

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной  
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 16 » февраля 20 23 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Математическое моделирование процессов в машиностроении  
(наименование)

**Форма обучения:** очная  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** бакалавриат  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** 144 (4)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 15.03.05 Конструкторско-технологическое  
обеспечение машиностроительных производств  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств (общий профиль, СУОС)  
(наименование образовательной программы)

# 1. Общие положения

## 1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель учебной дисциплины – изучение теоретических основ математического моделирования объектов производства и технологических процессов машиностроения: принципов построения и использования математических моделей, современных инструментов их анализа и реализации, формирование системного подхода к использованию математического моделирования как самостоятельного и эффективного инструмента практической деятельности инженера-машиностроителя при решении междисциплинарных задач конструкторско-технологической подготовки производства.

Задачи учебной дисциплины:

- получение знаний по теоретическим основам математического моделирования объектов производства и технологических процессов машиностроения: принципам построения, классификации и использования математических моделей, проверки их адекватности;
- изучение теории численных методов решения алгебраических, трансцендентных и дифференциальных уравнений и систем уравнений, функций и алгоритмов решения уравнений в системе MathCAD;
- приобретение умений использовать математическое моделирование как самостоятельный и эффективный инструмент практической деятельности инженера-машиностроителя при решении задач проектирования объектов новой техники, эксплуатации машин, разработке технологических процессов, решении организационно-экономических задач производства;
- ? приобретение умений разработки математических моделей для описания, исследования и оптимизации технических характеристик и технико-экономических параметров функционирования технологического оборудования и изделий машиностроения;
- освоение умений моделирования физических процессов в современных математических пакетах как самостоятельного эффективного инструмента определения параметров и режимов работы машин, технологических процессов;
- получение опыта комплексного применения знаний и умений, полученных при изучении базовых дисциплин и дисциплин профиля подготовки, для решения междисциплинарных задач;
- получение опыта проведения параметрических исследований при построении и использовании математических моделей, в том числе в структуре комплексных инженерных проектов;
- получение опыта построения математических моделей технических объектов, стационарных и нестационарных процессов функционирования машин на основе знаний об их физических основах и геометрических параметрах систем.

## 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Предметом освоения дисциплины являются следующие объекты:

- теория математического моделирования и технологии построения математических моделей;
- физические процессы и их модели в механических, электрических, гидравлических и тепловых системах изделий машиностроения и технологического оборудования;
- критерии оптимальности, целевые функции, ограничения, структура их взаимосвязей, математические методы оптимального проектирования при решении проектно-конструкторских задач профессиональной деятельности;
- CAD (Computer Aided Design)-технологии проведения расчётов и анализа стандартных математических моделей технологических процессов изготовления и обработки деталей машин и рабочих процессов функционирования элементов технических систем;
- программное обеспечение для моделирования физических процессов: система компьютерной математики «MathCAD», предназначенная для автоматизации инженерных расчётов путём применения компьютерного моделирования при создании и реализации алгоритмов параметрических исследований.

## 1.3. Входные требования

Не предусмотрены

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ОПК-1	ИД-1ОПК-1	знает теорию решения стандартных инженерных задач с помощью современных вычислительных технологий: численные методы решения алгебраических и трансцендентных уравнений, обыкновенных дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений, функциональное назначение и математические основы решения задач интерполяции и аппроксимации при обработке экспериментальных данных	Знает основные разделы математики, физики, химии, теоретической механики, теории машин и механизмов и других общетехнических дисциплин для решения задач профессиональной деятельности	Дифференцированный зачет

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ОПК-1	ИД-2ОПК-1	умеет использовать численные методы при решении задач определения параметров и режимов физических процессов функционирования машин и обработки материалов	Умеет применять основные разделы математики и физики для решения задач профессиональной деятельности, конструировать типовые элементы машин, выполнять расчёты их прочности и жёсткости	Отчёт по практическом у занятию
ОПК-1	ИД-3ОПК-1	владеет опытом построения и анализа математических моделей в форме непрерывных функциональных зависимостей на основе численных данных, моделей в форме дифференциальных уравнений по стандартным методикам на базе систем автоматизированного проектирования в области проведения математических расчётов	Владеет навыками применения основных разделов математики и физики в решении задач профессиональной деятельности, разработки типовых конструкций элементов машин и механизмов, расчёта напряжений и перемещений в деталях машин и оборудования	Дифференцированный зачет
ОПК-11	ИД-1ОПК-11	знает математическое моделирование как метод проектирования объектов новой техники и технологических процессов, правила и методы применения математического моделирования при разработке конструкций изделий машиностроения и технологических процессов	Знает жизненный цикл машиностроительной продукции, содержание технологической подготовки производства, способы обработки материалов, сборки изделий, задачи проектирования технологических процессов, основы использования оборудования, оснастки и инструмента, основные положения и понятия технологии машиностроения	Дифференцированный зачет
ОПК-11	ИД-2ОПК-11	умеет использовать на практике основные подходы и методологию математического моделирования: разрабатывать теоретические модели, позволяющие исследовать параметры и	Умеет формулировать служебное назначение изделий машиностроения, определять требования к их качеству, выбирать материалы для их изготовления, разрабатывать технологии и выбирать средства	Отчёт по практическом у занятию

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		режимы функционирования проектируемых изделий, технологических процессов, средств и систем машиностроительных производств	технологического оснащения при разных методах обработки	
ОПК-11	ИД-3ОПК-11	владеет опытом разработки и исследования математических моделей изделий машиностроения, средств оснащения технологических процессов, машиностроительных производств, оборудования	Владеет навыком разработки рациональных технологических процессов изготовления продукции, применения инструментов, эффективного оборудования, определения технологических режимов и показателей качества изготовленной продукции	Дифференцированный зачет
ОПК-12	ИД-1ОПК-12	знает функциональное назначение систем компьютерной математики, технические аспекты их прикладного использования и общую методологию их практического освоения, функции и алгоритмы реализации стандартных инженерных задач с помощью систем компьютерной математики «MathCAD»	Знает состав и назначение стандартных программных средств, применяемых для решения задач профессиональной деятельности, современные информационные технологии, используемые для обеспечения функционирования машиностроительных предприятий	Дифференцированный зачет
ОПК-12	ИД-2ОПК-12	умеет работать с системой «MathCAD» как основной программной средой, предназначенной для математического моделирования при решении типовых инженерных задач, решать их с помощью встроенных функций систем компьютерной математики	Умеет использовать прикладное программное обеспечение и современные информационные технологии при проектировании технологии производства изделий	Отчёт по практическому занятию
ОПК-12	ИД-3ОПК-12	владеет опытом построения и анализа математических моделей в форме непрерывных функциональных	Владеет навыками применения стандартных программных средств для решения задач профессиональной	Дифференцированный зачет

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		зависимостей на основе численных данных, моделей в форме дифференциальных уравнений по стандартным методикам на базе систем автоматизированного проектирования в области проведения математических расчётов	деятельности	
ПК-3.1	ИД-1ПК-3.1	знает основные подходы к разработке и методологию построения и использования математических моделей процессов и объектов машиностроительных производств, критерии оптимальности, методы и алгоритмы оптимального проектирования технических объектов и физических процессов (определения оптимальных параметров и режимов функционирования изделий и процессов обработки материалов)	Знает методы проектно-конструкторской работы, закономерности и связи процессов создания машин, подход к формированию множества решений проектной задачи на структурном и конструкторском уровнях, выявления и сравнительной оценки оптимальных вариантов изделий, основы методологии математического моделирования технических систем	Дифференцированный зачет
ПК-3.1	ИД-2ПК-3.1	умеет адаптировать знания математики, физики, теоретической механики и других базовых дисциплин и дисциплин профиля подготовки к анализу конкретных рабочих процессов функционирования машин и обработки материалов, правильно определять цели расчёта параметров конструкций изделий, осуществлять постановку задач для математического анализа проектной ситуации; применять математические методы в задачах оптимизации процессов	Умеет проектировать и конструировать элементы и системы машин, разрабатывать и обосновывать технические решения, удовлетворяющие требуемым показателям служебного назначения изделий, работать с программными системами, предназначенными для математического моделирования, анализировать надёжность технических систем, составлять структурные схемы изделий и производств, разрабатывать их математические модели,	Отчёт по практическому занятию

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		функционирования и конструкции технических объектов	разрабатывать изделия сложной геометрии с использованием современных систем геометрического моделирования	
ПК-3.1	ИД-3ПК-3.1	владеет навыками использования математического моделирования для определения технологических, конструкторских и эксплуатационных параметров функционирования изделий	Владеет навыками выбора ана-логов и прототипа конструкции, проектирования конструкции, оценки надёжности технических элементов и систем, работы с программными системами математического моделирования, оформления результатов исследования и принятия технических решений, оформления законченных проектно-конструкторских работ	Дифференцированный зачет

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		7	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	72	72	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	32	32	
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	36	36	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	72	72	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет	9	9	
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	144	144	

#### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
7-й семестр				
Общие сведения по теории математического моделирования, применение и разработка детерминированных моделей процессов функционирования машин и обработки материалов	8	0	8	24
<p>Тема 1. Общие сведения о разработке математических моделей</p> <p>Классификация моделей, этапы разработки и принципы построения. Структура математической модели технического объекта. Требования, предъявляемые к моделям, и основные свойства моделей.</p> <p>Иерархический принцип построения математических моделей. Взаимо-связь моделей в цикле проектирования. Основные положения разработки и проверки моделей: последовательность процесса моделирования, оценка точности и адекватности моделей.</p> <p>Тема 2. Формирование математических моделей при различной степени детализации физических свойств и технических параметров</p> <p>Уровни математического моделирования: макроуровень, микроуровень и метауровень.</p> <p>Использование фазовых переменных при моделировании на макроуровне, компонентные и топологические уравнения. Примеры моделей объектов на каждом уровне моделирования.</p> <p>Аналогии компонентных и топологических уравнений.</p>				



Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Прикладное использование систем компьютерной математики в математическом моделировании	12	0	14	24
<p>Тема 3. Численные методы решения научно-технических задач Методы Эйлера и Рунге-Кутты решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Функциональное назначение и математические основы решения задач интерполяции и аппроксимации. Исходные данные для решения задач, условия построения сплайнов и метод наименьших квадратов. Построение моделей идентификации.</p> <p>Тема 4. Применение системы компьютерной математики «MathCAD» для моделирования процессов, описываемых обыкновенными дифференциальными уравнениями, и для построения моделей идентификации технических объектов Функции решения обыкновенных дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений в системе MathCAD: odesolve, rkadapt, rkfixed (исходные данные и аргументы функций, формы представления результатов решения). Функции линейной интерполяции и интерполяции сплайнами в системе MathCAD: lspline, pspline, cspline, их структура и аргументы; функция interp, её структура и аргументы. Функции решения задач аппроксимации в системе MathCAD – linfit (линейная регрессия общего вида), genfit (нелинейная регрессия общего вида), intercept и slope (линейная регрессия), expfit, logfit, regress (специальные формы аппроксимирующих функций) – и их аргументы. Функция interp, её аргументы.</p>				
Математические методы оптимального проектирования технических объектов и технологических процессов, моделирование динамического состояния технологического оборудования	12	0	14	24
<p>Тема 5. Методы оптимального проектирования: общие положения. Регулярные методы оптимального проектирования Критерии оптимальности технических объектов. Постановка задач оптимального проектирования. Классификация методов оптимизации. Регулярные методы: математический анализ, вариационное исчисление. Уравнение Эйлера для функционала.</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Тема 6. Прямые методы оптимального проектирования Интервал неопределённости и принцип минимакса. Минимаксные пассивные и последовательные стратегии поиска оптимального результата: метод однородных пар, метод дихотомии, метод Кифера, метод «золотого сечения». Многомерная оптимизация: классификация методов, методы нулевого порядка и градиентные методы.				
ИТОГО по 7-му семестру	32	0	36	72
ИТОГО по дисциплине	32	0	36	72

### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Решение задач построения математических моделей работы изделий и техно-логических процессов на макроуровне
2	Знакомство с входным языком системы «MathCAD». Построение графиков функций. Решение нелинейных уравнений и систем уравнений
3	Моделирование процессов функционирования изделий и обработки материалов на основе дифференциальных уравнений, решение задач построения моделей идентификации в системе компьютерной математики «MathCAD»
4	Решение задач оптимизации с учётом сочетания прочностных и массовых характеристик конструкции изделий при наличии ограничений на их геометрические размеры и режимы функционирования

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

<p>Образовательные технологии, необходимые для формирования компонентов компетенций в данной дисциплине, включают традиционные пассивные методы обучения, активные методы обучения и интерактивные методы.</p> <p>Модель образовательного процесса базируется на деятельностном подходе к процессу обучения, основное внимание уделяется освоению студентами практических умений построения и использования математических моделей процессов машиностроения, которые включают проектирование конструкций изделий и разработку технологических процессов обработки деталей.</p> <p>Занятия проводятся по разработанному курсу лекций и практических занятий, которые студент обязан выполнить в ходе аудиторной и самостоятельной работы.</p> <p>Технология: студенты знакомятся с принципами построения математических моделей в различных областях машиностроения, изучают основы теории математического моделирования. Одновременно с изложением теоретического материала выполняется практическое освоение построения и анализа моделей.</p> <p>К пассивным методам обучения относятся лекции, во время которых производится передача основ теоретических знаний от преподавателя студентам, ходом занятий управляет ходом преподаватель, студенты выступают в роли пассивных слушателей, усваивают знания,</p>
--

которые должны составлять основу для понимания принципов математического моделирования и их прикладного использования.

К активным и интерактивным методам относятся практические занятия. На практических занятиях студенты под руководством преподавателя приобретают умения строить и применять математические модели для количественного и качественного анализа рабочих процессов функционирования машин и обработки материалов. Взаимодействие преподавателя и студентов организуется в форме диалога. Студенты при этом являются активными участниками занятия и при наличии необходимых спо-собностей могут осваивать материал самостоятельно. Данный вид занятий является тренингом, в котором основное внимание уделяется практической отработке изучаемого материала, когда в процессе моделирования заданных физических процессов обучающиеся имеют возможность развить и закрепить необходимые знания и навыки, сформировать свое отношение к собственному опыту и применяемым подходам.

К интерактивным формам обучения можно отнести самостоятельную работу. Данная форма ориентирована на доминирование активности студентов в процессе обучения. Место преподавателя сводится к направлению деятельности студентов на достижение поставленных целей и ограничивается рекомендациями по технике применения математических приёмов, определения гипотез модели, выбора алгоритмов и структуры расчётов.

Для наиболее талантливых студентов, потенциально способных заниматься научной деятельностью, может быть предложена разработка индивидуальных тем математического исследования функционирования механизмов и протекания технологических процессов с осуществлением анализа математических моделей, постановки и решения задач.

В целом, самостоятельная работа заключается в углублённой проработке литературных источников и освоении умений самостоятельно решать задачи моделирования.

Подготовка к аудиторным занятиям, основанная на активных формах индивидуальной деятельности (поиске и творческом усвоении материала дисциплины), является частью процесса формирования у студентов системного подхода к использованию математики как самостоятельного и эффективного инструмента практической деятельности инженера-машиностроителя.

Контроль уровня сформированности компетенций производится как в процессе обучения в ходе текущего и промежуточного контроля знаний, умений, владений, так и при итоговом контроле в виде дифференцированного зачёта. Текущий контроль производится в форме проверки выполнения заданий практических занятий, для сдачи которых устанавливается график, который обучающиеся обязаны выполнять.

При проверке по соблюдению корректности решения задач контролируется уровень сформированности компетенций. Рубежный контроль производится в форме контрольных работ согласно общего графика учебного процесса. Итоговый контроль включает проверку всех компонентов формируемых компетенций путём проверки знаний в форме устного собеседования и умений в форме выполнения практических заданий.

## **5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины**

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению заданий практических занятий и самостоятельной работе.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в учебной и научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

## 6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		
1	Введение в математическое моделирование : учебное пособие / В. Н. Ашихмин [и др.]. - М: Логос, 2007.	35
2	Крюков А. Ю. Математическое моделирование процессов в машиностроении : учебное пособие / А. Ю. Крюков, Б. Ф. Потапов. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2007.	49
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Зарубин В. С. Математическое моделирование в технике : учебник для вузов / В. С. Зарубин. - Москва: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001.	16
2	Самарский А.А. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры / А.А. Самарский, А.П. Михайлов. - М.: Физматлит, 2005.	14
<b>2.2. Периодические издания</b>		
	Не используется	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	Не используется	

### 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Крюков А. Ю. Моделирование функционирования изделий и технологических процессов в системах компьютерной математики : учебное пособие / А. Ю. Крюков. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2020	<a href="http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPNRPUElib7046">http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPNRPUElib7046</a>	сеть Интернет; авторизованный доступ

### **6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	MS Windows 8.1 (подп. Azure Dev Tools for Teaching )
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATHCAD 14 Academic, ПНИПУ 2009 г.

### **6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	<a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>

### **7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине**

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лекция	Персональный компьютер	1
Лекция	Электронный проектор	1
Практическое занятие	Персональный компьютер	20

### **8. Фонд оценочных средств дисциплины**

Описан в отдельном документе
------------------------------

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Пермский национальный исследовательский политехнический  
университет»**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине  
**«Математическое моделирование процессов в машиностроении»**  
*Приложение к рабочей программе дисциплины*

<b>Направление подготовки:</b>	15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»
<b>Направленность (профиль) образовательной программы:</b>	Технологии цифрового проектирования и производства в машиностроении
<b>Квалификация выпускника:</b>	Бакалавр
<b>Выпускающая кафедра:</b>	Инновационные технологии машиностроения
<b>Форма обучения:</b>	Очная

**Курс:** 4

**Семестры:** 7

**Трудоёмкость:**

Кредитов по рабочему учебному плану: 4 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану: 144 ч.

**Форма промежуточной аттестации:**

Дифференцированный зачёт: 7 семестр

Пермь 2020

**Фонд оценочных средств** для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

## 1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (7-го семестра учебного плана) и разбито на 3 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и практические занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, и которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по практическим занятиям и дифференцированного зачёта (7-й семестр). Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля				
	Текущий		Рубежный		Промежуточный
	ТО	ОПЗ	КР		Дифф. зачёт
<b>Усвоенные знания</b>					
<b>3.1.</b> знать математическое моделирование как метод проектирования объектов новой техники и технологических процессов, правила и методы применения математического моделирования при разработке конструкций изделий машиностроения и технологических процессов		ТО1		КР1	ТВ
<b>3.2.</b> знать основные подходы к разработке и методологию построения и использования математических моделей процессов и объектов машиностроительных производств		ТО2		КР1	ТВ
<b>3.3.</b> знать функциональное назначение систем компьютерной математики, технические аспекты их прикладного использования и общую методологию их практического освоения		ТО3		КР2	ТВ
<b>3.4.</b> знать функции и алгоритмы реализации стандартных инженерных задач с помощью систем компьютерной математики «MathCAD»		ТО4		КР2	ТВ
<b>3.5.</b> знать теорию решения стандартных инженерных задач с помощью современных вычислительных		ТО5		КР2	ТВ

технологий: численные методы решения алгебраических и трансцендентных уравнений, обыкновенных дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений, функциональное назначение и математические основы решения задач интерполяции и аппроксимации при обработке экспериментальных данных						
<b>3.6.</b> знать критерии оптимальности, методы и алгоритмы оптимального проектирования технических объектов и физических процессов (определения оптимальных параметров и режимов функционирования изделий и процессов обработки материалов		ТО6		КР3		ТВ
<b>Освоенные умения</b>						
<b>У.1.</b> уметь использовать на практике основные подходы и методологию математического моделирования: разрабатывать теоретические модели, позволяющие исследовать параметры и режимы функционирования проектируемых изделий, технологических процессов, средств и систем машиностроительных производств			ОП31	КР1		<i>ПЗ</i>
<b>У.2.</b> уметь адаптировать знания математики, физики, теоретической механики и других базовых дисциплин и дисциплин профиля подготовки к анализу конкретных рабочих процессов функционирования машин и обработки материалов, правильно определять цели расчёта параметров конструкций изделий, осуществлять постановку задач для математического анализа проектной ситуации			ОП31 ОП32 ОП33	КР2		<i>ПЗ</i>
<b>У.3.</b> уметь работать с системой «MathCAD» как основной программной средой, предназначенной для математического моделирования при решении типовых инженерных задач, решать их с помощью встроенных функций систем компьютерной математики			ОП32 ОП33	КР2		<i>ПЗ</i>
<b>У.4.</b> уметь использовать численные методы при решении задач определения параметров и режимов стационарных и нестационарных физических процессов функционирования машин и обработки материалов			ОП33	КР2		<i>ПЗ</i>
<b>У.5.</b> уметь применять математические методы в задачах оптимизации процессов функционирования и конструкции технических объектов			ОП34 ОП35	КР3		<i>ПЗ</i>
<b>Приобретённые владения</b>						
<b>В.1.</b> владеть навыками использования математического моделирования для определения технологических, конструкторских и эксплуатационных параметров функционирования изделий			ОП31			<i>ПЗ</i>
<b>В.2.</b> владеть опытом построения и анализа математических моделей в форме непрерывных функциональных зависимостей на основе численных данных, моделей в форме дифференциальных уравнений по стандартным методикам на базе систем автоматизированного проектирования в области проведения математических расчётов			ОП32 ОП33			<i>ПЗ</i>
<b>В.3.</b> владеть опытом разработки и исследования математических моделей изделий машиностроения, средств оснащения технологических процессов, машиностроительных производств, оборудования			ОП34 ОП35			<i>ПЗ</i>

*ТО – коллоквиум (теоретический опрос), ОПЗ – отчет по практическому занятию; КР – рубежная контрольная работа; ПЗ – задание практических занятий*

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде дифференцированного зачёта, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.



## **2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения**

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;
- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;
- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланчного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;
- контроль остаточных знаний.

### **2.1. Текущий контроль усвоения материала**

Текущий контроль усвоения материала в форме выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

### **2.2. Рубежный контроль**

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты отчетов по практическим занятиям и рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

#### **2.2.1. Защита отчетов по практическим занятиям**

Всего запланировано 5 практических занятий. Темы практических занятий и их общее описание приведены в РПД.

Представление отчетов по практическим занятиям проводится индивидуально каждым студентом или группами по 2 человека. Типовые шкалы и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

#### **2.2.2. Рубежная контрольная работа**

Согласно РПД запланировано 3 рубежных контрольных работы (КР) после

освоения студентами учебных модулей дисциплины. Первая КР по модулю 1 «Общие сведения по теории математического моделирования, применение и разработка детерминированных моделей процессов функционирования машин и обработки материалов», вторая КР – по модулю 2 «Прикладное использование систем компьютерной математики в математическом моделировании», третья КР – по модулю 3 «Математические методы оптимального проектирования технических объектов и технологических процессов».

### Типовые задания первой КР:

1. Моделирование на макроуровне: фазовые переменные, компонентные и топологические уравнения для систем различной физической природы. Пределы применимости топологических уравнений.

2. Численные методы решения научно-технических задач: решение обыкновенных дифференциальных уравнений (методы Эйлера и Рунге-Кутты). Алгоритмы решения.

3. Математические модели представлены в виде таблиц 1 и 2 (функции  $W$  – выходные параметры,  $x$  и  $g$  – внутренние параметры и параметры внешних воздействий). В таблицах 3, 4 и 5 представлены результирующие модели, основанные на сложении выходных параметров моделей в таблицах 1 и 2. Какие модели являются линейными?

Таблица 1	Таблица 2	Таблица 3	Таблица 4	Таблица 5
$W_1(x_1, g_1)$	$W_2(x_2, g_2)$	$W_3(x_1+x_2, g_1+g_2)$	$W_4(x_1+x_2, g_1+g_2)$	$W_5(x_1+x_2, g_1+g_2)$
$x_1$ $g_1$	$x_2$ $g_2$			
20 10 4	120 12 17	150	140	300
46 12 3	142 23 10	200	188	950
87 15 4	198 46 55	175	285	450
10 47 7	201 84 79	125	211	140
14 31 8	77 44 93	123	91	170

4. Что такое граничные условия III (третьего) рода? В чём заключается их физический смысл? Приведите примеры и математическую запись этих условий. 5. Перечислите комплексные показатели надёжности и дайте определение комплексного показателя.

5. В чём заключается основная причина нелинейности математических моделей? Приведите примеры расчёта нелинейных моделей.

### Типовые задания второй КР:

1. Описать функции решения обыкновенных дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений в системе MathCAD: **rkadapt** и **rkfixed** (исходные данные и аргументы функций, формы представления результатов решения)

2. Задачи аппроксимации: исходные данные, виды аппроксимирующих функций и способы вычисления их неизвестных параметров.

3. Метод Рунге-Кутты решения обыкновенных дифференциальных уравнений: описать алгоритм поиска решения и параметры, от которых зависит точность вычисления функции.

4. Метод Эйлера решения обыкновенных дифференциальных уравнений: описать алгоритм поиска решения и параметры, от которых зависит точность вычисления функции.

5. Функции **expfit**, **logfit**, **regress** (специальные формы аппроксимирующих

функций) и их аргументы в системе MathCAD. Функция **interp**, её аргументы.

### **Типовые задания третьей КР:**

1. Классифицируйте методы оптимального проектирования. Перечислите критерии оптимальности технических объектов и принципы их выбора.

2. Методы многомерной оптимизации: покоординатного спуска и градиентный: описать технологии поиска оптимального значения целевой функции.

3. Регулярные методы оптимизации: вариационное исчисление: задачи, приводящие к вариационному исчислению и уравнение Эйлера.

4. Критерии оптимальности технических объектов: группы критериев и способы построения критериев. Векторные критерии оптимальности.

5. Приведите общий порядок решения задач оптимизации. От чего зависит выбор управляемых параметров целевой функции?

Задания контрольных работ могут быть представлены в форме тестов.

Типовые шкала и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.3. Выполнение заданий практических занятий**

Для оценивания навыков и опыта деятельности (владения), как результата обучения по дисциплине используются задания практических занятий.

Типовые шкала и критерии оценки результатов защиты индивидуального комплексного задания приведены в общей части ФОС образовательной магистерской программы.

### **2.4. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)**

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача отчётов по всем практическим занятиям и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

#### **2.4.1. Процедура промежуточной аттестации без дополнительного аттестационного испытания**

Промежуточная аттестация проводится в форме дифференцированного зачёта. Оценка зачёта по дисциплине основывается на результатах выполнения предыдущих заданий студента (отчётов по практическим занятиям) и рубежных контрольных работ по данной дисциплине.

Критерии выведения итоговой оценки за компоненты компетенций при проведении промежуточной аттестации в виде зачёта приведены в общей части ФОС образовательной программы.

#### **2.4.2. Процедура промежуточной аттестации с проведением аттестационного испытания**

В отдельных случаях (например, в случае переаттестации дисциплины) промежуточная аттестация в виде дифференцированного зачёта по дисциплине может проводиться с проведением аттестационного испытания по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки усвоенных умений и контроля уровня

приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности *всех* заявленных компетенций.

#### 2.4.2.1. Типовые вопросы и задания для зачета по дисциплине

##### Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Что такое линейные математические модели? Каковы их основные свойства?

2. Методы дихотомии и Ньютона решения алгебраических уравнений. Алгоритмы методов и графическая иллюстрация.

3. Функциональное назначение и математические основы решения задач интерполяции и аппроксимации. Исходные данные для решения задач, условия построения сплайнов. Решение задач интерполяции в системе MathCAD.

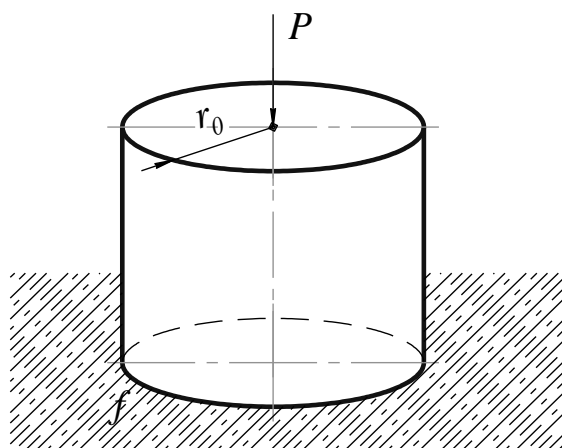
4. Привести преимущества математических моделей над другими формами моделирования, представить место математического моделирования в общем процессе проектирования объектов новой техники.

5. Функция **rkadapt** решения обыкновенных дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений в системе MathCAD: аргументы и технология использования.

6. Функция решения задач аппроксимации в системе MathCAD **genfit** (нелинейная регрессия общего вида), её аргументы и технология использования.

##### Типовые практические задания для контроля освоенных умений:

1. К цилиндру радиусом  $r_0$ , вертикально установленному на горизонтальной поверхности на одно из оснований, приложена постоянная сила  $P$ . Коэффициент трения цилиндра о поверхность равен  $f$ . Определить вращающий момент, который нужно приложить для того, чтобы цилиндр начал вращательное движение вокруг оси.



2. Построить математическую модель технологического процесса формообразования при электрохимической обработке (прошивке отверстия): определить производительность обработки (скорость роста глубины отверстия  $h$ ) и скорость подачи инструмента-электрода, если известно напряжение  $U$  между электродами (деталью и инструментом), сила тока  $I$ , длительность импульсов тока  $\tau$ , физические свойства материала заготовки (плотность, теплоёмкость и др.). Диаметр инструмента приблизительно равен диаметру обрабатываемого отверстия

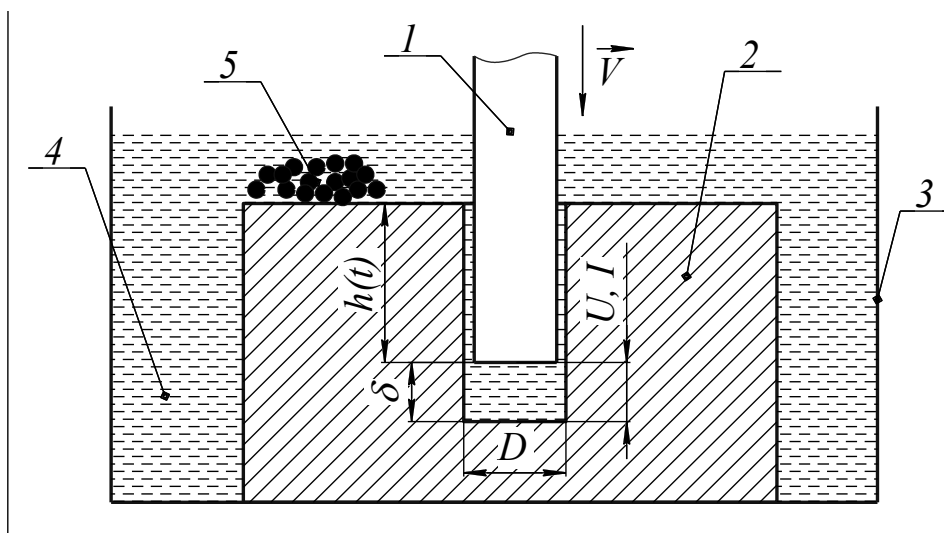


Схема электроэрозионного прошивания методом прямого копирования: 1 – электрод-инструмент; 2 – обрабатываемая заготовка; 3 – ванна; 4 – диэлектрическая жидкость; 5 – продукты обработки;  $\delta$  – зазор между инструментом и заготовкой

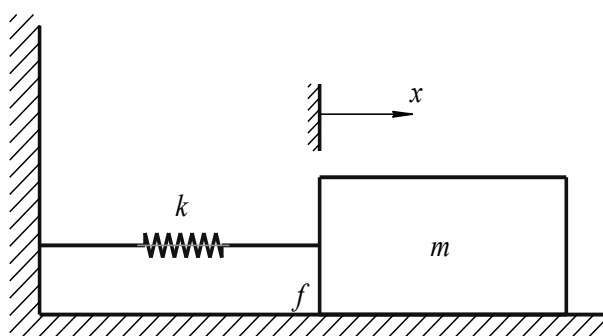
3. Какую работу необходимо совершить, чтобы вытащить пробку из трубы, если длина пробки  $l_0$ , сила трения между всей пробкой и трубой равна  $F$ . Стенки трубы сжимают пробку по всей длине равномерно.

**Типовые практические задания для контроля приобретенных владений:**

1. Тело, показанное на рисунке, движется по плоской поверхности с трением, обуславливающим демпфирование колебаний. Его масса  $m=5$  кг, жесткость пружины  $k=160$  Н/м, коэффициент трения  $f$ . Рассчитать движение тела в интервале времени  $0 < t < 2$  с при начальных условиях:

$$x(0)=8 \text{ см}, x'(0)=0$$

и построить зависимость времени затухания колебаний от коэффициента трения  $f$  ( $f=0,2 \dots 1,2$ ) (временем затухания считать время, за которое амплитуда уменьшится до 10% от первоначального значения).



2. Кусок металла с температурой  $0^\circ\text{C}$  помещен в печь, температура которой в течение часа равномерно повышается от  $0^\circ\text{C}$  до  $1000^\circ\text{C}$ . При разности температур печи и металла в  $T$  градусов металл нагревается со скоростью  $kT$  градусов в минуту (скорость изменения температуры пропорциональна разности температур тела и окружающей среды.). Найти зависимость температуры металла от времени, построить график этой зависимости. Коэффициент пропорциональности  $k=0,04$ .

3. Экспериментальная зависимость вязкости глицерина от температуры, показана в таблице.

$t, ^\circ\text{C}$	-40	-20	0	20	30
---------------------	-----	-----	---	----	----

η, сантипуаз	6,71·10 <sup>6</sup>	1,34·10 <sup>5</sup>	1,21·10 <sup>4</sup>	1,49·10 <sup>3</sup>	6,29·10 <sup>2</sup>
--------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------

Теоретически вязкость уменьшается с повышением температуры по экспоненте:

$$\eta(T) = Ae^{\frac{b}{T}},$$

где  $A$  и  $b$  - эмпирические постоянные,  $T$  – абсолютная температура.

Найдите значения параметров для глицерина. Постройте зависимость  $\eta(T)$ .

#### **2.4.2.2. Шкалы оценивания результатов обучения на дифференцированном зачете**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций**

#### **3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций**

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при дифференцированном зачете считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде зачета используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.