

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

« 22 » февраля 20 23 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

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

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

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

**Общая трудоёмкость:** 108 (3)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 15.04.05 Конструкторско-технологическое  
обеспечение машиностроительных производств  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Технология машиностроения инновационного производства  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель учебной дисциплины – приобретение теоретических знаний по методам и практических навыков по моделированию процессов для обеспечения качества при создании и производстве новых продуктов.

Задачи дисциплины:

- изучение основных направлений и методологии математического моделирования технологических процессов и оборудования;
- изучение общих принципов и методов математического моделирования;
- формирование умения качественно и количественно описывать характерные процессы и явления, встречающиеся в практике магистра;
- формирование навыков работы с техническими объектами при составлении моделей этих объектов.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- Основные разделы математического моделирования, используемые при расчете и конструировании технологического оборудования;
- Процессы формообразования, явления разрушения, трения и резания, характерные для механической обработки деталей в различных отраслях машиностроения и металлообработки;
- Проблемы динамического качества, виброустойчивости и надежности технологического оборудования.

### 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
-------------	-------------------	---	--	-----------------

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ОПК-5	ИД-1ОПК-5	Знает основные области применения математических методов решения научных и технических задач в машиностроении, аспекты системности и математизации научных исследований, математические методы, применяемые для моделирования проектируемых процессов, устройств, средств и систем конструкторско-технологического обеспечения машиностроительных производств в инженерной и исследовательской практике.	Знает основные области применения математических методов решения научных и технических задач в машиностроении, аспекты системности и математизации научных исследований, математические методы, применяемые для моделирования проектируемых процессов, устройств, средств и систем конструкторско-технологического обеспечения машиностроительных производств в инженерной и исследовательской практике; основные понятия и определения в области надежности и диагностики технологических систем, количественные показатели надежности функционирования и методы их расчёта, методы и средства технического диагностирования и оценки надёжности инструмента и технологического оборудования	Зачет
ОПК-5	ИД-2ОПК-5	Умеет оценивать и представлять результаты математического моделирования объектов и процессов конструкторско-технологической подготовки производства, осуществлять постановку и решение задач для математического анализа проектной ситуации, конкретных рабочих процессов функционирования машин и обработки материалов.	Умеет оценивать и представлять результаты математического моделирования объектов и процессов конструкторско-технологической подготовки производства, осуществлять постановку и решение задач для математического анализа проектной ситуации, конкретных рабочих процессов функционирования машин и обработки материалов, разрабатывать алгоритмы программ обслуживания	Индивидуальное задание

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
			датчиков и технического диагностирования процесса резания; рассчитывать основные показатели надежности технологического процесса	
ОПК-5	ИД-3ОПК-5	Владеет навыками использования математического моделирования для определения технологических, конструкторских и эксплуатационных параметров функционирования машиностроительных изделий и производств; опытом оценки и представления результатов математического моделирования объектов и процессов в машиностроении.	Владеет навыками использования математического моделирования для определения технологических, конструкторских, эксплуатационных и экономических параметров функционирования машиностроительных изделий и производств; опытом оценки и представления результатов математического моделирования объектов и процессов в машиностроении; опытом расчета основных показателей надежности и управления ими; анализа показателей надежности технологических систем; опытом разработки мероприятий по устранению причин, приводящих к отказу технологических систем	Защита лабораторной работы
ОПК-6	ИД-1ОПК-6	Знает структуру, назначение и содержание современных информационных ресурсов, используемых в научно-исследовательской работе	Знает структуру, назначение и содержание современных информационных ресурсов, используемых в научно-исследовательской работе	Зачет
ОПК-6	ИД-2ОПК-6	Умеет использовать современные информационно-коммуникационные технологии при проведении исследований по заданным темам.	Умеет использовать современные информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы при проведении исследований по заданным темам	Индивидуальное задание
ОПК-6	ИД-3ОПК-6	Владеет опытом	Владеет опытом	Индивидуаль

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		применения технических средств, информационных технологий и анализа научно-технической информации в профессиональной деятельности	применения технических средств, информационных технологий и ресурсов автоматизации научных исследований и анализа научно-технической информации в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» в инженерной практике (профессиональной деятельности)	ное задание
ПКО-2	ИД-1ПКО-2	Знает научные проблемы по тематике проводимых исследований и разработок, научно-техническую документацию и современные информационные ресурсы в своей области знаний, методы и технологию сопоставительного анализа объектов техники и технологий, методы анализа научных данных, методы и средства планирования и организации научных исследований и разработок.	Знает научные проблемы по тематике проводимых исследований и разработок, научно-техническую документацию и современные информационные ресурсы в своей области знаний, охранные документы, методы и технологию сопоставительного анализа объектов техники и технологий с охраняемыми объектами промышленной собственности, методы определения патентной чистоты, правовые основы охраны объектов исследования и экономическую оценку использования объектов промышленной собственности, методы анализа научных данных, методы и средства планирования и организации научных исследований и разработок.	Зачет
ПКО-2	ИД-2ПКО-2	Умеет оценивать применимость в научно-технических разработках известных объектов промышленной (интеллектуальной) собственности, определять показатели	Умеет обосновывать меры по обеспечению патентной чистоты технических объектов и технологий, оценивать патентоспособность вновь созданных технических решений, применимость в	Индивидуальное задание

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		технического уровня изделий и технологий машиностроения, оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, анализировать научные проблемы по тематике проводимых исследований и разработок.	научно-технических разработках известных объектов про-мышленной (интеллектуальной) собственности, определять показатели технического уровня изделий и технологий машиностроения, оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, анализировать научные проблемы по тематике проводимых исследований и разработок.	
ПКО-2	ИД-3ПКО-3	Владеет определением задач прикладных научных исследований, осуществлением поиска, отбора, систематизации и анализа научно-технической документации и информации, подготовкой научно-технических отчётов по выполняемым исследованиям, разработкой планов и методических программ проведения исследований и разработок, осуществлением теоретического обобщения результатов экспериментов и наблюдений в соответствии с задачами исследований.	Владеет определения задач прикладных научных исследований, осуществления поиска, отбора, систематизации и анализа патентной и другой научно-технической документации и информации, подготовки научно-технических отчётов по выполняемым исследованиям, разработки планов и методических программ проведения исследований и разработок, осуществления теоретического обобщения результатов экспериментов и наблюдений в соответствии с задачами исследований, контроля их адекватности и точности.	Индивидуальное задание

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		1	2
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	48	48	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	16	16	
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	28	28	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	60	60	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет			
Зачет	9	9	
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	108	108	

### 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
2-й семестр				
Методы анализа и синтеза математических моделей.	8	0	0	20
Модальный анализ динамики системы. Анализ динамики с помощью численного решения системы дифференциальных уравнений. Частотный анализ динамики. Оптимальные задачи моделирования.				
Моделирование приводов главного движения и подачи станков.	2	0	8	10
- Основные требования, факторы, определяющие работоспособность, типовые модели, методы анализа, источники возмущений, - постановка задачи исследования, разработка расчетной схемы и формирование математической модели с помощью метода конечных элементов макроуровня, - использование методов теоретического модального анализа для получения характеристик; - анализ статических и динамических характеристик;				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Моделирование шпиндельных узлов станков.	2	0	8	10
- Основные требования; факторы, определяющие работоспособность; типовые модели; методы анализа; источники возмущений, - постановка задачи исследования, разработка расчетной схемы и формирование математической модели с помощью метода конечных элементов макроуровня, - использование методов теоретического модального анализа для получения характеристик; - анализ статических и динамических характеристик;				
Моделирование динамики несущих систем станков	2	0	8	10
- Основные требования; факторы, определяющие работоспособность; типовые модели; методы анализа; источники возмущений, - постановка задачи исследования, разработка расчетной схемы и формирование математической модели с помощью метода конечных элементов макроуровня, - использование методов теоретического модального анализа для получения характеристик; - анализ статических и динамических характеристик;				
Анализ методов математического моделирования рабочих процессов станков и их взаимодействие с упругой системой станка.	2	0	4	10
Математические модели процессов резания и трения, анализ виброустойчивости станков при резании и устойчивости перемещения узлов станка, моделирование вынужденных колебаний в динамической системе станка.				
<b>ИТОГО по 2-му семестру</b>	<b>16</b>	<b>0</b>	<b>28</b>	<b>60</b>
<b>ИТОГО по дисциплине</b>	<b>16</b>	<b>0</b>	<b>28</b>	<b>60</b>

### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Моделирование приводов главного движения и подач станков
2	Моделирование шпиндельных узлов станков
3	Моделирование динамики несущих систем станков
4	Методы математического моделирования рабочих процессов станков и их взаимодействия с упругой системой станка

## 5. Организационно-педагогические условия

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

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

### 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 отчетов по практическим занятиям и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической 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	Голубева Н. В. Математическое моделирование систем и процессов : учебное пособие для вузов / Н. В. Голубева. - Санкт-Петербург[и др.]: Лань, 2016.	3
2	Зарубин В. С. Моделирование : учебное пособие для вузов / В. С. Зарубин. - Москва: Академия, 2013.	3
3	Кычкин В. И. Прикладная теория колебаний : учебное пособие / В. И. Кычкин. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2014.	15
4	Чикуров Н. Г. Моделирование систем и процессов : учебное пособие для вузов / Н. Г. Чикуров. - Москва: РИОР, ИНФРА-М, 2013.	1

5	Чикуров Н. Г. Построение математических моделей динамических систем на основе метода электроаналогий : монография / Н. Г. Чикуров. - Старый Оскол: ТНТ, 2013.	1
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Введение в математическое моделирование : учебное пособие / В. Н. Ашихмин [и др.]. - М: Логос, 2007.	37
2	Волкова В. Н. Основы теории систем и системного анализа : учебник для вузов / В. Н. Волкова, А. А. Денисов. - Санкт-Петербург: Изд-во СПбГПУ, 2004.	26
3	Кузьмин В.В. Математическое моделирование технологических процессов сборки и механической обработки изделий машиностроения : учебное пособие для вузов / В.В. Кузьмин, А.Г. Схиртладзе. - М.: Высш. шк., 2008.	3
4	Кундышева Е. С. Экономико-математическое моделирование : учебник / Е. С. Кундышева. - Москва: Дашков и К, 2012.	1
5	Никитин С. П. Моделирование технологического оборудования : учебное пособие / С. П. Никитин. - Пермь: ПГТУ, 2001.	56
6	Норенков И. П. Основы автоматизированного проектирования : учебник для вузов / И. П. Норенков. - Москва: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009.	20
7	Светлицкий В. А. Статистическая механика и теория надежности : учебник для вузов / В. А. Светлицкий. - Москва: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002.	40
8	Шапкин А. С. Математические методы и модели исследования операций : учебник для вузов / А. С. Шапкин, Н. П. Мазаева. - Москва: Дашков и К, 2004.	16
<b>2.2. Периодические издания</b>		
1	Научно-технические технологии в машиностроении : научно-технический и производственный журнал / Ассоциация технологов-машиностроителей. - Москва: Машиностроение, 2011 - .	
2	СТИН : научно-технический журнал / СТИН. - Москва: СТИН, 1930 - .	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
1	Моделирование изгибно-крутильной упругой системы шпиндельной группы токарного станка: Метод, указания к лабораторной работе. Переиздание / Сост. В.С.Хомяков, С.П.Никитин; ПермГТУ, Пермь, 2010, 8 с.	50
2	Моделирование динамической системы привода подач станка с направляющими смешанного трения; Метод, указания к лабораторной работе. Переиздание / Сост. В.С.Хомяков, С.П.Никитин; ПермГТУ, Пермь, 2010, 7 с.	50
3	Моделирование упругой системы алмазно-расточной головки: Метод, указания к лабораторной работе. Переиздание /Сост. В.С.Хомяков, С.П.Никитин; ПГТУ, Пермь, 2010, 7 с.	50
4	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.	50

5	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.	50
6	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.	50
7	Теоретическое исследование привода подач станка с направляющими смешанного трения: Метод, указания к лабораторной работе / Никитин С.П.; Перм. гос. техн. ун-т. Пермь, 2008. - 22 с.	50
8	Теоретическое исследование точности привода подач на основе метода прямой аналогии: Метод, указания к лабораторной работе / Никитин С.П.; Перм. гос. техн. ун-т. Пермь, 2008. - 27 с.	50
<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. Компьютерное моделирование изделий в конструкторско-технологической подготовке производства : учебное пособие / А. Ю. Крюков. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2013.	<a href="http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPNRPUelib3589">http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPNRPUelib3589</a>	сеть Интернет; свободный доступ
Дополнительная литература	Кычкин В. И. Прикладная теория колебаний : учебное пособие / В. И. Кычкин. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2014.	<a href="http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPNRPUelib3634">http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPNRPUelib3634</a>	сеть Интернет; свободный доступ
Дополнительная литература	Никитин С. П. Моделирование технологического оборудования : учебное пособие / С. П. Никитин. - Пермь: ПГТУ, 2001.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2286">http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2286</a>	сеть Интернет; свободный доступ

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

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATHCAD 14 Academic, ПНИПУ 2009 г.

Вид ПО	Наименование ПО
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATLAB 7.9 + Simulink 7.4 Academic, ПНИПУ 2009 г.
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Microsoft Office Visio Professional 2016 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)

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

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных Web of Science	<a href="http://www.webofscience.com/">http://www.webofscience.com/</a>
База данных компании Springer Customer Service Center GmbH	<a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a> <a href="http://www.springerprotocols.com/">http://www.springerprotocols.com/</a> <a href="http://materials.springer.com/">http://materials.springer.com/</a> <a href="http://zbmath.org/">http://zbmath.org/</a> <a href="http://npg.com/">http://npg.com/</a>
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	Проектор	1
Практическое занятие	Компьютер	20

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

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

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

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

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

**Направление подготовки:** 15.04.05 Конструкторско-технологическое  
обеспечение машиностроительных производств

**Направленность (профиль)  
образовательной программы:** Технология машиностроения инновационного  
производства

**Квалификация выпускника:** «Магистр»

**Выпускающая кафедра:** Инновационные технологии машиностроения

**Форма обучения:** Очная

**Курс:** 1

**Семестр:** 2

**Трудоёмкость:**

Кредитов по рабочему учебному плану: 3 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану: 108 ч.

**Форма промежуточной аттестации:**

Зачет: 2 семестр

Пермь 2023

**Фонд оценочных средств** для проведения промежуточной аттестации обучающихся 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 (2-го семестра учебного плана) и состоит из четырех учебных модулей. 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, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения **по дисциплине** (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 работам и зачета. 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		Итоговый	
	С	ТО	ОКР	Т/КР	КП	Экзамен
<b>Усвоенные знания</b>						
<b>3.1</b> Знает основные области применения математических методов решения научных и технических задач в машиностроении, аспекты системности и математизации научных исследований, математические методы, применяемые для моделирования проектируемых процессов, устройств, средств и систем конструкторско-технологического обеспечения машиностроительных производств в инженерной и исследовательской практике.	С	ТО		Т КР1		ТВ
<b>3.2</b> Знает структуру, назначение и содержание современных информационных ресурсов, используемых в научно-исследовательской работе.	С	ТО		Т		ТВ
<b>3.3.</b> Знает научные проблемы по тематике проводимых исследований и разработок, научнотехническую документацию и современные информационные ресурсы в своей области знаний, методы и технологию сопоставительного анализа объектов техники и технологий, методы анализа научных данных, методы и средства планирования и организации научных исследований и разработок.		ТО		КР2 КР3 КР4		ТВ
<b>Освоенные умения</b>						

У.1 Умеет оценивать и представлять результаты математического моделирования объектов и процессов конструкторско-технологической подготовки производства, осуществлять постановку и решение задач для математического анализа проектной ситуации, конкретных рабочих процессов функционирования машин и обработки материалов			ОПР1 ОПР2 ОПР3 ОПР4 ОПР5	КР1		КЗ
У.2 Умеет использовать современные информационно-коммуникационные технологии при проведении исследований по заданным темам.			ОПР1	Т		КЗ
У.3. Умеет оценивать применимость в научно-технических разработках известных объектов промышленной (интеллектуальной) собственности, определять показатели технического уровня изделий и технологий машиностроения, оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, анализировать научные проблемы по тематике проводимых исследований и разработок.			ОПР1 ОПР3 ОПР4 ОПР5	Т КР2 КР3 КР4		КЗ
<b>Приобретенные владения</b>						
В.1 Владеет навыками использования математического моделирования для определения технологических, конструкторских и эксплуатационных параметров функционирования машиностроительных изделий и производств; опытом оценки и представления результатов математического моделирования объектов и процессов в машиностроении.			ОПР1 ОПР2 ОПР3 ОПР4 ОПР5	КР1		КЗ
В.2 Владеет опытом применения технических средств, информационных технологий и анализа научно-технической информации в профессиональной деятельности.			ОПР1	Т		КЗ
В.3 Владеет определением задач прикладных научных исследований, осуществлением поиска, отбора, систематизации и анализа научно-технической документации и информации, подготовкой научно-технических отчетов по выполняемым исследованиям, разработкой планов и методических программ проведения исследований и разработок, осуществлением теоретического обобщения результатов экспериментов и наблюдений в соответствии с задачами исследований.			ОПР2 ОПР3 ОПР4 ОПР5	КР2 КР3 КР4		КЗ

*С – собеседование по теме; ТО – коллоквиум (теоретический опрос); ИЗ – кейс-задача (индивидуальное задание); ОЛР – отчет по лабораторной работе; ОПР – отчет по практической работе; Т/КР – рубежное тестирование (контрольная работа); ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание; КЗ – комплексное задание зачета.*

Итоговой оценкой **достижения** результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде зачета, 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 обучающегося 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 обучающимися отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланчного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по практическим 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 собеседования или 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 практических заданий и рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

#### **2.2.1. Защита практических работ**

Всего запланировано 5 практических работ. Типовые темы практических работ:

1. Разработка математической модели шпиндельного узла металлорежущего станка.

2. Анализ статических деформаций шпиндельного узла металлорежущего станка по математической модели.

3. Анализ вынужденных колебаний шпиндельного узла металлорежущего станка по математической модели.

4. Анализ устойчивости шпиндельного узла металлорежущего станка при резании по математической модели.

5. Анализ изменения параметров шпиндельного узла металлорежущего

станка на точность по математической модели.

Защита практической работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

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

Согласно РПД запланировано 2 рубежных контрольных работы (КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины. Первая КР по модулю 1 «Методы анализа и синтеза математических моделей», вторая КР – по модулю 2 «Моделирование приводов главного движения и подач станков», третья КР - «Моделирование шпиндельных узлов станков», четвертая КР - «Моделирование динамики несущих систем станков».

#### **Типовые задания первой КР:**

1. Модальный анализ динамики системы.
2. Разработка модели методом конечных элементов макроуровня.

#### **Типовые задания второй КР:**

1. Основные требования, факторы, определяющие работоспособность приводов. методы анализа, источники возмущений.
2. Типовые модели приводов станков.
3. Методы анализа приводов станков.
4. Источники возмущений приводов станков.

#### **Типовые задания третьей КР:**

1. Основные требования, факторы, определяющие работоспособность шпиндельных узлов станков.
2. Типовые модели шпиндельных узлов станков.
3. Методы анализа шпиндельных узлов станков.
4. Источники возмущений шпиндельных узлов станков.

#### **Типовые задания четвертой КР:**

1. Основные требования, факторы, определяющие работоспособность несущих систем станков.
2. Типовые модели несущих систем станков.
3. Методы анализа несущих систем станков.
4. Источники возмущений несущих систем станков.

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

### **2.3. Выполнение комплексного индивидуального задания на самостоятельную работу**

Для оценивания навыков и опыта деятельности (владения), как результата обучения по дисциплине, не имеющей курсового проекта или работы, используется индивидуальное комплексное задание студенту.

Примерная тема индивидуальной комплексной работы:

- Анализ статической и динамической точности заданного шпиндельного узла станка.

Структура индивидуальной комплексной работы представлена в приложении 1.

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

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

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех практических работ 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 зачета. Зачет по дисциплине основывается на результатах выполнения предыдущих индивидуальных заданий студента по данной дисциплине.

Критерии выведения итоговой оценки за компоненты компетенций при проведении промежуточной аттестации в виде зачета 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 зачета 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 комплексные задания (КЗ) для 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. Постановка задачи исследования.
2. Построение математической модели с помощью метода конечных элементов макроуровня.
3. Статические и динамические характеристики для оценки динамического качества станка.
4. Математические модели процессов резания и трения, анализ виброустойчивости станков при резании.

###### **Типовые вопросы и практические задания для контроля усвоенных умений:**

1. Разработать математическую модель шпиндельного узла с помощью метода конечных элементов макроуровня.
2. Провести теоретический модальный анализ шпиндельного узла станка

для получения характеристик.

3. Определить сточки возмущений шпиндельного узла станка.

#### **Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:**

1. Оценить точность станка по статическим характеристикам и разработать мероприятия по повышению.
2. Оценить точность станка по динамическим характеристикам и разработать мероприятия по повышению.
3. Оценить устойчивость станка при резании и разработать мероприятия по повышению.

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

## **Математическое моделирование заданного шпиндельного узла (ШУ) станка.**

Задача:

Для заданной конструкции шпиндельного узла станка с помощью математического моделирования оценить точность станка в статическом и динамическом режиме функционирования, предложить мероприятия по повышению точности и качества шпиндельного узла.

Последовательность действий:

1. Анализ требований к ШУ, постановка задачи исследований.
2. Разработка математической модели ШУ методом конечных элементов макроуровня.
3. Определение параметров математической модели ШУ.
4. Определение и расчет частот возмущений.
5. Анализ статических деформаций ШУ, разработка рекомендаций по повышению статической точности.
6. Анализ динамических деформаций ШУ, разработка рекомендаций по повышению динамического качества.
7. По окончании работы сделать заключение о качестве процессов изготовления деталей и качестве посадки.