

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

« 06 » октября 20 23 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Математическое моделирование и планирование эксперимента  
(наименование)

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

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

**Общая трудоёмкость:** 180 (5)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Интегрированные системы управления производством  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины:

Освоение дисциплинарных компетенций по основам планирования научного эксперимента, его математической обработки результатов, а также в области разработки и исследования математических моделей объектов и систем управления, которые позволят студентам успешно решать теоретические и практические задачи в профессиональной деятельности, связанной с построением математических моделей и отысканием оптимальных условий протекания сложных технологических процессов и выбора оптимальной автоматизированной системы управления технологическими процессами.

Задачи дисциплины:

- формирование знаний о цельном представлении науки, как о системе знаний и орудии познания;
- изучение задач планирования и организации эксперимента; методов управления результатами научно-исследовательской деятельности;
- изучение основ теории моделирования, классификацию моделей и методов моделирования; принципы построения моделей, основных методов математического моделирования объектов и систем управления; типовых методик анализа и моделирования технических объектов, технологических процессов и систем их управления.
- умение рассматривать уровни методологии и определять их место и значение в научном познании; излагать правила протоколирования, обработки результатов исследования и наблюдения, их изображения;
- формирование умений систематизировать информацию об объектах, системах или процессах; осуществлять выбор наилучшего метода математического описания; выполнять оценку адекватности моделей; осуществлять оптимальный выбор программных средств для математического моделирования объектов и систем управления; интерпретировать и анализировать результаты моделирования
- владение сутью общенаучных и конкретно-научных методов и принципов исследования техники; навыками с основными правилами работы с научной литературой и подготовки материалов к печати, в т.ч. оформления курсовых и выпускных работ;
- формирование навыков исследования математических моделей технических объектов, технологических процессов и систем управления; использования типовых аппаратных и программных средств моделирования объектов и систем управления.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- технологические процессы машиностроения и их моделирование на основе планирования эксперимента;
- основные понятия теории моделирования;
- классификация моделей и методов моделирования;
- методы формализации технических объектов;
- методы оценки адекватностей моделей;
- методы синтеза систем управления типовых технологических процессов; математические методы описания объектов и систем управления;
- программно-аппаратные средства моделирования объектов и систем управления.

### 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
ПК-2.2	ИД-1ПК-2.2	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основные закономерности измерений, влияние качества измерений на качество конечных результатов метрологической деятельности;</li> <li>• пути реализации результатов научно-исследовательской деятельности;</li> <li>• теоретические основы моделирования как научного метода;</li> <li>• основные понятия и определения математического моделирования;</li> <li>• этапы математического моделирования объектов и систем управления;</li> <li>• основные способы математического описания объектов и систем управления;</li> <li>• способы преобразования и упрощения математических моделей;</li> <li>• основные принципы экспериментального исследования математических моделей объектов и систем управления.</li> </ul>	<p>Знает современные технологии и основные положения методов моделирования процессов, оборудования, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления, в том числе методов интеллектуального анализа данных.</p>	Экзамен

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.2	ИД-2ПК-2.2	<p>Умеет</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• систематизировать информацию об объекте управления;</li> <li>• выбирать класс математической модели и метод исследования модели;</li> <li>• выбирать способ построения математической модели и метод исследования модели;</li> <li>• оценивать результаты моделирования;</li> <li>• осуществлять выбор аппаратных и программных средств моделирования объектов и систем управления.</li> </ul>	<p>Умеет применять основные методы моделирования процессов, оборудования, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления, в том числе методы интеллектуального анализа данных.</p>	Защита лабораторной работы
ПК-2.2	ИД-3ПК-2.2	<p>Владеет</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками выбора основных факторов эксперимента и построения факторных планов;</li> <li>• навыками подбора эмпирических зависимостей для экспериментальных данных;</li> <li>• навыками оценки коэффициентов регрессионной модели эксперимента;</li> <li>• навыками построения планов 2-го порядка для экспериментов;</li> <li>• навыками построения оптимальных планов для научно-технических экспериментов;</li> </ul>	<p>Владеет базовыми навыками моделирования процессов, оборудования, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления, в том числе интеллектуального анализа данных; навыками оформления отчета по результатам проведенного моделирования.</p>	Отчёт по практическому занятию
ПК-2.3	ИД-1ПК-2.3	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основные классификационные признаки экспериментов;</li> <li>• основные элементы научно-</li> </ul>	<p>Знает критерии выбора оптимальных решений при создании продукции, разработке автоматизированных технологий и производств,</p>	Экзамен

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		технического эксперимента; <ul style="list-style-type: none"> <li>• приемы выбора основных факторов эксперимента и технологию построения факторных планов;</li> <li>• основные виды регрессионных экспериментов;</li> <li>• основные виды планов 2-го порядка;</li> <li>• программные средства моделирования.</li> </ul>	средств и систем автоматизации, контроля, диагностики и испытаний, управления производством, жизненным циклом продукции и ее качеством, программного обеспечения, а также при внедрении и эффективной эксплуатации таких решений	
ПК-2.3	ИД-2ПК-2.3	Умеет <ul style="list-style-type: none"> <li>• проводить классификацию экспериментов;</li> <li>• выбирать необходимые факторы и составлять факторные планы экспериментов различного вида;</li> <li>• строить системы базисных функций, делать точечные оценки параметров регрессионной модели;</li> <li>• анализировать свойства оценок параметров регрессионной модели;</li> <li>• выполнять оптимальное планирование экспериментов с использованием различных критериев;</li> </ul>	Умеет выбирать оптимальные решения при создании продукции, разработке автоматизированных технологий и производств, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики и испытаний, управления производством, жизненным циклом продукции и ее качеством, программного обеспечения, а также при внедрении и эффективной эксплуатации таких решений	Отчёт по практическом у занятию
ПК-2.3	ИД-3ПК-2.3	Владеет <ul style="list-style-type: none"> <li>• методикой построения алгоритмов формализации задач математического моделирования объектов и систем управления;</li> <li>• приемами и способами построения и исследования математических моделей типовых технологических процессов.</li> </ul>	Владеет навыками составления технико-экономических обоснований внедрения оптимальных решений при создании продукции, разработке автоматизированных технологий и производств, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики и испытаний, управления производством,	Защита лабораторной работы

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
			жизненным циклом продукции и ее качеством, программного обеспечения, их внедрении и эффективной эксплуатации	

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		1	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	63	63	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	16	16	
- лабораторные работы (ЛР)	18	18	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	27	27	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	81	81	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	180	180	

### 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
1-й семестр				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Математическая обработка результатов эксперимента.	2	0	4	10
Тема 1. Постановка целей и задач исследования. Определение объекта, предмета исследования и оценка точности измерений Научное изучение как основная форма научной работы. Общая схема хода научного исследования. Обоснование и доказательство актуальности выбранной темы. Постановка цели и конкретных задач исследования. Определение объекта и предмета исследования. Элементы теории ошибок. Интервальная оценка ошибок измерения. Исключение грубых ошибок. Подбор эмпирических формул. Отыскание параметров методом наименьших квадратов.				
Планирование эксперимента	4	0	8	20
Тема 2 Факторы и факторное пространство Общие представления о планировании экспериментов. Основные определения. Активный и пассивный эксперимент. Выбор вида модели и поверхность отклика. Факторы, общая характеристика факторов, факторное пространство. Выходные показатели, характеристика исследуемых свойств или качеств – отклик, функция отклика, поверхность отклика. Эксперимент как система операций, воздействий и (или) наблюдений, направленных на получение информации об объекте при исследовательских испытаниях. Опыт как отдельная элементарная часть эксперимента. План эксперимента – совокупность данных, определяющих число, условия и порядок реализации опытов. Планирование эксперимента как совокупность действий, направленных на разработку стратегии экспериментирования от начальных до заключительных этапов изучения объекта исследования (от получения априорной информации до создания работоспособной математической модели или определения оптимальных условий). Тема 3 Корреляционный и регрессионный анализ Вероятностная взаимосвязь между различными переменными. Выборочный коэффициент корреляции. Линейная регрессия. Метод наименьших квадратов. Расчет коэффициентов уравнения регрессии (параметров математической модели объекта исследования). Проверка значимости коэффициентов уравнения регрессии. Проверка адекватности математической модели объекта исследования. Метод множественной корреляции. Простейшие случаи нелинейной				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
<p>корреляции. Метод линеаризации. Уравнение регрессии и его коэффициенты.</p> <p>Тема 4 Разработка плана эксперимента Основные принципы планирования эксперимента, обеспечивающие получение максимума информации при минимуме опытов. Отказ от полного перебора возможных входных состояний. Выбор числа уровней варьирования по каждому фактору на основании вида аппроксимации функции отклика. Принцип последовательного планирования, предусматривающий получение простейшей математической модели на основании небольшого числа опытов и, если полученная модель не удовлетворяет исследователя, постепенное усложнение математической модели на основе проведения новых (дополнительных) опытов до тех пор, пока не будет получена модель, которую исследователь признает достаточно хорошей.</p>				
Построение математических моделей экспериментов	2	0	8	16
<p>Тема 5 Выбор оптимального плана. Критерии оптимального плана Разновидности планов эксперимента. Основы построения математических моделей планов экспериментов. Их характеристики. Критерии оптимальности планов экспериментов. Критерии оптимальности, связанные с точностью оценок коэффициентов уравнения регрессии (математической модели объекта исследования). Критерии D-, A-, E- оптимальности и ортогональности. Планирование экспериментов для решения экстремальных задач. Виды параметров оптимизации и требования к ним. Обобщенный параметр оптимизации. Критерии оптимальности, связанные с точностью получения оценок отклика. Критерии G- оптимальности, ротатабельности и униформности планирования. Ортогонализация планов экспериментов. Построение планов близких к оптимальному по нескольким критериям.</p> <p>Тема 6 Планы многофакторных экспериментов Полный факторный эксперимент (ПФЭ). Постановка задачи, выбор параметров факторов. Факторы и требования, предъявляемые к ним. Управляемость и совместимость, независимость, некоррелированность факторов. Определение экспериментальной области факторного пространства. Организация проведения эксперимента по ПФЭ, обработка и анализ его результатов. Дробный факторный эксперимент</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
<p>(ДФЭ). Основная идея ДФЭ. ДФЭ для моделей с взаимодействием. Операция смешивания оценок коэффициентов уравнения регрессии. Понятия генерирующих соотношений и определяющих контрастов. Сравнительная оценка дробных реплик. Разрешающая способность реплики. Организация проведения эксперимента по ДФЭ, обработка и анализ его результатов. Расчет коэффициентов модели и проверка их статистической значимости. Проверка адекватности модели. Интерпретация результатов. Особенности планирования и организации эксперимента при использовании различных схем технологических процессов. Методы выделения существенных факторов. Планирование отсеивающих экспериментов. Использование метода случайного баланса при составлении плана отсеивающего эксперимента. Организация, проведение и методы анализа результатов отсеивающих экспериментов.</p> <p>Тема 7 Этапы разработки математических зависимостей описания реального технологического процесса</p> <p>Постановка задачи. Отбор факторов и параметров. Анализ априорной информации и выбор вида зависимости. Планирование основного эксперимента. Реализация экспериментального плана. Оптимизация объектов исследования. Постановка задачи оптимизации. Методы оптимизации однофакторных объектов. Задачи оптимизации и математическое описание влияния каждого фактора на функцию оптимизации. Поверхность отклика и оптимум функции.</p>				
Математическое моделирование.	4	8	7	15
<p>Основные понятия, термины и определения. Предмет и задача дисциплины.</p> <p>Тема 8. Основы математического моделирования. Основы математического моделирования: цель моделирования, понятие математической модели, основные требования к математическим моделям. Этапы математического моделирования объектов и систем управления.</p> <p>Тема 9 Математические модели объектов и систем управления.</p> <p>Классификация моделей объектов управления. Основные способы построения математических моделей объектов управления: аналитический и идентификационный. Выбор класса модели: линейные/нелинейные; статистические/динамические, детерминированные/стохастические, нечеткие</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
модели. Алгоритмы преобразования различных форм представлений математических моделей. Принципы построения алгоритмов управления. Общая структура алгоритмов управления. Синтез базовых алгоритмов управления: стабилизации, компенсации возмущения, обеспечения заданной степени астатизма. Синтез обобщенного наблюдателя-фильтра.				
Исследование математических моделей	4	10	0	20
Тема 10 Основные методы исследования моделей Основные принципы исследования математических моделей объектов и систем управления. Пассивный и активный эксперимент. Основы теории планирования эксперимента. Основные подходы и методы оценивания адекватности моделей. Алгоритм исследования математических моделей объектов и систем управления. Понятие полунатурного эксперимента Тема 11 Программные средства моделирования и исследования моделей. Основные программные инструментальные средства моделирования объектов и систем управления: Matlab. Применение Simulink для моделирования объектов и систем управления. Заключение.				
ИТОГО по 1-му семестру	16	18	27	81
ИТОГО по дисциплине	16	18	27	81

### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Корреляционная зависимость между случайными величинами
2	Оценка точности коэффициентов уравнения регрессии
3	ДФЭ, обработка и анализ его результатов
4	Проведение отсеивающих экспериментов
5	Планирование эксперимента для технологического процесса
6	Постановка задачи оптимизации
7	Разработка этапов математического моделирования объектов и систем управления
8	Построение математических моделей типовых объектов управления
9	Расчет идентификационных моделей объекта управления
10	Разработка алгоритма исследования математических моделей объектов и систем управления

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
11	Оценивание адекватности модели

### Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Применение Control System Toolbox (Matlab) для моделирования объектов и систем управления
2	Применение SISO Design Toolbox (Matlab) и Simulink LabView для моделирования объектов и систем управления

## 5. Организационно-педагогические условия

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

<p>Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой 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 установления связей с ранее освоенным материалом.</p> <p>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.</p> <p>Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.</p> <p>При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.</p>
--

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

<p>При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.</li> <li>2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.</li> <li>3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.</li> <li>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.</li> </ol>
---

## 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	Адлер Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. - Москва: Наука, 1976.	88
2	Андриевская Н. В. Моделирование систем : учебное пособие / Н. В. Андриевская, С. В. Бочкарёв. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008.	50
3	Душин С. Е. Моделирование систем управления : учебное пособие для вузов / С. Е. Душин, А. Н. Красов, Н. Н. Кузьмин. - Москва: Студент, 2012.	3
4	Казаков А. В. Планирование эксперимента и измерение физических величин : учебное пособие / А. В. Казаков. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2014.	5
5	Сидняев Н. И. Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных : учебное пособие для вузов / Н. И. Сидняев. - Москва: Юрайт, 2011.	5
6	Сидняев Н. И. Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных : учебное пособие для магистров / Н. И. Сидняев. - Москва: Юрайт, 2012.	8
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Андриевская Н. В. Проектирование и исследование идентификационных моделей управляющих систем реального времени : учебное пособие / Н. В. Андриевская. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2013.	5
2	Перельмутер В. М. Пакеты расширения MATLAB. Control System Toolbox и Robust Control Toolbox / В. М. Перельмутер. - М.: СОЛОН-Пресс, 2008.	5
3	Планирование, организация и проведение научных исследований в машиностроении : учебное пособие / А. И. Барботько [и др.]. - Старый Оскол: ТНТ, 2014.	3
4	Рогов В. А. Методика и практика технических экспериментов : учебное пособие для вузов / В. А. Рогов, Г. Г. Позняк. - Москва: Academia, 2005.	9
5	Управление качеством : учебное пособие для вузов / С. В. Бочкарёв [и др.]. - Старый Оскол: ТНТ, 2012.	5
<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	Проектирование и исследование идентификационных моделей управляющих систем реального времени	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks172037">http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks172037</a>	локальная сеть; свободный доступ
Дополнительная литература	Управление качеством	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks160888">http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks160888</a>	локальная сеть; свободный доступ
Основная литература	Введение в теорию планирования эксперимента	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-106359">http://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-106359</a>	локальная сеть; свободный доступ
Основная литература	Моделирование систем	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2708">http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2708</a>	локальная сеть; свободный доступ
Основная литература	Планирование эксперимента и измерение физических величин учебное пособие	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3631">http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3631</a>	локальная сеть; свободный доступ
Основная литература	Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2255">http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2255</a>	локальная сеть; свободный 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	MATLAB 7.9 + Simulink 7.4 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
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>

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
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
Лабораторная работа	ПК с установленным ПО в комплекте: системный блок, монитор, клавиатура, мышь	10
Лекция	Проектор, экран, ПК или ноутбук, маркерная доска, маркер	1
Практическое занятие	Проектор, экран, ПК или ноутбук, маркерная доска, маркер	1

### **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 и планирование эксперимента»**  
*Приложение к рабочей программе дисциплины*

<b>Направление подготовки:</b>	15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств
<b>Направленность (профиль) образовательной программы:</b>	Интегрированные системы управления производством
<b>Квалификация выпускника:</b>	«Магистр»
<b>Выпускающая кафедра:</b>	Микропроцессорных средств автоматизации
<b>Форма обучения:</b>	Очная

**Курс:** 1

**Семестр:** 1

**Трудоёмкость:**

Кредитов по рабочему учебному плану:	5	ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	188	ч.

**Форма промежуточной аттестации:**

Экзамен: 1 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 (1-го семестра учебного плана) Предусмотрены аудиторские лекционные и лабораторные занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируется 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 лабораторным работам и экзамена. 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	ОЛР	Т/КР		Экзамен
<b>Усвоенные знания</b>						
3.1 знать основные классификационные признаки экспериментов; основные элементы научно-технического эксперимента.						ТВ
3.2 знать приемы выбора основных факторов эксперимента и технологию построения факторных планов; • основные виды регрессионных экспериментов; основные виды планов 2-го порядка; программные средства моделирования	С1					ТВ
3.3. знать критерии выбора оптимальных решений при создании продукции, разработке автоматизированных технологий и производств, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики и испытаний, управления производством, жизненным циклом продукции и ее качеством, программного обеспечения, а также при внедрении и эффективной эксплуатации таких решений						ТВ
<b>Освоенные умения</b>						
У.1 уметь проводить классификацию экспериментов; выбирать необходимые факторы и составлять факторные планы экспериментов различного вида;			ОЛР1			ПЗ

строить системы базисных функций, делать точечные оценки параметров регрессионной модели.						
<b>У.2</b> уметь анализировать свойства оценок параметров регрессионной модели; выполнять оптимальное планирование экспериментов с использованием различных критериев.				КР1		ПЗ
<b>У.3.</b> уметь выбирать оптимальные решения при создании продукции, разработке автоматизированных технологий и производств, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики и испытаний, управления производством, жизненным циклом продукции и ее качеством, программного обеспечения, а также при внедрении и эффективной эксплуатации таких решений.						ПЗ
<b>Приобретенные владения</b>						
<b>В.1</b> владеть методикой построения алгоритмов формализации задач математического моделирования объектов и систем управления.			ОЛР2			КЗ
<b>В.2</b> владеть приемами и способами построения и исследования математических моделей типовых технологических процессов.						КЗ
<b>В.3</b> владеть навыками составления технико-экономических обоснований внедрения оптимальных решений при создании продукции, разработке автоматизированных технологий и производств, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики и испытаний, управления производством, жизненным циклом продукции и ее качеством, программного обеспечения, их внедрении и эффективной эксплуатации						КЗ

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

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде экзамена, 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 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, освоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты лабораторных работ и рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

#### **2.2.1. Защита лабораторных работ**

Всего запланировано 2 лабораторных работ. Типовые темы лабораторных работ приведены в РПД.

Защита лабораторной 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 не запланировано рубежных контрольных работ

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

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех лабораторных работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде экзамена по дисциплине устно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки освоенных 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. Форма билета представлена в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.3.1. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине**

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

1. Описание метода оценки точности коэффициентов уравнения регрессии.
2. Оценка адекватности построенной математической модели.
3. Составление задачи оптимизации.
4. Разработка и этапная дифференциация построения математических моделей систем управления электротехнических комплексов.
5. Проведение классификации экспериментов, подбор данных для построения цифровой модели.
6. Применение специализированного программного обеспечения для реализации многофакторных математических моделей.

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

1. Оценить адекватность разработанной математической модели.
2. Описать этапы разработки и построения автоматизированной системы на базе созданных многофакторных математических моделей, описанных полиномиальными выражениями 4- и 6-ого разряда.
3. Разработать наиболее экономически целесообразное решение контроля персонала на основе данных системы видеонаблюдения

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

1. Составить математическую модель технологического процесса используя набор постоянно обновляемых данных.
2. Разработать перечень мероприятий необходимых для постановки полунатурного эксперимента и последующего построения регрессионной модели.
3. Определить перечень факторов, влияющих на изменение показателей электропотребления, технологического объекта. Оценить степень влияния внешних факторов на потребление ресурсов предприятия.

Перечень типовых ситуационных заданий и кейсов для проверки умений и владений представлен в приложении 1. *Полный перечень теоретических вопросов и практических заданий в форме утвержденного комплекта экзаменационных билетов хранится на выпускающей кафедре.*

### **2.3.2. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене**

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

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена 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 экзамене считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **3.2. Оценка уровня сформированности компетенций**

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 экзамена используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.

**Типовые ситуационные задания и кейсы для проверки умений и владений**

**Задание № \_\_. (анализ кейс-стади)**

Проверяемые результаты обучения: у2; в2

Задание. Внимательно прочитайте текст предложенного кейса и ответьте на вопросы задания.

**Критерии оценки ситуационных заданий**

**Оценка «пять» ставится, если обучающийся осознанно излагает и оценивает суть данной ситуации, с аргументацией своей точки зрения, умеет анализировать, обобщать и предлагает верные пути решения складывающейся ситуации.**

**Оценка «четыре» ставится, если обучающийся понимает суть ситуации, логично строит свой ответ, но допускает незначительные неточности при определении путей решения.**

**Оценка «три» ставится, если обучающийся ориентируется в сущности складывающейся ситуации, но нуждается в наводящих вопросах, не умеет анализировать и не совсем верно намечает пути решения ситуации.**

**Оценка «два» ставится, если обучающийся не ориентируется и не понимает суть данной ситуации, не может предложить путей ее решения, либо допускает грубые ошибки.**

На технологическом объекте установлена система наружного и внутреннего видеонаблюдения. Основными перемещающимися объектами на производстве являются люди, роботизированные конвейерные агрегаты и материалы, находящиеся на конвейерной ленте. За последний месяц участились случаи травматизма рабочего персонала в связи с недостаточной квалификацией работника в зоне, где была получена травма. Руководством были приняты дисциплинарные меры, установка специальных знаков и плакатов для предупреждения и недопущения нежелательного персонала в соответствующие производственные области. Организационное мероприятие по повышению безопасности не привнесло желаемого результата. Требуется создать автоматизированную систему контроля передвижения персонала на базе имеющихся материально-технических мощностей с минимальными инвестициями на оборудование и переобучение персонала.

**Ситуация 1.** Данные с камер видеонаблюдения имеются в свободном доступе и хранятся на общем сервере;

**Ситуация 2.** Персонал не проходит идентификацию на КПП, цифровые данные о работниках отсутствуют;

**Ситуация 3.** Предприятие не обладает достаточным материальным ресурсом для установки сервера, с помощью которого имеется возможность обучения и применения решений на базе ИИ;

**Ситуация 4.** Роботизированные агрегаты передвигаются по маршрутам следования персонала.

Предложите решение снижения травматизма персонала во всех ситуациях с минимальными финансовыми затратами применяя методы и средства математического моделирования.