



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
20.02.2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

***ОСНОВЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ
ДАВЛЕНИЕМ***

Направление подготовки (специальность)
15.03.01 МАШИНОСТРОЕНИЕ

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

Уровень высшего образования - бакалавриат
Программа подготовки - академический бакалавриат

Форма обучения
очная

Институт/ факультет	Институт металлургии, машиностроения и материалобработки
Кафедра	Машины и технологии обработки давлением и машиностроения
Курс	3
Семестр	5

Магнитогорск
2020 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
18.02.2020, протокол № 6

Зав. кафедрой  С.И. Платов

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ
20.02.2020 г. протокол № 5

Председатель  А.С. Савинов

Рабочая программа составлена:
ст. преподаватель кафедры МиТОДиМ,  К.Г. Пашенко

Рецензент:
профессор кафедры Механики, канд. техн. наук  А.К.

Белан

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины (модуля) «Основы моделирования процессов ОМД» являются: развитие у студентов личностных качеств, а также формирование общекультурных и профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ФГОС по направлению 150301 - Машиностроение. Студент должен получить знание и навыки применения главных научных методов исследования технических объектов: математического моделирования с использованием современных программных продуктов, получить представление о систематической природе технических зависимостей и закономерностей; изучить условия подобия при моделировании, методы интерпретации результатов исследований.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Основы моделирования процессов обработки металлов давлением входит в вариативную часть учебного плана образовательной программы.

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

Начертательная геометрия и компьютерная графика

Физика

Математика

Информатика

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

Моделирование процессов обработки металлов давлением с использованием современных программных продуктов

Подготовка к защите и защита выпускной квалификационной работы

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

В результате освоения дисциплины (модуля) «Основы моделирования процессов обработки металлов давлением» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
ПК-2 умением обеспечивать моделирование технических объектов и технологических процессов с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов	
Знать	<input type="checkbox"/> основные математические, физические, химические и др. положения, законы и т.п. сведения, необходимые для применения в области моделирования процессов ОМД. <input type="checkbox"/> основные положения теории подобия и моделирования; классификацию и <input type="checkbox"/> основные формы математических моделей (ММ); требования к математическим моделям; <input type="checkbox"/> типовые задачи моделирования и способы их решения; технические и программные средства <input type="checkbox"/> моделирования

Уметь	<input type="checkbox"/> применять физико-математические методы моделирования процессов ОМД для проектирования изделий и технологических процессов в машиностроении с применением стандартных программных средств; <input type="checkbox"/> исследовать характеристики проектируемых систем с помощью <input type="checkbox"/> вычислительной техники обобщать свойства исследуемого объекта и создавать физические, <input type="checkbox"/> математические, иконографические и имитационные математические модели; строить <input type="checkbox"/> математические модели и проводить необходимый объем экспериментов для этого; <input type="checkbox"/> определять значимость тех или иных факторов при построении моделей; <input type="checkbox"/> проводить исследования объектов с помощью моделей
Владеть	<input type="checkbox"/> навыками разработки новых и применения стандартных программных средств на базе физико-математических моделей области моделирования процессов ОМД; <input type="checkbox"/> навыками формального представления технических объектов и технологических процессов и их автоматизации в рамках существующих стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования; <input type="checkbox"/> навыками применения различных инструментов и методов моделирования и автоматизации технических объектов и технологических процессов и описания физических систем для решения различных проблем, возникающих при моделировании; <input type="checkbox"/> общепринятыми методиками обработки результатов моделирования; <input type="checkbox"/> навыками интерпретации результатов исследований созданных моделей.

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

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

- контактная работа – 57,2 акад. часов:
- аудиторная – 54 акад. часов;
- внеаудиторная – 3,2 акад. часов
- самостоятельная работа – 51,1 акад. часов;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. часа

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.				
1.1 Введение. Цели и задачи моделирования процессов сварки с использованием программных продуктов.	5	2		4/2И	6,1	Самостоятельное изучение учебной литературы. Подготовка к практическим занятиям.	Решение задач.	ПК-2

2.1 Основы теории подобия	5	2		4/2И	5	Самостоятельное изучение учебной литературы. Подготовка к практическим занятиям.	Решение задач.	ПК-2
3.1 Метод конечных элементов. Преимущества и недостатки. История развития метода. Системы анализа, основанные на методе. Программное	5	2		4/2И	5	Самостоятельное изучение учебной литературы. Подготовка к практическим занятиям.	Решение задач.	ПК-2
4.1 Характеристики объектов моделирования	5	2		4/2И	5	Самостоятельное изучение учебной литературы. Подготовка к практическим занятиям.	Решение задач.	ПК-2
5.1 Программные продукты для моделирования сварочных процессов	5	2		4/2И	5	Самостоятельное изучение учебной литературы. Подготовка к практическим занятиям.	Решение задач.	ПК-2
6.1 Особенности математического моделирования процессов сварки с использованием программных продуктов.	5	2		4/2И	5	Самостоятельное изучение учебной литературы. Подготовка к практическим занятиям.	Решение задач.	ПК-2
7.1 Характеристика решений от ESI Group, MSC Marc и др. разработчиков.	5	2		4/2И	5	Самостоятельное изучение учебной литературы. Подготовка к практическим занятиям.	Решение задач.	ПК-2
8.1 Обработка и интерпретация результатов моделирования.	5	4		8	15	Самостоятельное изучение учебной литературы. Подготовка к практическим занятиям.	Решение задач.	ПК-2
9.1 Экзамен	5							ПК-2
Итого за семестр		18		36/14И	51,1		экзамен	ПК-2
Итого по дисциплине		18		36/14И	51,1		экзамен	ПК-2

5 Образовательные технологии

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.

Лабораторная работа – организация учебной работы с реальными материальными и информационными объектами, экспериментальная работа с аналоговыми моделями реальных объектов.

2. Технологии проектного обучения – организация образовательного процесса в соответствии с алгоритмом поэтапного решения проблемной задачи или выполнения учебного задания. Проект предполагает совместную учебно-познавательную деятельность группы студентов, направленную на выработку концепции, установление целей и задач, формулировку ожидаемых результатов, определение принципов и методик решения поставленных задач, планирование хода работы, поиск доступных и оптимальных ресурсов, поэтапную реализацию плана работы, презентацию результатов работы, их осмысление и рефлексии.

Основные типы проектов:

Исследовательский проект – структура приближена к формату научного исследования (доказательство актуальности темы, определение научной проблемы, предмета и объекта исследования, целей и задач, методов, источников, выдвижение гипотезы, обобщение результатов, выводы, обозначение новых проблем).

Информационный проект – учебно-познавательная деятельность с ярко выраженной эвристической направленностью (поиск, отбор и систематизация информации о каком-то объекте, ознакомление участников проекта с этой информацией, ее анализ и обобщение для презентации более широкой аудитории).

3. Интерактивные технологии – организация образовательного процесса, которая предполагает активное и нелинейное взаимодействие всех участников, достижение на этой основе лично- значимого для них образовательного результата. Наряду со специализированными технологиями такого рода принцип интерактивности прослеживается в большинстве современных образовательных технологий. Интерактивность подразумевает субъект-субъектные отношения в ходе образовательного процесса и, как следствие, формирование саморазвивающейся информационно-ресурсной среды.

Семинар-дискуссия – коллективное обсуждение какого-либо спорного вопроса, проблемы, выявление мнений в группе (меж-групповой диалог, дискуссия как спор-диалог).

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

По дисциплине «Основы моделирования процессов обработки металлов давлением» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся.

Самостоятельная работа студентов предполагает решение задач.

Примерные задания для самостоятельного решения:

№1. Выведите из зависимостей критерии подобия для указанного процесса.

Примените энергетический подход для составления модели в МКЭ для указанного процесса.

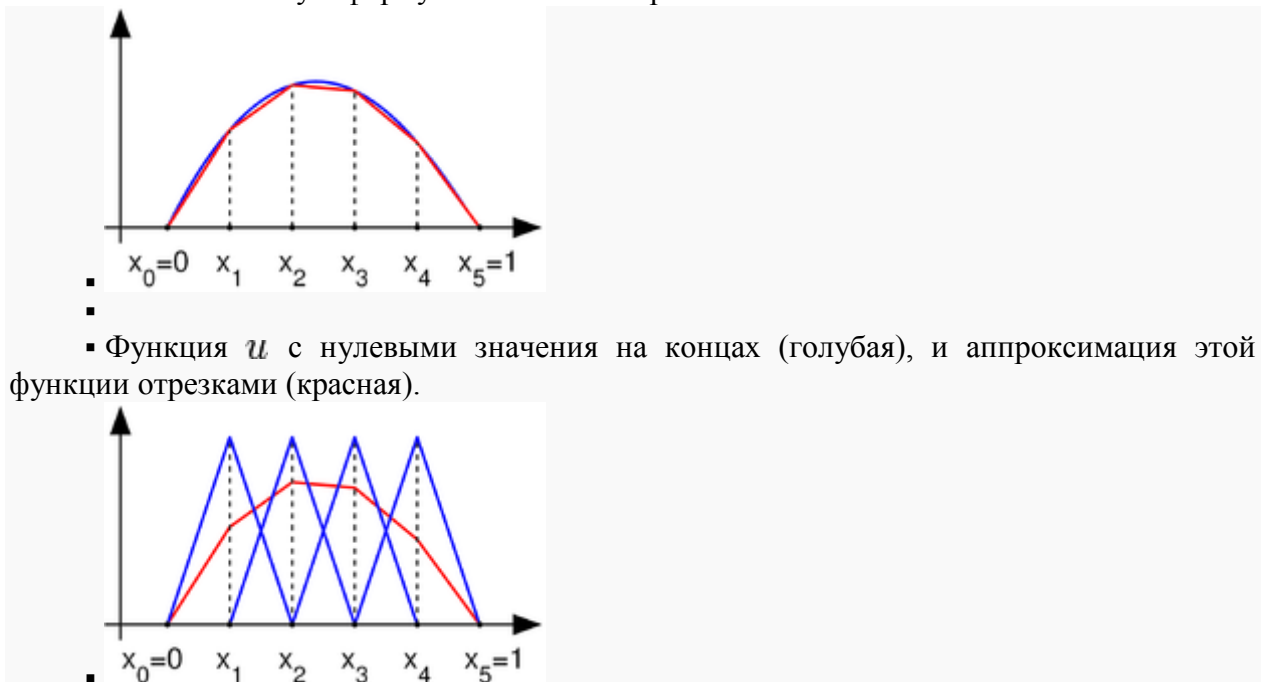
№2. Решить следующее одномерное дифференциальное уравнение

В одномерном пространстве $P1$ определено следующее одномерное дифференциальное уравнение для нахождения функции u на промежутке от 0 до 1. На границах области, значение функции u равно 0:

$$P1 : \begin{cases} u''(x) = f(x) \text{ in } (0, 1), \\ u(0) = u(1) = 0, \end{cases}$$

где f известная функция, u неизвестная функция от x . u'' вторая производная от u по x . Решение поставленной задачи методом конечных элементов разобьём на 2 этапа:

- Переформулировать граничную задачу в так называемую слабую (вариационную) форму. На этом этапе вычислений почти не требуется.
- Разбить слабую форму на конечные отрезки-элементы.



№3. Получите законы движения физической системы по заданным уравнениям

№4. В задании уравнения полных кинетической и потенциальной энергий.

1. Продифференцировать уравнения в символьном виде с помощью математического пакета.
2. Получить дифференциальные уравнения движения.
3. Решить дифференциальные уравнения движения с помощью математического пакета.
4. Представить результат в виде уравнения зависимости перемещений от времени и графиков перемещений.

5. Показать возможные примеры реальных систем с подобными уравнениями
function Qr=fQr(T, U, Qr,...

q1, q2, q3,...

v1, V2, v3,...

a1, a2, a3,...

m1, m2, m3, m4, m5, m6, e1, e2, e3, e4, e5, e6)

% Компоненты уравнения Лагранжа

dT__d_dqdt=diff(T,v1)+diff(T,V2)+diff(T,v3)

%При дифференцировании по скоростей dqdt по времени t получим ускорения

%ddqdt, т.е. заменим скорости dqdt ускорениями ddqdt

ddT__d_dqdt__dt= diff(dT__d_dqdt,v1).*a1...

+diff(dT__d_dqdt,V2).*a2...

$$+diff(dT_dq, v3). * a3$$

$$dT_dq = diff(T, q1) + diff(T, q2) + diff(T, q3)$$

$$dU_dq = diff(U, q1) + diff(U, q2) + diff(U, q3)$$

$$Qr = ddT_dq - dt - dT_dq + dU_dq;$$

№6. Заданы физические законы ... и ограничения для технологического процесса (например вытяжки стакана)...., агрегата (инструмента) и заготовки.

Сформулируйте модель.

Снизьте размерность указанной модели.

Составьте граничные условия для модели

Запишите Лагранжиан 2-го рода для указанных энергетических уравнений.

Составьте дифференциальные уравнения и укажите решение МКЭ для малой области одним КЭ.

Вопросы для подготовки к экзамену:

1. Назовите основные этапы алгоритма построения аналитической модели.
2. Назовите основные этапы алгоритма построения эмпирической модели.
3. Расскажите о различиях в алгоритмах построения аналитической и эмпирической моделей.
4. Назовите источники априорной информации.
5. Что является результатом анализа априорной информации?
6. Какие требования предъявляются к входным и выходным факторам?
7. Что такое критерий оптимизации?
8. Перечислите виды критериев оптимизации.
9. Что такое ранг?
10. Что такое формализация?
11. Что такое интерпретация?
12. Что такое эксперимент?
13. Что такое планирование эксперимента?
14. Обозначьте цели планирования эксперимента.
15. Что такое опыт?
16. Какие виды экспериментов существуют?
17. Что такое план эксперимента?
18. Что такое нулевой уровень фактора? Как он выбирается?
19. Что такое интервал варьирования? Как он выбирается?
20. Что такое полный факторный эксперимент?
21. Что такое матрица планирования эксперимента?
22. Назовите свойства матрицы полного факторного эксперимента.
23. Что такое дробная реплика?
24. Что такое рандомизация? Какова цель проведения рандомизации?
25. Что такое экстремальный эксперимент?
26. Что такое интерполяционный эксперимент?
27. Что такое многофакторная линейная регрессия?
28. Как оценивается точность многофакторной линейной регрессионной модели?
29. Как оценивается адекватность многофакторной линейной регрессионной модели?
30. Какие значения может принимать множественный коэффициент корреляции?
31. Что такое нелинейные модели с «внутренней линейностью»?
32. Какие бывают нелинейные модели с «внутренней линейностью»?
33. Что такое нелинейные модели с «внутренней нелинейностью»?
34. Обозначьте основные этапы метода включения переменных.
35. Что такое корреляционная матрица?
36. Что такое частный критерий Фишера для входной переменной? Что он характеризует?

37. Обозначьте основные этапы метода исключения переменных.
38. Что такое интерпретация модели?
39. Для чего выполняется интерпретация модели?
40. Обозначьте этапы интерпретации модели. Что такое градиент функции?
41. Почему при отыскании максимума критерия оптимизации можно перемещаться по градиенту?
Что делать, если не удалось решить задачу оптимизации для исследуемого объекта

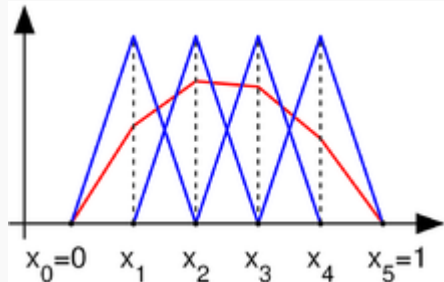
7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ПК-2: умением обеспечивать моделирование технических объектов и технологических процессов с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов		
Знать	<ul style="list-style-type: none"> – основные математические, физические, химические и др. положения, законы и т.п. сведения, необходимые для применения в области моделирования процессов сварки. – основные положения теории подобия и моделирования; классификацию и – основные формы математических моделей (ММ); требования к математическим моделям; – типовые задачи моделирования и способы их решения; технические и программные средства – моделирования 	<p>Вопросы к экзамену:</p> <p>Назовите основные этапы алгоритма построения аналитической модели.</p> <p>Назовите основные этапы алгоритма построения эмпирической модели.</p> <p>Расскажите о различиях в алгоритмах построения аналитической и эмпирической моделей.</p> <p>Назовите источники априорной информации.</p> <p>Что является результатом анализа априорной информации?</p> <p>Какие требования предъявляются к входным и выходным факторам?</p> <p>Что такое критерий оптимизации?</p> <p>Перечислите виды критериев оптимизации.</p> <p>Что такое ранг?</p> <p>Что такое формализация?</p> <p>Что такое интерпретация?</p> <p>Что такое эксперимент?</p> <p>Что такое планирование эксперимента?</p> <p>Обозначьте цели планирования эксперимента.</p> <p>Что такое опыт?</p> <p>Какие виды экспериментов существуют?</p> <p>Что такое план эксперимента?</p> <p>Что такое нулевой уровень фактора? Как он выбирается?</p> <p>Что такое интервал варьирования? Как он выбирается?</p> <p>Что такое полный факторный эксперимент?</p> <p>Что такое матрица планирования эксперимента?</p> <p>Назовите свойства матрицы полного факторного эксперимента.</p> <p>Что такое дробная реплика?</p> <p>Что такое рандомизация? Какова цель проведения рандомизации?</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>Что такое экстремальный эксперимент? Что такое интерполяционный эксперимент? Что такое многофакторная линейная регрессия? Как оценивается точность многофакторной линейной регрессионной модели? Как оценивается адекватность многофакторной линейной регрессионной модели? Какие значения может принимать множественный коэффициент корреляции? Что такое нелинейные модели с «внутренней линейностью»? Какие бывают нелинейные модели с «внутренней линейностью»? Что такое нелинейные модели с «внутренней нелинейностью»? Обозначьте основные этапы метода включения переменных. Что такое корреляционная матрица? Что такое частный критерий Фишера для входной переменной? Что он характеризует? Обозначьте основные этапы метода исключения переменных. Что такое интерпретация модели? Для чего выполняется интерпретация модели? Обозначьте этапы интерпретации модели. Что такое градиент функции? Почему при отыскании максимума критерия оптимизации можно перемещаться по градиенту? Что делать, если не удалось решить задачу оптимизации для исследуемого объекта?</p>
Уметь	<p>– применять физико-математические методы моделирования процессов сварки для проектирования изделий и технологических процессов в машиностроении с применением стандартных программных средств; – исследовать характеристики проектируемых систем с помощью вычислительной техники обобщать свойства исследуемого объекта и создавать</p>	<p>Примерные задания для практических работ: 1. Выведите из зависимостей критерии подобия для указанного процесса. Примените энергетический подход для составления модели в МКЭ для указанного процесса. 2. Заданы физические законы и ограничения для технологического процесса, агрегата (инструмента) и заготовки. Сформулируйте модель. Снизьте размерность указанной модели. Составьте граничные условия для модели</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	физические, – математические, иконографические и имитационные математические модели; строить – математические модели и проводить необходимый объём экспериментов для этого; – определять значимость тех или иных факторов при построении моделей; – проводить исследования объектов с помощью моделей	Запишите Лагранжиан 2-го рода для указанных энергетических уравнений. Составьте дифференциальные уравнения и укажите решение МКЭ для малой области одним КЭ.
Владеть	– навыками разработки новых и применения стандартных программных средств на базе физико-математических моделей области моделирования процессов сварки; – навыками формального представления технических объектов и технологических процессов и их автоматизации в рамках существующих стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования; – навыками применения различных инструментов и методов моделирования и автоматизации технических объектов и технологических процессов и описания физических систем для решения различных проблем, возникающих при моделировании; – общепринятыми методиками обработки	<p style="text-align: center;">Примерные задания для практических работ:</p> <p>Решить следующее одномерное дифференциальное уравнение В одномерном пространстве P1 определено следующее одномерное дифференциальное уравнение для нахождения функции u на промежутке от 0 до 1. На границах области, значение функции u равно 0:</p> $P1 : \begin{cases} u''(x) = f(x) \text{ in } (0, 1), \\ u(0) = u(1) = 0, \end{cases}$ <p>где f известная функция, u неизвестная функция от x. u'' вторая производная от u по x. Решение поставленной задачи методом конечных элементов разобьём на 2 этапа:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Переформулировать граничную задачу в так называемую слабую (вариационную) форму. На этом этапе вычислений почти не требуется. ▪ Разобить слабую форму на конечные отрезки-элементы.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<p>результатов моделирования;</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками интерпретации результатов исследований созданных моделей. 	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;">  <ul style="list-style-type: none"> ▪ ▪ ▪ Функция u с нулевыми значения на концах (голубая), и аппроксимация этой функции отрезками (красная).  <ul style="list-style-type: none"> ▪ </div> <ol style="list-style-type: none"> 2. Получите законы движения физической системы по заданным уравнениям 3. В задании уравнения полной кинетической и потенциальной энергий. <ol style="list-style-type: none"> 3.1. Продифференцировать уравнения в символьном виде с помощью математического пакета. 3.2. Получить дифференциальные уравнения движения. 3.3. Решить дифференциальные уравнения движения с помощью математического пакета. 3.4. Представить результат в виде уравнения зависимости перемещений от времени и графиков перемещений. 3.5. Показать возможные примеры реальных систем с подобными уравнениями <p>function $Qr=fQr(T, U, Qr,...$</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p> q_1, q_2, q_3, \dots v_1, v_2, v_3, \dots a_1, a_2, a_3, \dots $m_1, m_2, m_3, m_4, m_5, m_6, e_1, e_2, e_3, e_4, e_5, e_6$ </p> <p> % Компоненты уравнения Лагранжа $dT_{dq} = \text{diff}(T, v_1) + \text{diff}(T, v_2) + \text{diff}(T, v_3)$ % При дифференцировании по скоростей dq/dt по времени t получим ускорения % ddq/dt, т.е. заменим скорости dq/dt ускорениями ddq/dt $ddT_{dq} = \text{diff}(dT_{dq}, v_1) \cdot a_1 + \dots$ $\quad + \text{diff}(dT_{dq}, v_2) \cdot a_2 + \dots$ $\quad + \text{diff}(dT_{dq}, v_3) \cdot a_3$ $dT_{dq} = \text{diff}(T, q_1) + \text{diff}(T, q_2) + \text{diff}(T, q_3)$ $dU_{dq} = \text{diff}(U, q_1) + \text{diff}(U, q_2) + \text{diff}(U, q_3)$ $Q_r = ddT_{dq} - dT_{dq} + dU_{dq}$; </p>

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

Промежуточная аттестация включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена.

Показатели и критерии оценивания экзамена:

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса и одно практическое задание.

– 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.

а) Основная литература:

1. Кальченко, А. А. Планирование эксперимента и обработка результатов с использованием ЭВМ : учебное пособие / А. А. Кальченко, К. Г. Пашенко ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2017. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3044.pdf&show=dcatalogues/1/1135031/3044.pdf&view=true> (дата обращения: 04.10.2019). - Макрообъект. - Текст : электронный.

2. Кальченко, А. А. Моделирование процессов ОМД с использованием современных программных продуктов : учебное пособие / А. А. Кальченко, К. Г. Пашенко ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2017. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=2992.pdf&show=dcatalogues/1/1134932/2992.pdf&view=true> (дата обращения: 04.10.2019). - Макрообъект. - Текст : электронный.

б) Дополнительная литература:

1. Кальченко, А. А. Математические методы в инженерии : учебное пособие / А. А. Кальченко, К. Г. Пашенко ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2017. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=2835.pdf&show=dcatalogues/1/1133197/2835.pdf&view=true> (дата обращения: 04.10.2019). - Макрообъект. - Текст : электронный.

2. Кальченко, А. А. Компьютерные технологии в машиностроении : учебное пособие / А. А. Кальченко ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2017. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - URL: -

<https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=2847.pdf&show=dcatalogues/1/1133261/2847.pdf&view=true> (дата обращения: 04.10.2019). - Макрообъект. - Текст : электронный.

3. Кальченко, А. А. Методы описания и анализа формоизменения металла : учебное пособие / А. А. Кальченко, К. Г. Пащенко ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2017. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=2949.pdf&show=dcatalogues/1/1134747/2949.pdf&view=true> (дата обращения: 04.10.2019). - Макрообъект. - Текст : электронный.

4. Харитонов, В.А. Анализ процесса волочения в монолитной волоке при моделировании в программном комплексе Deform-3d : учебное пособие / В.А. Харитонов, М.Ю. Усанов ; МГТУ. - Магнитогорск/ МГТУ, 2018. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <http://catalog.infoereg.ru/Inet/GetEzineByID/321429> (дата обращения: 15.10.2019). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

в) Методические указания:

1. Моделирование систем и процессов. Практикум : учебное пособие для вузов / В. Н. Волкова [и др.] ; под редакцией В. Н. Волковой. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 295 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01442-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <http://www.biblio-online.ru/bcode/451288> (дата обращения: 19.10.2020).

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
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	https://dlib.eastview.com/
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/
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: http://window.edu.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:

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа: Комплекс тестовых заданий для проведения промежуточных и рубежных контролей.

2. Учебная аудитория для проведения лабораторных работ: Лабораторный корпус с лабораторией сварки и лабораторией резания: комплект печатных и электронных версий методических рекомендаций, учебное пособие, плакаты по темам. Лабораторное оборудование.

3. Учебная аудитория для проведения механических испытаний:

1) Машины универсальные испытательные на растяжение.

2) Мерительный инструмент.

3) Приборы для измерения твердости по методам Бринелля и Роквелла.

4) Микротвердомер.

5) Печи термические.

4. Учебная аудитория для проведения металлографических исследований: Микроскопы МИМ-6, МИМ-7

5. Учебные аудитории для проведения индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации: Доска.

6. Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования: Стеллажи, инструменты для ремонта лабораторного оборудования.