrCAD P-CAD Pro/ENGINEER Proteus PSpice QForm 2D/3D Revit Rhinoceros 3D SAMCEF SEE Electrical Expert Solid Edge SolidWorks Specctra SprutCAM T-FLEX CAD Tecnomatix TopoR TurboCAD VariCAD ZwcAD Компас

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
Владеть	– навыками применения стандартных программных средств на базе физико-математических моделей области моделирования процессов сварки;	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 АРМ 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 АРМ WinMachine (только в аудиториях МГТУ на платном ПО). Домашнее задание: оформить результаты расчета. Интерпретировать результаты. 