



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

**«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»**




**Рабочая программа дисциплины
«Математическое моделирование процессов в машиностроении»**

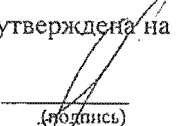
Направление подготовки	15.06.01 Машиностроение
Направленность (профиль) программы аспирантуры	Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств
Научная специальность	05.02.08 Технология машиностроения
Квалификация выпускника	Исследователь. Преподаватель-исследователь
Выпускающая(ие) кафедра(ы)	Иновационные технологии машиностроения (ИТМ) Механика композиционных материалов и конструкций (МКМК) Металлорежущие станки и инструменты (МСИ)
Форма обучения	заочная
Курс: 2	Семестр (ы): 3
Трудоёмкость:	
Кредитов по рабочему учебному плану:	3 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	108 ч
Виды контроля с указанием семестра:	
Зачёт:	3

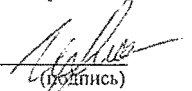
Пермь 2017 г.

Рабочая программа дисциплины «Технология машиностроения» разработана на основании следующих нормативных документов:

- Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования, утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 881 от «30» июля 2014г. по направлению подготовки 15.06.01 –Машиностроение;
- Общая характеристика образовательной программы;
- Паспорт научной специальности 05.02.08 – Технология машиностроения, разработанный экспертным советом Высшей аттестационной комиссии Министерства в связи с утверждением приказа Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. №59 «Об утверждении Номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени» (редакция от 14 декабря 2015 года);
- Программа кандидатского минимума и паспорт научной специальности 05.02.08 – Технология машиностроения.

Рабочая программа дисциплины заслушана и утверждена на заседании кафедры ИТМ
Протокол от «24» августа 2017 г. № 11. 
Зав. кафедрой д.т.н., профессор Карманов В.В.
(учёная степень, звание) (подпись) (Фамилия И.О.)

Рабочая программа дисциплины заслушана и утверждена на заседании кафедры МКМК
Протокол от «17» июля 2017 г. № 15. 
Зав. кафедрой д.т.н., профессор Аношкин А.Н.
(учёная степень, звание) (подпись) (Фамилия И.О.)

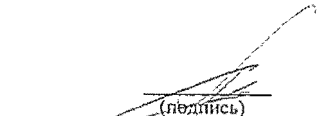
Рабочая программа дисциплины заслушана и утверждена на заседании кафедры (МСИ) СПМЧТМ
Протокол от «30» 05 2017 г. № 18. 
Зав. кафедрой д.т.н., профессор Иванов В.А.
(учёная степень, звание) (подпись) (Фамилия И.О.)

Разработчик к.т.н., доцент Никитин С.П.
программы (учёная степень, звание) (подпись) (Фамилия И.О.)

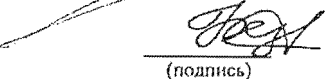
Руководитель д.т.н., профессор Макаров В.Ф.
программы (учёная степень, звание) (подпись) (Фамилия И.О.)

Согласовано:

Председатель комиссии
по подготовке научных кадров
Совета по науке и инновациям


(подпись) В.П. Первадчук

Начальник УПКВК


(подпись) Л.А. Свисткова

1. Общие положения

1.1 Цель учебной дисциплины – формирование комплекса знаний, умений и навыков по моделированию процессов для обеспечения качества при создании и производстве новых продуктов

В процессе изучения данной дисциплины аспирант формирует следующие **компетенции**:

- способность к совершенствованию существующих и созданию новых машин и механизмов высокой производительности, долговечности и надежности, технологичности, низкой материалоемкости и себестоимости, обладающих конкурентоспособностью на мировом рынке (ПК-1);
- способность разрабатывать физические и математические модели исследуемых машин, приводов, систем, процессов, явлений и объектов, разрабатывать методики и организовывать проведение экспериментов с анализом их результатов (ПК-2);
- владение методологией изучения объектов машиностроения и процессов, влияющих на техническое состояние этих объектов; разработки теории, методов расчетов и проектирования машин, систем приводов, узлов и деталей машин независимо от их отраслевой принадлежности и назначения (ПК-3).

1.2 Задачи учебной дисциплины:

• **формирование знаний**

- основных методов моделирования машин и механизмов, а также анализа моделей на ЭВМ с целью повышения качества

• **формирование умений**

- качественно и количественно описывать характерные параметры, определяющие качество изделий машиностроительных производств

• **формирование владения**

- навыками работы с техническими объектами при составлении моделей этих объектов и их анализа.

1.3 Предметом освоения дисциплины являются следующие объекты:

- проектируемые объекты новых или модернизируемых машиностроительных производств различного назначения, их изделия;
- основные разделы математического моделирования, используемые при расчете и конструировании технологического оборудования;
- проблемы динамического качества, виброустойчивости и надежности технологического оборудования

1.4 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина Б1.ДВ.01.3 «Математическое моделирование процессов в машиностроении» является дисциплиной по выбору в вариативной части цикла базового учебного плана.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате изучения дисциплины аспирант должен освоить части указанных в пункте 1.1 компетенций и продемонстрировать следующие результаты:

Знать:

- основные виды моделирования машин и механизмов, их возможности, преимущества и недостатки;

- основные методы разработки математической модели объекта (метод прямой аналогии, метод конечных элементов);
- методы анализа статики и динамики объекта по математическим моделям.

Уметь:

- выбирать методы разработки математической модели машины (механизма) и ее анализа, позволяющие решить задачу повышения производительности, долговечности и надежности, технологичности и низкой материалоемкости;
- получать математическую модель технологического оборудования и процессов методом конечных элементов и методом прямой аналогии;
- проводить анализ динамического качества технологического оборудования и процессов по математической модели на ЭВМ.

Владеть:

- приемами формализации свойств изучаемого объекта для получения новой информации о нем в результате вычислительного эксперимента с помощью ЭВМ;
- навыками анализа статики и динамики технологического оборудования и процессов по математической модели на ЭВМ.

2.1 Дисциплинарная карта компетенции ПК-1

Код ПК-1	Формулировка компетенции
	способность к совершенствованию существующих и созданию новых машин и механизмов высокой производительности, долговечности и надежности, технологичности, низкой материалоемкости и себестоимости, обладающих конкурентоспособностью на мировом рынке

Код ПК-1 Б1.В.ДВ.1.4	Формулировка дисциплинарной части компетенции
	способность к совершенствованию существующих и созданию новых машин и механизмов высокой производительности, долговечности и надежности, технологичности, низкой материалоемкости и себестоимости, обладающих конкурентоспособностью на мировом рынке

Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
Знать: основные виды моделирования машин и механизмов, их возможности, преимущества и недостатки	<i>Самостоятельная работа аспирантов.</i>	<i>Собеседование.</i>
Уметь: выбирать методы разработки математической модели машины (механизма) и ее анализа, позволяющие решить задачу повышения производительности, долговечности и надежности, технологичности и низкой материалоемкости	<i>Практические занятия. Самостоятельная работа аспирантов.</i>	<i>Собеседование. Творческое задание.</i>

2.2 Дисциплинарная карта компетенции ПК-2

Код ПК-2	Формулировка компетенции способность разрабатывать физические и математические модели исследуемых машин, приводов, систем, процессов, явлений и объектов, разрабатывать методики и организовывать проведение экспериментов с анализом их результатов
--------------------	--

Код ПК-2 Б1.В.ДВ.1.4	Формулировка дисциплинарной части компетенции способность разрабатывать математические модели исследуемых машин, приводов, систем, процессов, явлений и объектов, разрабатывать методики и организовывать проведение экспериментов с анализом их результатов
-----------------------------------	--

Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
Знать: основные методы разработки математической модели объекта (метод прямой аналогии, метод конечных элементов);	<i>Самостоятельная работа аспирантов.</i>	<i>Собеседование.</i>
Уметь: получать математическую модель технологического оборудования и процессов методом конечных элементов и методом прямой аналогии	<i>Практические занятия. Самостоятельная работа аспирантов.</i>	<i>Собеседование. Творческое задание.</i>
Владеть: приемами формализации свойств изучаемого объекта для получения новой информации о нем в результате вычислительного эксперимента с помощью ЭВМ	<i>Самостоятельная работа аспирантов.</i>	<i>Собеседование. Творческое задание.</i>

2.2 Дисциплинарная карта компетенции ПК-3

Код ПК-3	Формулировка компетенции владение методологией изучения объектов машиностроения и процессов, влияющих на техническое состояние этих объектов; разработки теории, методов расчетов и проектирования машин, систем приводов, узлов и деталей машин независимо от их отраслевой принадлежности и назначения
--------------------	--

Код ПК-3 Б1.В.ДВ.1.4	Формулировка дисциплинарной части компетенции владение методологией изучения объектов машиностроения и процессов, влияющих на техническое состояние этих объектов; разработки теории, методов расчетов и проектирования машин, систем приводов, узлов и деталей машин независимо от их отраслевой принадлежности и назначения
-----------------------------------	---

Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
Знать: методы анализа статики и динамики объекта по математическим моделям	<i>Самостоятельная работа аспирантов.</i>	<i>Собеседование.</i>
Уметь: проводить анализ динамического качества технологического оборудования и процессов по математической модели на ЭВМ	<i>Практические занятия. Самостоятельная работа аспирантов.</i>	<i>Собеседование. Творческое задание.</i>
Владеть: навыками анализа статики и динамики технологического оборудования и процессов по математической модели на ЭВМ.	<i>Самостоятельная работа аспирантов.</i>	<i>Собеседование. Творческое задание.</i>

3. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 ЗЕ (1 ЗЕ = 36 час.).

Таблица 1

Объем и виды учебной работы

№ п.п.	Вид учебной работы	Трудоёмкость, ч
		3 семестр
1	Аудиторная работа	6
	В том числе:	
	Лекции (Л)	-
	Практические занятия (ПЗ)	4
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	2
	Самостоятельная работа (СР)	98
	Итоговая аттестация по дисциплине: Кандидатский экзамен	-
	Форма промежуточного контроля:	Зачет

4. Содержание учебной дисциплины

4.1 Модульный тематический план

Таблица 2

Тематический план по модулям учебной дисциплины (3 семестр)

Номер раздела дисциплины	Номер темы дисциплины	Количество часов и виды занятий					Итоговый контроль	Самостоятельная работа	Трудоёмкость, ч / ЗЕ
		аудиторная работа			КСР				
		всего	Л	ПЗ					
1	1	1	0	1			5	6	
	2	1	0	1			5	6	
Всего по разделу:		2	0	2	1	0	9	12/0.31	
2	3	1	0	1			10	11	
	4	1	0	1			9	10	
	5		0				10	10	
Всего по разделу:		2	0	2	1	0	28	31/0.86	
3	6	1	0	1			7	8	
	7		0				8	8	
	8		0				8	8	
	9		0				7	7	
Всего по разделу:		1	0	1	1	0	29	31/0.86	
4	10		0				7	7	
	11		0				7	7	
	12		0				7	7	
	13		0				6	6	
	14		0				6	6	
Всего по разделу:		1	0	1	1	0	32	34/0.97	
Промежуточная аттестация									
Итого:		6	0	6	4	0	98	108/3	

4.2. Содержание разделов и тем учебной дисциплины

4.2.1. Содержание разделов и тем учебной дисциплины (3 семестр)

Раздел 1. Задачи математического моделирования в машиностроении

(Л – 0, ПЗ – 2, СР – 9)

Тема 1. Виды математических моделей и моделирования.

Тема 2. Общее представление о динамическом качестве.

Раздел 2. Разработка математических моделей

(Л – 0, ПЗ – 2, СР – 28)

Тема 3. Уровни моделирования.

Тема 4. Разработка математической модели макроуровня на основе уравнения Лагранжа и принципа Д'Аламбера.

Тема 5. Разработка математической модели макроуровня методом прямой аналогии.

Раздел 3. Анализ математических моделей

(Л – 0, ПЗ – 1, СР – 29)

Тема 6. Статические и динамические характеристики качества технологического оборудования

- Тема 7. Анализ статики системы технологического оборудования.
 Тема 8. Анализ динамики системы технологического оборудования.
 Тема 9. Анализ динамики автоколебаний системы.

Раздел 4. Особенности исследования областей технологии машиностроения (СР – 32)

- Тема 10. Моделирование механических процессов.
 Тема 11. Моделирование тепловых процессов.
 Тема 12. Моделирование гидравлических процессов.
 Тема 13. Моделирование процессов резания.
 Тема 14. Моделирование качества поверхностного слоя после механической обработки.

4.3. Перечень тем лабораторных работ

При изучении данной дисциплины лабораторные работы не предусмотрены.

4.4. Перечень тем практических занятий

Таблица 3

Темы практических занятий (из пункта 4.2.2)

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	3, 4, 5,10.	Разработка математической модели системы конвейера	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
2	3, 4, 5,12	Разработка математической модели гидросуппорта ГСП-41 и его статический анализ.	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
3	6, 8, 9,13.	Теоретическое исследование динамики привода главного движения на основе метода прямой аналогии.	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
4	5, 6, 7,12	Анализ качества очистки каналов корпусной детали	Собеседование.	Вопросы по темам / разделам дисциплины.

4.5. Перечень тем семинарских занятий

При изучении данной дисциплины семинарские занятия не предусмотрены.

4.6. Содержание самостоятельной работы аспирантов

Самостоятельная работа аспирантов заключается в теоретическом изучении конкретных вопросов и выполнении творческих заданий.

Таблица 4

Темы самостоятельных заданий

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы самостоятельной работы	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	2	3	4	5
1	1	Классификация математических моделей. Требования к математическим моделям. Особенности моделирования процессов и оборудования. Основные этапы разработки математических моделей.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
2	2	Основные показатели качества технологического оборудования. Основные элементы динамической системы технологического оборудования, их взаимодействие. Модели рабочих процессов.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
3	3	Этапы создания нового продукта. Микроуровень, макроуровень, метауровень моделирования процессов в технологическом оборудовании.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
4	4	Разработка расчетных схем, составление системы уравнений на основе уравнения Лагранжа, прямой и обратный метод составления уравнений на основе принципа Д'Аламбера.	Творческое задание	Темы творческих заданий
5	5	Построение механической цепи, элементы механической цепи. Построение эквивалентной схемы, элементы эквивалентной схемы Компонентные уравнения элементов эквивалентной схемы и их аналоги в разнородных подсистемах. Составление топологических уравнений по эквивалентной схеме с помощью законов Ома, методом узловых потенциалов и методом контурных токов. Построение графа системы, элементы графа, построение топологических уравнений на основе информации матрицы контуров и сечений (M) и матрицы инцидентий (A).	Творческое задание	Темы творческих заданий
6	6	Собственные частоты системы,	Творческое	Темы

1	2	3	4	5
		формы колебаний системы, явление резонанса, динамическая податливость системы, частотные характеристики, график переходного процесса в системе, критерии устойчивости.	задание	творческих заданий
7	7	Получение уравнений статики, точные методы решения систем линейных алгебраических уравнений (метод Гаусса и его разновидности, метод Крамера), приближенные методы решения нелинейных алгебраических уравнений (метод итераций, метод Ньютона).	Творческое задание	Темы творческих заданий
8	8	Решение однородной и неоднородной систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Точные, приближенные методы решений, обыкновенных дифференциальных уравнений. Компьютерные средства реализации методов решения. Операторный способ. Модальный анализ. Численные методы решения системы дифференциальных уравнений (методы Эйлера, метод Рунге-Кутты, явные и неявные методы численного решения системы дифференциальных уравнений). Частотный анализ динамики (частотные методы исследования устойчивости Гаусса, Михайлова, Гурвица, Найквиста).	Творческое задание	Темы творческих заданий
9	9	Преобразование Лапласа, перевод системы обыкновенных дифференциальных уравнений в область изображений, решение задачи в изображениях, перевод решения в область оригиналов методом разложения, собственные частоты системы, получение уравнения переходного процесса, преобразование Фурье, исследование вынужденных колебаний.	Творческое задание	Темы творческих заданий
10	10	Моделирование механических процессов.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
11	11	Моделирование тепловых процессов.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам

1	2	3	4	5
				дисциплины
12	12	Моделирование гидравлических процессов.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
13	13	Моделирование процессов резания.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
14	14	Моделирование качества поверхностного слоя после механической обработки.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины

5. Методические указания для аспирантов по изучению дисциплины

При изучении дисциплины «Математическое моделирование процессов в машиностроении» аспирантам 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. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции;
4. К выполнению практических заданий приступать после самостоятельной работы по изучению теоретических вопросов.

6. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Для успешного освоения дисциплины применяются различные образовательные технологии, которые обеспечивают достижение планируемых результатов обучения согласно основной профессиональной образовательной программы.

Проведение практических занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором аспиранты взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность аспирантов в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности аспирантов на достижение целей занятия.

7. Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации и текущего контроля по дисциплине «Математическое моделирование процессов в машиностроении» представлен в виде приложения к рабочей программе дисциплины.

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

8.1. Карта обеспеченности дисциплины учебно-методической литературой

Б1.ДВ.01.3 «Математическое моделирование процессов в машиностроении» <i>(индекс и полное название дисциплины)</i>	БЛОК 1 <i>(цикл дисциплины/блок)</i>								
	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 33%; border: 1px solid black; text-align: center; padding: 5px;"> <input type="checkbox"/> </td> <td style="width: 34%; padding: 5px;">базовая часть цикла</td> <td style="width: 33%; border: 1px solid black; text-align: center; padding: 5px;"> <input type="checkbox"/> </td> <td style="width: 34%; padding: 5px;">обязательная</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; text-align: center; padding: 5px;"> <input checked="" type="checkbox"/> </td> <td style="padding: 5px;">вариативная часть цикла</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center; padding: 5px;"> <input checked="" type="checkbox"/> </td> <td style="padding: 5px;">по выбору аспиранта</td> </tr> </table>	<input type="checkbox"/>	базовая часть цикла	<input type="checkbox"/>	обязательная	<input checked="" type="checkbox"/>	вариативная часть цикла	<input checked="" type="checkbox"/>	по выбору аспиранта
<input type="checkbox"/>	базовая часть цикла	<input type="checkbox"/>	обязательная						
<input checked="" type="checkbox"/>	вариативная часть цикла	<input checked="" type="checkbox"/>	по выбору аспиранта						

15.06.01/ 05.02.08	Машиностроение / Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств
<i>код направления / шифр научной специальности</i>	<i>(полные наименования направления подготовки / направленности программы)</i>

2017
(год утверждения учебного плана)

Семестр(-ы): 3

Количество аспирантов: 4

Факультет МТ

Кафедра МСИ

тел. 8(902)63077707 oleg-x@pstu.ru
(контактная информация)

8.2. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

№	Библиографическое описание <i>(автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)</i>	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
1 Основная литература		
1	Зарубин В.С. Моделирование : учебное пособие для вузов / В. С. Зарубин .— Москва : Академия, 2013 .— 336 с.	3

1	2	3
2	Прикладная теория колебаний : учебное пособие / В. И. Кычкин ; Пермский национальный исследовательский политехнический университет Пермь : Изд-во ПНИПУ. 2014 .— 202 с.	15+ЭБ
3	Голубева Н. В. Математическое моделирование систем и процессов : учебное пособие для вузов / Н. В. Голубева. - Санкт-Петербург[и др.]: Лань, 2013.— 191 с.	2
4	Чикуров Н. Г. Моделирование систем и процессов : учебное пособие для вузов / Н. Г. Чикуров. - Москва: РИОР, ИНФРА-М, 2013.— 398 с.	1
5	Моделирование и прогнозирование развития технических систем машиностроения / В.П. Бахарев, А.П. Дубинин, А.Г. Схиртладзе. - Старый Оскол: ТНТ, 2015. - (Проектирование и конструирование в машиностроении : учебное пособие для вузов : в 2 ч.; Ч. 2). .— 203 с.	5
2 Дополнительная литература		
2.1 Учебные и научные издания		
1	Введение в математическое моделирование : учебное пособие для вузов / В.Н. Ашихмин [и др.]; Под ред. П.В. Трусова. - М : Логос, 2005 .- 439 с.	52
2	Зарубин В. С. Математическое моделирование в технике : учебник для вузов / В. С. Зарубин. - Москва: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010.	2
3	Математическое моделирование процессов в машиностроении : учебное пособие / А. Ю. Крюков, Б. Ф. Потапов ; Пермский государственный технический университет .— Пермь : Изд-во ПГТУ, 2007 . 321 с.	51+ЭБ
4	Никитин С.П. Моделирование технологического оборудования. Учебное. пособие, Перм. гос. техн. ун-т. - Пермь. 2001. - 139с.	88+ЭБ
5	Разработка математической модели гидромеханической системы методом прямой аналогии / Сост. С.П. Никитин, А.И. Лурье; Методические указания к расчетной работе. - Пермский государственный технический университет. Пермь, 2005. 33 с.	28 на кафедре
6	Анализ математической модели гидромеханической системы операторным способом: Метод, указания к расчетной работе / Никитин С.П., Лурье А.И. Методические указания к расчетной работе. - Перм. гос. техн. ун-т. Пермь, 2005. - 23 с.	32 на кафедре
7	Теоретическое исследование динамики привода главного движения на основе метода конечных элементов и модального анализа / Никитин С.П. Методические указания к расчетной работе. - Перм. гос. техн. ун-т. Пермь, 2005. 34 с.	42 на кафедре
8	Математическое моделирование гидромеханической системы, /сост. С.П. Никитин. Методические указания к расчетной работе. - Перм. гос. техн. ун-т. Пермь, 2005. 20 с.	41 на кафедре
9	Теоретическое исследование динамики привода главного движения на основе метода прямой аналогии / Никитин С.П.; Методические указания к лабораторной работе. - Перм. гос. техн. ун-т. Пермь, 2008. - 27 с.	38 на кафедре

1	2	3
10	Математическое моделирование гидросуппорта ГСП-41: / Сост. С.П. Никитин; Метод, указания к лабораторной работе. - ПермГТУ, Пермь, 2005, 13 с.	15 на кафедре
11	Руководство по использованию программы «ПАН»: Методические указания по использованию программы анализа динамики систем на основе метода прямой аналогии / Никитин С.П.; Методические указания к лабораторной работе. - Перм. гос. техн. ун-т. Пермь, 2008. - 29 с.	22 на кафедре
2.2 Периодические издания (журналы)		
1	Математическое моделирование : журнал / Российская академия наук; Институт математического моделирования. - Москва: Наука, 1989 - .	
2	Вестник машиностроения : научно-технический и производственный журнал / Машиностроение; Вестник машиностроения. - Москва: Машиностроение, 1921 - .	
3	Вестник ПНИПУ. Машиностроение, материаловедение : журнал / Пермский национальный исследовательский политехнический университет; Под ред. Ю. Д. Щицына. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2012 - .	
4	СТИН : научно-технический журнал / СТИН .— Москва : СТИН, 1930 - . — В вузах: ПНИПУ 1996-2015 .— С 2007 г. см. на обл. : СТИН. Станки. Инструмент .— Издается с 1930 г. — Изд. с 1930 по 1988 гг. см. под загл.: Станки и инструмент .— Изд. с 1989 по 1993, № 6 (июнь) см. под загл. : СИ. Станки и инструмент. — Ежемесячное.	
2.3 Нормативно-технические издания		
1	ГОСТ Р 57188-2016 Численное моделирование физических процессов. Термины и определения	Техэксперт
2.4 Официальные издания		
	Не используются	

8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

8.3.1. Лицензионные ресурсы¹

1. Электронная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных электрон. док., издан. в Изд-ве ПНИПУ] / Перм. нац. исслед. политехн. ун-т, Науч. б-ка. – Пермь, 2016. – Режим доступа: <http://elib.pstu.ru>, свободный. – Загл. с экрана.

8.3.1.1. Информационные справочные системы

1. Информационная система Техэксперт: Интранет [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных правовой информ. : законодат. и норматив. док., коммент., журн. и др.] / Кодекс. – Версия 6.3.2.22, сетевая, 50 рабочих мест. – Санкт-Петербург, 2009-2013. – Режим доступа: Компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

8.4. Перечень лицензионного программного обеспечения

не используется

9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

9.1. Специализированные лаборатории и классы

Таблица 7

№ п.п.	Помещения			Площадь, м ²	Количество посадочных мест
	Название	Принадлежность (кафедра)	Номер аудитории		
1	2	3	4	5	6
1	Компьютерный класс	МСИ МТФ	108 к.А гл.к.	88,2	13

9.2. Основное учебное оборудование

Таблица 8

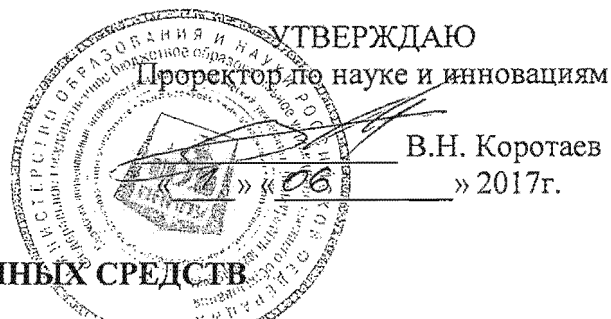
№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката, лабораторное оборудование)	Кол-во ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	2	3	4	5
1	Компьютер IBM PC	13	собственность	108 к.А гл.к.

¹ собственные или предоставляемые ПНИПУ по договору

Лист регистрации изменений

№ п.п.	Содержание изменения	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой
1	2	3
1		
2		
3		
4		

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



ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

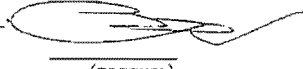
**для проведения промежуточной аттестации аспирантов по дисциплине
«Математическое моделирование процессов в машиностроении»**

Направление подготовки	15.06.01 Машиностроение
Направленность (профиль) программы аспирантуры	Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств
Научная специальность	05.02.08 Технология машиностроения
Квалификация выпускника	Исследователь. Преподаватель-исследователь
Выпускающая(ие) кафедра(ы)	Иновационные технологии машиностроения (ИТМ) Механика композиционных материалов и конструкций (МКМК) Металлорежущие станки и инструменты (МСИ)
Форма обучения	заочная
Курс: 2,3	Семестр (ы): 3
Трудоёмкость:	
Кредитов по рабочему учебному плану:	3 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	108 ч
Виды контроля с указанием семестра:	
Зачёт:	3

Пермь 2017 г.

Фонд оценочных средств (ФОС) для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Математическое моделирование процессов в машиностроении» разработан на основании следующих нормативных документов:

- Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования, утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 881 от «30» июля 2014г. по направлению подготовки 15.06.01 –Машиностроение;
- Общая характеристика образовательной программы;
- Паспорт научной специальности 05.02.08 – Технология машиностроения, разработанный экспертным советом Высшей аттестационной комиссии Министерства в связи с утверждением приказа Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. №59 «Об утверждении Номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени» (редакция от 14 декабря 2015 года);
- Программа кандидатского минимума и паспорт научной специальности 05.02.08 – Технология машиностроения.

ФОС заслушан и утвержден на заседании кафедры ИТМ
Протокол от «24» мая 2017г. № 11 
Зав. кафедрой д.т.н., профессор
(учёная степень, звание) (подпись)

Карманов В.В.
(Фамилия И.О.)


ФОС заслушан и утвержден на заседании кафедры МКМК
Протокол от «17» мая 2017г. № 15 .
Зав. кафедрой д.т.н., профессор
(учёная степень, звание) (подпись)

Аношкин А.Н.
(Фамилия И.О.)

ФОС заслушан и утвержден на заседании кафедры (МСИ) СПМ и ТМ
Протокол от «30» 05 2017г. № 18 .
Зав. кафедрой д.т.н., профессор
(учёная степень, звание) (подпись)

Иванов В.А. Щицын Ю.Г.
(Фамилия И.О.)

Руководитель д.т.н., профессор
программы (учёная степень, звание)


(подпись)

Макаров В.Ф.
(Фамилия И.О.)

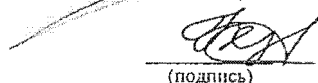
Согласовано:

Председатель комиссии
по подготовке научных кадров
Совета по науке и инновациям


(подпись)

В.П. Первадчук

Начальник УПКВК


(подпись)

Л.А. Свисткова

Перечень формируемых частей компетенций, этапы их формирования и контролируемые результаты обучения

1.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Согласно основной профессиональной образовательной программе аспирантуры учебная дисциплина Б1.В.ДВ.1.4 «Математическое моделирование процессов в машиностроении» участвует в формировании следующих дисциплинарных частей компетенций:

ПК-1 – способность к совершенствованию существующих и созданию новых машин и механизмов высокой производительности, долговечности и надежности, технологичности, низкой материалоемкости и себестоимости, обладающих конкурентоспособностью на мировом рынке;

ПК-2 – способность разрабатывать физические и математические модели исследуемых машин, приводов, систем, процессов, явлений и объектов, разрабатывать методики и организовывать проведение экспериментов с анализом их результатов;

ПК-3 – владение методологией изучения объектов машиностроения и процессов, влияющих на техническое состояние этих объектов; разработки теории, методов расчетов и проектирования машин, систем приводов, узлов и деталей машин независимо от их отраслевой принадлежности и назначения.

1.2 Этапы формирования компетенций

Освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра. В семестре - практические занятия, а также самостоятельная работа аспирантов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты дисциплинарных компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в дисциплинарных картах компетенций в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения и являются показателями достижения заданного уровня освоения компетенций (табл. 1).

Таблица 1

Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине
(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Вид контроля	
	4 семестр	
	Текущий	Зачёт
Усвоенные знания		
3.1 основные виды моделирования машин и механизмов, их возможности, преимущества и недостатки	С	ТВ
3.2 <input type="checkbox"/> основные методы разработки математической модели объекта (метод прямой аналогии, метод конечных элементов);	С	ТВ
3.3 <input type="checkbox"/> методы анализа статики и динамики объекта по математическим моделям	С	ТВ
Освоенные умения		
У.1 <input type="checkbox"/> выбирать методы разработки математической модели машины (механизма) и ее анализа, позволяющие решить задачу повышения производительности, долговечности и надежности, технологичности и низкой материалоемкости	ОТЗ	ПЗ
У.2 получать математическую модель технологического оборудования и процессов методом конечных элементов и методом прямой аналогии	ОТЗ	ПЗ
У.2 проводить анализ динамического качества технологического оборудования и процессов по математической модели на ЭВМ	ОТЗ	ПЗ
Приобретенные владения		
В.1 <input type="checkbox"/> приемами формализации свойств изучаемого объекта для получения новой информации о нем в результате вычислительного эксперимента с помощью ЭВМ	ОТЗ	ПЗ
В.2 <input type="checkbox"/> навыками анализа статики и динамики технологического оборудования и процессов по математической модели на ЭВМ	ОТЗ	ПЗ

С – собеседование по теме; ТВ – теоретический вопрос; ОТЗ – отчет по творческому заданию; ПЗ – практическое задание с учетом темы научно-исследовательской деятельности.

Собеседование – средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с аспирантом на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.

Творческое задание – частично регламентированное задание, имеющее нестандартное решение и позволяющее диагностировать умения, интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения.

Итоговой оценкой освоения дисциплинарных частей компетенций (результатов обучения по дисциплине) является промежуточная аттестация в виде зачета (3 семестр) проводимый с учетом результатов текущего контроля.

2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания.

В процессе формирования заявленных компетенций используются различные формы оценочных средств текущего и промежуточного контроля.

Компоненты дисциплинарных компетенций, указанные в дисциплинарных картах компетенций в рабочей программе дисциплины, выступают в качестве контролируемых результатов обучения в рамках освоения учебного материала дисциплины: знать, уметь, владеть.

2.1 Текущий контроль

Текущий контроль для комплексного оценивания показателей знаний, умений и владений дисциплинарных частей компетенций (табл. 1) проводится в форме собеседования и защиты отчета о творческом задании.

• Собеседование

Для оценки **знаний** аспирантов проводится собеседование в виде специальной беседы преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной для выяснения объема знаний по определенному разделу, теме, проблеме.

Собеседование может выполняться в индивидуальном порядке или группой аспирантов.

Критерии и показатели оценивания собеседования отображены в шкале, приведенной в табл. 2.

Таблица 2

Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоения учебного материала
Зачтено	Аспирант достаточно свободно использует фактический материал по заданному вопросу, умеет определять причинно-следственные связи событий, логично и грамотно, с использованием профессиональной терминологии обосновывает свою точку зрения.
Незачтено	Аспирант демонстрирует полное незнание материала или наличие бессистемных, отрывочных знаний, связанных с поставленным перед ним вопросом, при этом не ориентируется в профессиональной терминологии.

• Защита отчета о творческом задании

Для оценки **умений и владений** аспирантов используется творческое задание, имеющее нестандартное решение и позволяющее интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения.

Творческие задания могут выполняться в индивидуальном порядке или группой аспирантов.

Критерии оценивания защиты отчета творческого задания отображены в шкале, приведенной в табл. 3.

Таблица 3

Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоения учебного материала
<i>Зачтено</i>	Аспирант выполнил творческое задание успешно, показав в целом систематическое или сопровождающееся отдельными ошибками применение полученных знаний и умений , аспирант ориентируется в предложенном решении, может его модифицировать при изменении условия задачи. Аспирант может объяснить полностью или частично полученные результаты.
<i>Незачтено</i>	Аспирант допустил много ошибок или не выполнил творческое задание.

2.2 Промежуточная аттестация

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего контроля. Промежуточная аттестация проводится в виде зачета (3 семестр) в устно-письменной форме по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки знаний и практическое задание (ПЗ) для проверки умений и владений заявленных дисциплинарных частей компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности всех заявленных дисциплинарных компетенций. Пример билета представлен в приложении 1.

- **Шкалы оценивания результатов обучения при зачете:**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных дисциплинарных компетенций проводится по шкале оценивания «зачтено», «незачтено» путем выборочного контроля во время зачета.

Типовые шкалы и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в табл. 4.

Таблица 4

Шкала оценивания уровня знаний, умений и владений на зачете

Оценка	Критерии оценивания
<i>Зачтено</i>	Аспирант продемонстрировал сформированные или содержащие отдельные пробелы знания при ответе на теоретический вопрос билета. Показал сформированные или содержащие отдельные пробелы знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно. Аспирант выполнил контрольное задание билета правильно или с небольшими неточностями. Показал успешное или сопровождающееся отдельными ошибками применение навыков полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно.
<i>Незачтено</i>	При ответе на теоретический вопрос билета аспирант продемонстрировал фрагментарные знания при ответе на теоретический вопрос билета. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов. При выполнении контрольного задания билета аспирант продемонстрировал частично усвоенное умение и применение полученных навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неточностей.

При оценке уровня сформированности дисциплинарных частей компетенций в рамках выборочного контроля при сдаче зачета считается, что полученная оценка проверяемой в билете дисциплинарной части компетенции обобщается на все дисциплинарные части компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.

Общая оценка уровня сформированности всех дисциплинарных частей компетенций проводится с учетом результатов текущего контроля в виде интегральной оценки по системе оценивания «зачтено» и «незачтено».

Таблица 6

Оценочный лист уровня сформированности дисциплинарных частей компетенций на зачете

Итоговая оценка уровня сформированности дисциплинарных частей компетенций	Критерии оценивания компетенции
<i>Зачтено</i>	Аспирант получил по дисциплине оценку «зачтено»
<i>Незачтено</i>	Аспирант получил по дисциплине оценку «незачтено»

3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине

Задания для текущего контроля и проведения промежуточной аттестации должны быть направлены на оценивание:

1. уровня освоения теоретических понятий, научных основ профессиональной деятельности;
2. степени готовности аспиранта применять теоретические знания и профессионально значимую информацию и оценивание сформированности когнитивных умений.
3. приобретенных умений, профессионально значимых для профессиональной деятельности.

Задания для оценивания когнитивных умений (знаний) должны предусматривать необходимость проведения аспирантом интеллектуальных действий:

- по дифференциации информации на взаимозависимые части, выявлению взаимосвязей между ними и т.п.;
- по интерпретации и творческому усвоению информации из разных источников, ее системного структурирования;
- по комплексному использованию интеллектуальных инструментов учебной дисциплины для решения учебных и практических проблем.

При составлении заданий необходимо иметь в виду, что они должны носить практико-ориентированный комплексный характер и формировать закрепление осваиваемых компетенций.

4. Типовые контрольные вопросы и задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

4.1 Типовые творческие задания:

1. Разработка математической модели и анализ свойств транспортной системы – шагового конвейера
2. Разработка математической модели и анализ свойств погрузочно-разгрузочного устройства

3. Разработка математической модели взаимодействия устройств и оборудования в ГПМ
4. Разработка математической модели и анализ свойств металлорежущего оборудования
5. Разработка математической модели и анализ свойств процесса механической обработки конкретной детали

4.2 Типовые контрольные вопросы для оценивания знаний на зачете по дисциплине:

1. Роль прикладных исследований. Классификация математических моделей. Требования к математическим моделям.
2. Особенности моделирования процессов и оборудования.
3. Этапы прикладных исследований. Основные этапы разработки математических моделей.
4. Общее представление о динамическом качестве. Основные показатели качества технологического оборудования.
5. Основные элементы динамической системы технологического оборудования, их взаимодействие.
6. Представление о технологической системе оборудования.
7. Модели рабочих процессов.
8. Уровни моделирования. Микроуровень, макроуровень, метауровень моделирования процессов в технологическом оборудовании.
9. Разработка математической модели макроуровня на основе уравнения Лагранжа и принципа Д'Аламбера.
10. Разработка математической модели макроуровня методом прямой аналогии.
11. Компонентные уравнения элементов эквивалентной схемы и их аналоги в разнородных подсистемах.
12. Построение графа системы, элементы графа, построение топологических уравнений на основе информации матрицы контуров и сечений (M) и матрицы инцидентий (A).
13. Собственные частоты системы, формы колебаний системы, явление резонанса, динамическая податливость системы
14. Частотные характеристики, график переходного процесса в системе, критерии устойчивости.
15. Получение уравнений статики, точные методы решения систем линейных алгебраических уравнений (метод Гаусса и его разновидности, метод Крамера).
16. Приближенные методы решения нелинейных алгебраических уравнений (метод итераций, метод Ньютона).
17. Решение однородной и неоднородной систем обыкновенных дифференциальных уравнений.
18. Точные, приближенные методы решений, обыкновенных дифференциальных уравнений.
19. Компьютерные средства реализации методов решения. Операторный способ. Модальный анализ. Численные методы решения системы дифференциальных уравнений (методы Эйлера, метод Рунге-Кутты, явные и неявные методы численного решения системы дифференциальных уравнений).
20. Частотный анализ динамики (частотные методы исследования устойчивости Раussa, Михайлова, Гурвица, Найквиста).
21. Преобразование Лапласа, перевод системы обыкновенных дифференциальных уравнений в область изображений, решение задачи в изображениях, перевод решения в область оригиналов методом разложения,

собственные частоты системы, Получение уравнения переходного процесса, преобразование Фурье, исследование вынужденных колебаний.

22. Особенности моделирования механических процессов.
23. Особенности моделирования тепловых процессов.
24. Особенности моделирования гидравлических процессов.
25. Особенности моделирования процессов резания.
26. Особенности моделирования качества поверхностного слоя после механической обработки.

4.3 Типовые контрольные задания для оценивания приобретенных умений и владений на зачете по дисциплине:

1. Построение механической цепи.
2. Построение эквивалентной схемы
3. Построение компонентных уравнений элементов эквивалентной схемы
4. Разработка расчетных схем, составление системы уравнений на основе уравнения Лагранжа, прямой и обратный метод составления уравнений на основе принципа Д'Аламбера
5. Составление топологических уравнений по эквивалентной схеме с помощью законов Ома, методом узловых потенциалов и методом контурных токов
6. Построение графа системы и топологических уравнений на основе информации матрицы контуров и сечений (M) и матрицы инцидентий (A).
7. Решение системы дифференциальных уравнений методом Эйлера.
8. Решение системы дифференциальных уравнений методом Рунге-Кутты.
9. Проведение частотного анализа динамики представленного процесса
10. Получение уравнения переходного процесса.

Полный комплект вопросов и заданий для сдачи зачета и кандидатского экзамена в форме утвержденных билетов хранится на кафедре «МСИ».



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО «Пермский национальный
исследовательский политехнический
университет» (ПНИПУ)

Направление
15.06.01 Машиностроение
Программа
Технология, оборудование и автоматизация
машиностроительных производств
Кафедра
Металлорежущие станки и инструменты

Дисциплина
«Математическое моделирование процессов в машиностроении»

БИЛЕТ № 1

1. Общее представление о динамическом качестве. Основные показатели качества технологического оборудования (*контроль знаний*)
2. Разработать расчетную схему и составить систему уравнений на основе уравнения Лагранжа (*контроль умений и владений*)

Составитель _____
(подпись)

Никитин С.П.

Заведующий кафедрой _____
(подпись)

Иванов В.А.

« ____ » _____ 201 ____ г.

Лист регистрации изменений

№ п.п.	Содержание изменения	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой
1	2	3
1		
2		
3		
4		