

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Максимов Алексей Борисович

Должность: директор департамента по образовательной политике

Дата подписания: 07.09.2023 10:56:02

Уникальный программный ключ:

8db180d1a940470c470c470c470c470c

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
Московский политехнический университет**



УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета машиностроения

/Е.В.Сафонов

2022г

Рабочая программа дисциплины

**Математическое моделирование машин и процессов в
машиностроении**

Направление подготовки
15.04.01 «Машиностроение»

Профиль подготовки (образовательная программа)
«Комплексные высокоэффективные технологии машиностроения»

Квалификация (степень) выпускника
Магистр
(прием 2022)

Форма обучения
Очная

Москва 2022

Программа дисциплины составлена «**Математическое моделирование машин и процессов в машиностроении**» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению подготовки 15.04.01 «Машиностроение», профиль подготовки «**Комплексные высокоэффективные технологии машиностроения**».

Программу составил:



доц., к.т.н. Петухов С.Л.

Программа дисциплины «**Математическое моделирование машин и процессов в машиностроении**» по направлению подготовки 15.04.01 «Машиностроение» и профилю подготовки «**Комплексные высокоэффективные технологии машиностроения**» утверждена на заседании кафедры «Технологии и оборудование машиностроения»

«29» августа 2022 г., протокол № 1-22/23

Заведующий кафедрой  /Васильев А.Н./

Программа согласована с руководителем образовательной программы по специальности **15.04.01 «Машиностроение»** и профилю подготовки «**Комплексные высокоэффективные технологии машиностроения**»

 / Вартанов М.В. /
«12»_сентября_____2022 г.

Программа утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета машиностроения

Председатель комиссии  / Васильев А.Н. /

«13» сентября 2022 г. протокол № 14-22

Присвоен регистрационный номер:	15.04.01.01/03.2022/ 014
---------------------------------	--------------------------

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины являются приобретение студентами обучающимися по направлению подготовки 15.04.01 «Машиностроение» знаний, умений и навыков, позволяющих осуществлять профессиональную производственно-технологическую деятельность.

Для достижения этой цели при обучении студентов дисциплине «Математическое моделирование машин и процессов в машиностроении» изучаются современные проблемы и перспективы технологии машиностроения и выпускник, освоивший программу магистратуры готов решать следующие профессиональные задачи:

- математическое моделирование машин, технологических операций и процессов с использованием современных технологий проведения научных исследований;
- использование новых алгоритмов и технологий, применяемых в автоматизированных технологических комплексах;
- разработка математических моделей, позволяющих исследовать качество технологических процессов;
- применение высокоэффективных и высокоточных методов и средств контроля, позволяющих модифицировать математические модели и осуществлять корректировку выполнения операций технологического процесса;
- управление технологическими процессами на основе статистического анализа процессов формирования параметров качества изделий;
- повышение производительности и экономического эффекта автоматизированных технологических машин и комплексов на основе совершенствования действующих технологических процессов обработки и сборки;
- участие в разработке программ учебной дисциплины на основе изучения научной, технической и научно-методической литературы, а также собственных результатов исследования;
- участие в модернизации отдельных практикумов по дисциплине;
- участие в проведении практических занятий.

2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры. Связь дисциплины с другими модулями (дисциплинами) учебного плана)

Дисциплина «Математическое моделирование машин и процессов в машиностроении» относится к обязательной части блока Б.1 основной образовательной программы магистратуры, взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

Блок Б.1.1 «Обязательная часть»: «Стандартизация, унификация и управление качеством», «Компьютерные технологии и моделирование в машиностроении»; Б.1.2 «Часть, формируемая участниками образовательных отношений»: «Технология и автоматизация производства», «Надежность и диагностика технологических систем»; «Элективные дисциплины»: «Системы управления и контроля машиностроительных производств».

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) «Математическое моделирование машин и процессов в машиностроении», соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения дисциплины (модуля) «Математическое моделирование машин и процессов в машиностроении» у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения как этап формирования соответствующих компетенций:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-5	Способен разрабатывать аналитические и численные методы при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов	<p>Знать: основы теоретико-вероятностного математического аппарата; способы сбора, обработки и интерпретации экспериментального материала с использованием современных информационных технологий; методологию статистического управления качеством высокотехнологичных производств; методы разработки и анализа статистических моделей технологических операций и процессов; методы теоретического и экспериментального исследования в области статистического управления качеством технологических операций и процессов.</p> <p>Уметь: обобщать, анализировать и систематизировать методы управления точностью процессов изготовления машин на базе использования математического аппарата статистического управления качеством деталей и технологических процессов; использовать методы статистического</p>

		<p>контроля и регулирования при решении инженерных задач; прогнозировать причины возникновения брака выпускаемой продукции и разрабатывать мероприятий по их предупреждению; формулировать рекомендации по практическому использованию результатов исследований.</p> <p>Владеть: методами и средствами теоретического и экспериментального исследований высокотехнологичных машиностроительных производств; методами и средствами контроля и регулирования технологических процессов и обеспечение их эффективного функционирования; навыками использования аналитических и численных методов при разработке математических моделей; методами анализа причин возникновения дефектов и брака выпускаемой продукции и разработки мероприятий по их предупреждению.</p>
ОПК-6	Способен использовать современные информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в научно-исследовательской деятельности	<p>Знать: методы и технологические процессы обработки поверхностей и деталей машин, особенности современных методов обработки; аналитические и численные методы, используемые при разработке математических моделей изделий машиностроения; методы проектирования технологических процессов (в том числе с элементами САПР); алгоритмы проверки адекватности математических моделей; методы статистического моделирования и управления точностью процессов изготовления машин; методы теоретического и экспериментального исследования в области машиностроительного производства с использованием современных методов и средств научных исследований.</p> <p>Уметь: эффективно применять методы математического моделирования для осуществления производственно-технологической деятельности; применять современные методы исследования, проводить оценку и представлять результаты выполненной работы;</p>

		<p>использовать современные информационно-коммуникационные технологии в научно-исследовательской деятельности;</p> <p>применять методы статистического моделирования в машиностроении.</p> <p>Владеть:</p> <p>основами теоретико-вероятностного математического аппарата;</p> <p>навыками использования информационных ресурсов в научно-исследовательской деятельности;</p> <p>методами статистического управления точностью обработки и осуществления технического контроля;</p> <p>методами анализа причин возникновения дефектов и брака выпускаемой продукции и разработки мероприятий по их предупреждению.</p>
--	--	--

4. Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура дисциплины

Вид учебной работы	Всего часов	Се- местр 1	Се- местр 2	Се- местр 3	Се- местр 4
Общая трудоемкость	180 (5 з.е.)			180	
Аудиторные занятия (всего)	32			32	
В том числе:					
-лекции	16			16	
-практические занятия	16			16	
-лабораторные занятия	нет			нет	
Самостоятельная работа	148			148	
Курсовая работа	нет			нет	
Курсовой проект	нет			нет	
Вид промежуточной аттестации	Э			Э	

Общая трудоемкость дисциплины составляет **5** зачетных единиц, т.е. **180** академических часов (из них 148 часов – самостоятельная работа студентов). Дисциплина читается на втором курсе в третьем семестре.

Структура дисциплины: лекции – 1 час в неделю (16 часов), практические работы – 1 час в неделю (16 часов), форма контроля – экзамен.

Структура и содержание разделов дисциплины

Структура и содержание разделов дисциплины указаны в **Приложении А** к программе.

4.2 Содержание дисциплины

1. Введение в дисциплину. Основы теории моделирования.

Информирование студентов о виде и форме промежуточной аттестации по дисциплине, сроках ее проведения, условиях допуска к промежуточной аттестации, применяемых видах текущего контроля.

Предмет, цели и задачи дисциплины. Структура курса, его место и роль в подготовке магистра, связь с другими дисциплинами. Область применения математических моделей и результатов моделирования. Теоретические основы построения моделей.

2. Структурные модели. Алгоритм построения структурной математической модели на основе теории графов.

Моделирование точности обработки на металлорежущих станках. Основы размерного анализа технологических процессов.

Маршруты, цепи, пути, циклы. Связность графа. Операции над графами. Матрицы графов.

3. Аналитические и численные методы при разработке математических моделей.

Точность вычислительного эксперимента. Аппроксимация функций. Подбор эмпирических функций. Численное интегрирование. Метод трапеций.

4. Построение структурной математической модели технологического процесса.

Анализ моделируемого технологического процесса. Выявление размерных связей элементов.

Построение структурной схемы технологического процесса.

5. Анализ структурной математической модели технологического процесса.

Технологические размерные цепи. Расчет размерных параметров процесса. Анализ результатов расчета.

6. Математическая статистика в контроле качества.

Точечное и интервальное оценивание параметров распределения размеров после механической обработки. Проверка статистических гипотез о законе распределения случайной величины и о значении параметров распределения в приложении к задачам обеспечения точности обработки.

7. Проверка статистических гипотез.

Понятие ошибок первого и второго рода. Уровень значимости критерия. Мощность критерия. Виды критических областей при использовании нормальной статистики. Проверка гипотезы равенства двух выборочных средних. Проверка гипотезы равенства двух выборочных дисперсий. Проверка гипотезы о принадлежности двух выборок к одной и той же генеральной совокупности.

8. Модели микроуровня и макроуровня.

Проведение текущего контроля знаний студентов.

Модели микроуровня для анализа физических явлений в зоне обработки. Моделирование силового взаимодействия в зоне резания при

изготовлении деталей на станках различного технологического назначения. Модели механических систем на микроуровне. Модели гидравлических систем на микроуровне.

Описание и анализ объекта исследования. Основы моделирования технологических операций. Моделирование упругих деформаций в технологической системе.

9. Моделирование работы технологической системы.

Анализ структуры технологической операции. Моделирование работы технологической системы на примере круглого врезного шлифования.

10. Основы имитационного моделирования.

Системный подход к формированию имитационной модели. Общие требования к разработке имитационной модели. Основы тактического планирования. Использование результатов имитационного моделирования. Выбор способа имитации рассматриваемой ситуации. Методика проведения исследований. Обработка экспериментальных данных.

Основы теории массового обслуживания.

11. Модели метауровня. Анализ работы системы.

Стохастическое моделирование поведения системы как альтернатива теоретическому анализу. Непрерывные случайные величины, их функции распределения.

Виды процессов, описываемые моделями метауровня. Анализ работы агрегата. Анализ работы простейшей системы с отказами и восстановлениями.

12. Основы построения статистических математических модели

Проведение текущего контроля знаний студентов.

Метод наименьших квадратов, корреляционный и регрессионный анализ.

Введение в планирование промышленного эксперимента. Анализ результатов моделирования.

13. Разработка статистической модели технологической операции.

Линейные и нелинейные статистические модели. Построение статистической математической модели технологической операции. Проверка значимости коэффициентов регрессии.

14. Основы теории статистических выводов.

Дисперсионный анализ как основополагающий метод теории статистических выводов. Дисперсионный анализ по одному фактору. Рандомизированные блоки.

Проверка качества подбора модели. Понятие «чистой ошибки» и «ошибки неадекватности». Оценка адекватности модели.

15. Линейное и нелинейное программирование.

Выбор метода оптимизации в зависимости от вида уравнений и ограничений, описывающих задачу. Приведение задачи к стандартной форме. Методы нелинейного программирования в технологических задачах.

16. Выбор оптимального маршрута обработки поверхностей.

Применение математического аппарата динамического программирования при оптимизации маршрута обработки. Направления, перспективы развития математического моделирования в машиностроении. Повышение эффективности машиностроительных производств на базе моделирования технологических процессов.

Структура и содержание дисциплины «Математическое моделирование машин и процессов в машиностроении» приведены в приложении А.

Практические (семинарские) занятия по разделам дисциплины и их методическое обеспечение - приложение Б.

Аннотация рабочей программы дисциплины – приложение В.

5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины

Методика преподавания дисциплины «Математическое моделирование машин и процессов в машиностроении» и реализация компетентного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся:

- подготовка к выполнению практических работ в лабораториях вуза;
 - разбор конкретных ситуаций, просмотра видеоматериалов по определенным темам, их последующий анализ и обсуждение;
 - обсуждение и защита рефератов по дисциплине;
 - подготовка, представление и обсуждение презентаций на семинарских занятиях;
 - организация и проведение текущего контроля знаний студентов в форме письменного тестирования;
 - проведение практических занятий с привязкой темы занятий к решению конкретных задач освоения дисциплины;
 - подготовка к выполнению и защите практических работ;
- более углубленное изучение материала по рекомендуемой преподавателем литературе;
- проведение мастер-классов экспертов и специалистов по методам и средствам измерений, испытаний и контроля.

В рамках учебного курса предусматривается посещение международных выставок: «Машиностроение», «Сборка», «Станкостроение» и т.д.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, составляет не менее 20% аудиторных занятий. В раздел «Самостоятельная работа студентов» включается работа по написанию студентами рефератов по изучаемым темам и их последующая защита. Примерные темы рефератов приведены в приложении Г.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Контроль успеваемости и качества подготовки проводится в соответствии с требованиями "Положения об организации образовательного процесса в московском политехническом университете".

Для контроля успеваемости и качества освоения дисциплины настоящей программой предусмотрены следующие виды контроля:

- контроль текущей успеваемости (текущий контроль);
- промежуточная аттестация.

6.1. Организация и порядок проведения текущего контроля

6.1.1. Формы проведения контроля

Проверка текущего контроля знаний студентов осуществляется с помощью контрольных вопросов, приведенных в приложении Г.

Проведение текущего контроля знаний студентов проводится на восьмой и двенадцатой неделях третьего семестра. Студент письменно отвечает на один вопрос, приведенных в приложении Г, заданный преподавателем. Время для ответа на вопрос не должно превышать 15 мин. Оценка выставляется преподавателем согласно шкале оценивания «зачет», «незачет» и доводится до сведения студентов на следующем занятии.

Студентам, получившим оценку «незачет» или пропустившим текущий контроль, предлагается пройти проверку текущего контроля заново до промежуточной аттестации.

В период проведения практических занятий рабочей программой предусмотрено выполнение студентами всех работ, представленных в приложении Б и представление студентами письменных отчетов по следующим работам:

- Построение структурной математической модели технологического процесса
- Проверка статистических гипотез
- Анализ работы системы

Сроки выполнения практических работ:

- Практическая работа «Построение структурной математической модель технологического процесса» - 4 неделя
- Практическая работа «Анализ структурной математической модели технологического процесса» - 5 неделя;
- Практическая работа «Проверка статистических гипотез» - 6 неделя;
- Практическая работа «Моделирование работы технологической системы» - 7 неделя;
- Практическая работа «Анализ работы системы» - 9 неделя;
- Практическая работа «Разработка статистической модели технологической операции» - 2 часа. – 11 неделя.
- Практическая работа «Проверка чувствительности модели» – 13 неделя.
- Практическая работа «Выбор оптимального маршрута обработки

поверхностей. Динамическое программирование. Направления, перспективы развития математического моделирования в машиностроении» – 16 неделя.

Работы должны быть оформлены и защищены в ходе проведения практических занятий до промежуточной аттестации. Оценка выставляется преподавателем согласно шкале оценивания «зачет», «незачет» и доводится до сведения студентов. При получении оценки «незачет» работа защищается заново до промежуточной аттестации.

Рабочей программой дисциплины предусмотрена подготовка реферата и презентации. Примерные темы рефератов приведены в приложении Г. Студент может подготовить реферат и презентацию по другой теме, при условии соответствия тематике изучаемого курса, предварительно согласовав ее с преподавателем. Объем реферата должен быть не менее 15 страниц и представлен на электронном и бумажном носителях до промежуточной аттестации. Прямое копирование из литературных источников не допускается. Объем презентации должен быть не менее 8 слайдов и представлен на электронном и бумажном носителях до промежуточной аттестации.

6.1.2. Критерии оценивания результатов

Шкала оценивания текущих знаний студентов и ее описание

Шкала оценивания	Описание
Зачет	Студент правильно ответил на заданный вопрос.
Незачет	Студент привел менее 30% материалов, предполагающих правильный ответ на вопрос или не ответил на вопрос.

Шкала оценивания отчетов по практическим работам и ее описание

Шкала оценивания	Описание
-------------------------	-----------------

Зачет	Студент представил письменные отчеты по каждой из правильно выполненных практических работ.
Незачет	Студент не представил письменные отчеты по каждой из правильно выполненных практических работ.

Шкала оценивания реферата и презентации и ее описание

Шкала оценивания	Описание
Зачет	Студент представил реферат и презентацию, охарактеризовал суть проблемы, методы и средства ее решения, а также собственные взгляды на проблему
Незачет	Студент не представил реферат и презентацию или не смог пояснить суть рассматриваемой проблемы

6.2. Промежуточная аттестация. Организация и порядок проведения

6.2.1. Форма проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация проводится в форме, утвержденной учебным планом: в третьем семестре – экзамен и в сроки, установленные утвержденным расписанием экзаменационной сессии.

До даты проведения промежуточной аттестации студент должен выполнить все работы, предусмотренные настоящей рабочей программой дисциплины.

Перечень обязательных работ и форма отчетности по ним представлены в таблице (пример таблицы):

Вид работы	Форма отчетности и текущего контроля
Практические работы (перечень практических работ в приложении Б)	Выполнены практические работы (приложение Б) и оформленные отчеты по каждой из практических работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины в п 6.1.1 с отметкой преподавателя «зачтено».
Реферат и презентация (примерные темы рефератов и презентаций в приложении Г)	Оформленные реферат и презентация на электронном и бумажном носителе с отметкой преподавателя «зачтено».

Если не выполнен один или более видов учебной работы, указанных в таблице, преподаватель имеет право выставить неудовлетворительную оценку по итогам промежуточной аттестации.

6.2.2. Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Шкала оценивания	Описание
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности, не испытывает затруднений при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Хорошо	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует частичное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Удовлетворительно	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.
Неудовлетворительно	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент не может оперировать знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Вопросы для подготовки к промежуточной аттестации в форме экзамена приведены в приложении Г.

6.2.3. Организация и проведение промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация в форме экзамена проводится по билетам в

письменной форме.

Регламент проведения аттестации:

- время для подготовки ответа на вопросы не более 40 мин.;
- время на ответ на заданный вопрос не более 5 мин.

В ходе проведения промежуточной аттестации (экзамен) преподаватель может задавать дополнительные вопросы по материалу дисциплины.

Экзаменационный билет содержит два вопроса, один из которых может включать задачу.

Экзаменационные билеты хранятся на кафедре и в материалах рабочей программы дисциплины не размещаются.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Кузьмин В.В. Схиртладзе А.Г. Математическое моделирование технологических процессов сборки и механической обработки изделий машиностроения. М.: Высшая школа, 2008
2. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем. М.: Высшая школа, 2007.
3. Черепашков А.А. Носов Н.В. Компьютерные технологии, моделирование, автоматизированные системы в машиностроении. Волгоград: Издательский Дом «Ин-Фолио», 2009-640 с.

б) дополнительная литература:

1. Берикашвили В.Ш., Оськин С.П. Статистическая обработка данных, планирование эксперимента и математическое описание случайных процессов. М.: МГОУ. 2013
2. Суслов А.Г. «Технология машиностроения»: Учебник для вузов. 2007.- 430 с., М.: Издательство: Машиностроение, ил.
3. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: Юрайт, 2013
4. «Технология автомобилестроения" Под ред. Дашенко А.И. и др. Учебник для вузов. М., Академический Проект: Трикста, 2005 – 624 с.
5. Петухов С.Л., Бухтеева И.В., Холодкова А.Г., Аббясов В.М. Регрессионные математические модели в автотракторостроении. Учебное пособие №3049. М.: Университет машиностроения. 2014 –46 с.
6. Петухов С.Л., Бухтеева И.В. Повышение корректности размерного анализа с учетом возмущающих факторов в автомобилестроении. Учебное пособие №3156. М.: Университет машиностроения. 2015–72 с.
7. Петухов С.Л., Васильев А.Н., Бухтеева И.В. Математические модели в машиностроении. Учебное пособие. М.: Мосполитех, 2017 – 93 с.

в) методические указания к практическим работам:

- Петухов С.Л., Кравец Е.В. Варианты заданий к РГР. МУ № 2339
- Кравец Е.В., Петухов С.Л., Дмитриев Ю.М.
Эмпирические функции распределения. МУ № 2359
- Петухов С.Л., Поседко В.Н., Дмитриев Ю.М., Кравец Е.В.
Оценка точности вычислений по данным выборки. МУ № 2761
- Петухов С.Л., Поседко В.Н., Дмитриев Ю.М., Кравец Е.В.
Построение доверительных интервалов. МУ № 2705
- Петухов С.Л., Дмитриев Ю.М., Кравец Е.В. Проверка гипотез о законе распределения. Критерий Пирсона. МУ № 2693
- Кравец Е.В., Петухов С.Л. Линейное и динамическое программирование. МУ 2241

г) программное обеспечение и интернет-ресурсы:

1. www.wikipedia.ru – свободная энциклопедия;
2. www.znanium.com - ЭБС «ZNANIUM.COM»;
3. www.biblio-online.ru - ЭБС «ЮРАЙТ»;
4. www.prlib.ru - Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина;
5. www.cyberleninka.ru - Научная электронная библиотека «КИБЕРЛЕНИНКА»;
6. polpred.com - ЭБС «Polpred»
7. e.LIBRARY.ru - Научная электронная библиотека;
8. www.biblioclub.ru - ЭБС «Университетская библиотека онлайн»;
9. www.e.lanbook.com - ЭБС «Издательства Лань».

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

Практические занятия проводятся в специализированных аудиториях и лабораториях кафедры «Технологии и оборудование машиностроения», оснащенных компьютерной и мультимедийной техникой, позволяющей демонстрировать материалы видео материалы; современным оборудованием и контрольно-измерительной техникой; используются раздаточные материалы, иллюстрирующие конструкции рассматриваемых сборочных единиц, схемы технологических комплексов и линий.

9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа является одним из видов учебных занятий. Цель самостоятельной работы – практическое усвоение студентами вопросов математического моделирования в машиностроении, рассматриваемых в процессе изучения дисциплины.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия

Задачи самостоятельной работы студента:

- развитие навыков самостоятельной учебной работы;
- освоение содержания дисциплины;
- углубление содержания и осознание основных понятий дисциплины;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий для эффективной подготовки к экзамену.

Виды внеаудиторной самостоятельной работы:

- самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины;
- подготовка к практическим занятиям;
- выполнение домашних заданий по закреплению тем;
- выполнение домашних заданий по решению типичных задач и упражнений;
- составление и оформление докладов и рефератов по отдельным темам программы;
- научно-исследовательская работа студентов;
- участие в тематических дискуссиях, студенческих конференциях.

Для выполнения любого вида самостоятельной работы необходимо пройти следующие этапы:

- определение цели самостоятельной работы;
- конкретизация познавательной задачи;
- самооценка готовности к самостоятельной работе;
- выбор адекватного способа действия, ведущего к решению задачи;
- планирование работы (самостоятельной или с помощью преподавателя) над заданием;
- осуществление в процессе выполнения самостоятельной работы самоконтроля (промежуточного и конечного) результатов работы и корректировка выполнения работы;
- рефлексия;
- презентация работы.

Вопросы, выносимые на самостоятельную работу

Роль статистических методов контроля и управления качеством продукции в повышении эффективности машиностроительного производства. Инструменты обеспечения качества продукции (ОПК-5)

Виды математических моделей (ОПК-5)

Эмпирические функции распределения (ОПК-6)

Точность вычислительного эксперимента (ОПК-6)

Способы построения теоретических моделей (ОПК-6)

Динамическая модель технического объекта на макроуровне (ОПК-6)

Методика выделения существенных факторов (ОПК-5).

Подготовка к решению инженерных задач на базе проверки гипотез случайности выборки и нормальности распределения (ОПК-5)

Основы теории статистических выводов (ОПК-5)

Моделирование управления производительностью обработки (ОПК-6)

10. Методические рекомендации для преподавателя

Основное внимание при изучении дисциплины «Математическое моделирование машин и процессов в машиностроении» следует уделять изучению основных понятий в области моделирования технологических операций и процессов.

При подготовке и проведении практических занятий необходимо акцентировать внимание на теоретических основах моделирования систем, подробно рассмотреть алгоритм статистического моделирования.

Теоретическое изучение основных вопросов разделов дисциплины должно завершаться практической работой.

Для активизации учебного процесса при изучении дисциплины эффективно применение презентаций по различным темам практических занятий. Для проведения занятий по дисциплине используются средства обучения:

- учебники, информационные ресурсы интернета;
- справочные материалы и нормативно-техническая документация;
- методические указания для выполнения практических работ.

11. Приложения

А. Структура и содержание дисциплины

Б. Тематика практических (семинарских) занятий

В. Аннотация рабочей программы дисциплины

Г. Фонд оценочных средств

**Структура и содержание дисциплины «Математическое моделирование машин и процессов в машиностроении»
по направлению подготовки 15.04.01 «Машиностроение»**

Раздел	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость в часах					Виды самостоятельной работы студентов					Формы аттестации		
			Л	П/С	Лаб	СРС	КСР	К.Р.	К.П.	РГР	Реферат	К/р	Э	З	
1. Введение в дисциплину. Основы теории моделирования	3	1	2			4									
2. Структурные модели. Алгоритм построения структурной математической модели на основе теории графов	3	2	2			12									
3. Аналитические и численные методы при разработке математических моделей	3	3	2			16									
4. Построение структурной математической модели технологического процесса	3	4		2		8									
5. Анализ структурной математической модели технологического процесса	3	5		2		4									
6. Математическая статистика в контроле качества	3	6		2		4					+				
7. Проверка статистических гипотез	3	7		2		12					+				
8. Модели микроуровня и макроуровня	3	8	2			16					+				
9. Моделирование работы технологической системы	3	9		2		8					+				
10. Основы имитационного моделирования	3	10	2			8					+				
11. Модели метауровня. Анализ работы системы	3	11		2		4					+				
12. Основы построения статистической математические модели	3	12	2			12					+				

13. Разработка статистической модели технологической операции	3	13		2		8					+			
14. Основы теории статистических выводов	3	14	2			16					+			
15. Линейное и нелинейное программирование	3	15	2			8					+			
16. Выбор оптимального маршрута обработки поверхностей. Динамическое программирование. Направления, перспективы развития математического моделирования в машиностроении.	3	16		2		8					+			
ИТОГО:			16	16		148					Один реферат		+	

Заведующий кафедрой «Технологии и оборудование машиностроения»
доцент, к.т.н.

А.Н. Васильев

Тематика практических занятий по дисциплине «**Математическое моделирование машин и процессов в машиностроении**»

Направление подготовки **15.04.01 Машиностроение**

Профиль подготовки

Комплексные высокоэффективные технологии машиностроения
(магистр)

очная форма обучения

3 семестр - 16 часов

№ ^п / _п	Раздел дисциплины	Методическое обеспечение занятий	Количество часов
1	Построение структурной математической модели технологического процесса	Информирование студентов о виде и форме промежуточной аттестации по дисциплине, сроках ее проведения, условиях допуска к промежуточной аттестации, применяемых видах промежуточного контроля. Назначение и задачи моделирования и оптимизации в машиностроении. Варианты заданий к практическим занятиям. МУ № 2339 Математические модели в машиностроении. Учебное пособие.	2
2	Анализ структурной математической модели технологического процесса	Математические модели в машиностроении. Учебное пособие.	2
3	Проверка статистических гипотез	Эмпирические функции распределения. МУ № 2359 Оценка точности вычислений по данным выборки. МУ № 2761	2

		Построение доверительных интервалов. МУ № 2705	
4	Моделирование работы технологической системы	Регрессионные математические модели в автотракторостроении. Учебное пособие №3049	2
5	Анализ работы системы	Проверка гипотез о законе распределения. Критерий Пирсона. МУ № 2693	2
6	Разработка статистической модели технологической операции	Регрессионные математические модели в автотракторостроении. Учебное пособие №3049	2
7	Проверка чувствительности модели	Решение задач	2
8	Выбор оптимального маршрута обработки поверхностей. Динамическое программирование. Направления, перспективы развития математического моделирования в машиностроении.	Линейное и динамическое программирование МУ 2241	2

Составитель:

доцент, к.т.н.

С.Л. Петухов

Аннотация рабочей программы дисциплины

1. Название, назначение, структура, содержание дисциплины

1	Наименование дисциплины по учебному плану	Математическое моделирование технологических машин и процессов в машиностроении
2	Направление подготовки	15.04.01 Машиностроение
3	Образовательная программа (профиль подготовки)	Машины и технологии высокоэффективных процессов обработки
4	Уровень и форма обучения	Магистр, очная
5	Семестр обучения	3
6	Трудоёмкость по уч. плану (з.е.) Всего зачётных единиц Всего часов, из них: Аудиторные занятия, в том числе: - лекции - семинары и практические занятия(П/С)	5 180 часа 32 часа 16 часов 16 часов
7	Виды самостоятельной работы студентов: курсовой проект (КП), курсовая работа (КР), расчётно-графическая работа (РГР), реферат (РФ).	РФ
8	Формы аттестации: экзамен (Э), зачёт (З), другие	Э
9	Основные разделы дисциплины: Введение в дисциплину. Основы теории моделирования Структурные модели. Алгоритм построения структурной математической модели на основе теории графов Аналитические и численные методы при разработке математических моделей Построение структурной математической модели технологического процесса Анализ структурной математической модели технологического процесса Математическая статистика в контроле качества Проверка статистических гипотез	

<p> Модели микро- и макроуровня Моделирование работы технологической системы. Основы имитационного моделирования Модели метауровня. Анализ работы системы Основы построения статистической математические модели Разработка статистической модели технологической операции Основы теории статистических выводов Проверка чувствительности модели Линейное и нелинейное программирование Выбор оптимального маршрута обработки поверхностей Динамическое программирование. Направления, перспективы развития математического моделирования в машиностроении </p>

2. Требования к начальной подготовке и результатам освоения дисциплины

1	Требования к уровню подготовки к изучению дисциплины:	Уровень знаний магистра
1.1	Наличие специальных компетенций	Не требуется
1.2	Должен знать	<p> Основы теории моделирования машин и процессов в машиностроении; типовые технологические процессы обработки поверхностей и деталей машин; аналитические и численные методы решения инженерных задач; методы разработки и анализа математических моделей технологических операций и процессов; основы методологии проведения исследований; методы статистического моделирования и управления точностью процессов изготовления машин; методы теоретического и экспериментального исследования в области машиностроительного и металлообрабатывающего </p>

		<p>производства с использованием современных методов планирования эксперимента, средств вычислительной техники</p>
1.3	Должен уметь	<p>Применять методы математического моделирования для осуществления производственно-технологической деятельности;</p> <p>организовывать проведение экспериментов с предварительным анализом их результатов;</p> <p>использовать методы структурного и регрессионного анализа процессов в машиностроении;</p> <p>применять методы статистического моделирования в машиностроении.</p>
1.4	Должен владеть	<p>методами повышения эффективности производства на базе разработки и анализа математических моделей технологических операций и процессов;</p> <p>методами проведения обследования действующих машиностроительных и металлообрабатывающих производств и оценки их уровня;</p> <p>методами статистического моделирования и управления точностью обработки и осуществления технического контроля;</p> <p>методами анализа</p>

		<p>причин возникновения дефектов и брака выпускаемой продукции и разработки мероприятий по их предупреждению;</p> <p>методами и средствами теоретического и экспериментального исследования технологических процессов машиностроительных и металлообрабатывающих производств.</p>
2	Результаты освоения дисциплины	<ul style="list-style-type: none"> - эффективное применение математического моделирования технологических операций и процессов с использованием современных информационных технологий; - способность выбирать аналитические и численные методы при решении инженерных задач; - разработка математических моделей, позволяющих исследовать качество технологических процессов; - применение высокоэффективных методов и средств управления качеством, позволяющих модифицировать математические модели и осуществлять корректировку выполнения операций технологического процесса; - управление технологическими процессами на основе статистического анализа

		<p>процессов формирования параметров качества изделий;</p> <ul style="list-style-type: none"> - обработка экспериментального материала с последующей оценкой и представления результатов выполненной работы; - участие в разработке программ учебной дисциплины на основе изучения научной, технической и научно-методической литературы, а также собственных результатов исследования; - участие в модернизации отдельных практикумов по дисциплине; - участие в проведении практических занятий.
2.1.	Будут сформированы компетенции в соответствии с ФГОС и учебным планом	ОПК-5; ОПК-6
2.2.	Учащийся приобретёт знания и умения:	<p>методологию математического моделирования машин, технологических операций и процессов;</p> <ul style="list-style-type: none"> методы разработки и анализа математических моделей технологических операций и процессов; способы сбора, обработки и интерпретации экспериментального материала; методы статистического моделирования и управления точностью процессов изготовления машин;

		<p>методы теоретического и экспериментального исследования в области машиностроительного производства с использованием современных методов планирования и организации эксперимента;</p> <p>эффективно применять методы математического моделирования для осуществления производственно-технологической деятельности;</p> <p>использовать современные информационно-коммуникационные технологии в научно-исследовательской деятельности;</p> <p>применять методы статистического моделирования в машиностроении.</p>
2.3.	Учащийся овладеет навыками:	<p>математического моделирования операций и процессов на базе использования математических аппаратов структурного, регрессионного и дисперсионного анализа;</p> <p>использования аналитических и численных методов при разработке математических моделей;</p> <p>статистического управления точностью обработки и осуществления технического контроля;</p> <p>анализа причин возникновения дефектов и</p>

		брака выпускаемой продукции и разработки мероприятий по их предупреждению; использования информационных ресурсов в научно-исследовательской деятельности; оценки и представления результатов выполненной работы.
--	--	--

В результате освоения дисциплины «Математическое моделирование машин и процессов в машиностроении» будут сформированы компетенции ОПК-5; ОПК-6 в соответствии с ФГОС и учебным планом.

3. Составитель(и) программы: доц., к.т.н. Петухов С.Л.

4. Программа утверждена на заседании учебно-методической комиссии машиностроительного факультета « ____ » _____ 2022 года

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования

Московский политехнический университет

Направление подготовки:

15.04.01 «Машиностроение»

ОП (профиль): **«Комплексные высокоэффективные технологии
машиностроения»**

Кафедра «Технологии и оборудование машиностроения»

ФОНД

ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

**Математическое моделирование машин и процессов в
машиностроении**

Состав: 1. Паспорт фонда оценочных средств

2. Описание оценочных средств:

Приложение 1 ФОС Контрольные вопросы

Приложение 2 ФОС Примерные темы рефератов

Приложение 3 ФОС Вопросы для промежуточной аттестации

Составитель:

к.т.н., доц. Петухов С.Л.

Москва 2022 год

Таблица 1. Перечень компетенций, формируемых дисциплиной

Направление подготовки: 15.04.01 Машиностроение		ОП (профиль): Машины и технологии высокоэффективных процессов обработки											
Код компетенции	Описание компетенции	Название дисциплины по учебному плану	Семестры изучения дисциплин										
1	2	3	4										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
ОПК-5	Способность разрабатывать аналитические и численные методы при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов	Математическое моделирование машин и процессов в машиностроении			*								
ОПК-6	Способность использовать современные информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в научно-исследовательской деятельности												

Таблица 2 Паспорт ФОС по дисциплине «Математическое моделирование машин и процессов в машиностроении»

Код компетенции	Элементы компетенции (части компетенции)	Контролируемые модули, разделы (темы) дисциплины	Периодичность контроля	Виды контроля	Способы контроля	Средства контроля

		-ны по рабочей программ е				
1	2	3	4	5	6	7
ОПК -5	<p>Знания: основы теоретико-вероятностного математического аппарата; способы сбора, обработки и интерпретации экспериментального материала с использованием современных информационных технологий; методологию статистического управления качеством высокотехнологичных производств; методы разработки и анализа статистических моделей технологических операций и процессов; методы теоретического и экспериментального исследования в области статистического управления качеством технологических операций и процессов.</p>	Все разделы	ТЕК На каж- дом за- нятии	Тестиро- вание Отчеты по прак- тическим работам Рефераты	П П Р	Конт- рольные вопросы Отчеты Реферат
	<p>Умения: эффективно применять методы математического моделирования для осуществления производственно-технологической деятельности; применять</p>	Все разделы	На каж- дом за- нятии	Отчеты по прак- тическим работам Рефераты	Р	Отчеты Реферат

	<p>современные методы исследования, проводить оценку и представлять результаты выполненной работы;</p> <p>использовать современные информационно-коммуникационные технологии в научно-исследовательской деятельности;</p> <p>применять методы статистического моделирования в машиностроении.</p>					
	<p>Навыки:</p> <p>теоретического и экспериментального исследований высокотехнологичных машиностроительных производств;</p> <p>контроля и регулирования технологических процессов и обеспечение их эффективного функционирования;</p> <p>навыки использования аналитических и численных методов при разработке математических моделей;</p> <p>анализа причин возникновения дефектов и брака выпускаемой продукции и разработки мероприятий по их предупреждению.</p>	<p>Все разделы</p>	<p>На каждом занятии</p>	<p>Отчеты по практическим работам</p>	<p>П</p>	<p>Отчеты</p>

ОПК -6	<p>Знания:</p> <p>методы и технологические процессы обработки поверхностей и деталей машин, особенности современных методов обработки;</p> <p>аналитические и численные методы, используемые при разработке математических моделей изделий машиностроения;</p> <p>методы проектирования технологических процессов (в том числе с элементами САПР);</p> <p>алгоритмы проверки адекватности математических моделей;</p> <p>методы статистического моделирования и управления точностью процессов изготовления машин;</p> <p>методы теоретического и экспериментального исследования в области машиностроительного производства с использованием современных методов и средств научных исследований.</p>	Все разделы	ТЕК На каждом занятии	Тестирование Отчеты по практическим работам Рефераты	П П Р	Контрольные вопросы Отчеты Реферат
	<p>Умения:</p> <p>эффективно применять методы математического моделирования для осуществления производственно-</p>	Все разделы	На каждом занятии	Отчеты по практическим работам Рефераты	П	Отчеты

	<p>технологической деятельности; применять современные методы исследования, проводить оценку и представлять результаты выполненной работы; использовать современные информационно-коммуникационные технологии в научно-исследовательской деятельности; применять методы статистического моделирования в машиностроении.</p>				Р	Реферат
	<p>Навыки: использования информационных ресурсов в научно-исследовательской деятельности; статистического управления точностью обработки и осуществления технического контроля; анализа причин возникновения дефектов и брака выпускаемой продукции и разработки мероприятий по их предупреждению.</p>	Все разделы	На каждом занятии	Отчеты по практическим работам	П	Отчеты

Перечень оценочных средств

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
-------	----------------------------------	--	---

1.	Отчеты по практическим работам	Средство проверки знаний и умений, необходимых для решения расчетных задач	Темы практических работ представлены в приложении Б. Шкала оценивания и процедура применения в п. 6 РП
2.	Контрольные вопросы	Средство контроля знаний, получаемых в ходе освоения дисциплины	Контрольные вопросы представлены в приложении 1 ФОС
4.	Реферат	Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа рассматриваемой темы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на нее	Примерные темы рефератов представлены в приложении 2 ФОС
5.	Вопросы для промежуточной аттестации	Средство проверки знаний, умений навыков. При проведении зачета студенту предлагается ответить на два вопроса.	Вопросы для промежуточной аттестации представлены в приложении 3 ФОС. Шкала оценивания и процедура применения в п. 6 РП.

Приложение 1 ФОС

Перечень контрольных вопросов для проверки текущих знаний студентов по освоению дисциплины «Математическое моделирование машин и процессов в машиностроении»:

1. Что понимается под объектом моделирования
2. Понятие технологического обеспечения качества
3. Что такое математическая модель
4. Понятие статистической модели
5. Методы построения теоретических моделей
6. Дайте классификацию процессов как объектов моделирования
7. Чем отличаются стохастические процессы от детерминированных
8. Опишите постановку задачи моделирования в общем виде
9. Дайте общую классификацию математических моделей
10. Основные этапы моделирования систем
11. Что понимают под структурно-параметрическим описанием объекта моделирования
12. В чем состоит различие между линейными и нелинейными моделями
13. Приведите пример структурной модели процесса
14. Дайте классификацию моделируемых процессов по характеру их протекания
15. Перечислите основные этапы построения математической модели.
16. Опишите метод активного и пассивного эксперимента. Чем они отличаются
17. Численные методы при разработке математических моделей
18. Эмпирические функции распределения
19. Алгоритм построения структурной модели процесса
20. Регрессионная математическая модель процесса
21. В чем состоит идея метода аналогий
22. Опишите экспериментально-статистический метод моделирования
23. Модели каких процессов описываются дифференциальными уравнениями
24. Сформулируйте, в чем заключается задача регрессионного анализа
25. Назовите числовые характеристики случайной величины
26. Выделение существенных факторов процесса
27. Интерпретация результатов моделирования
28. Точечное и интервальное оценивание
29. Опишите суть метода наименьших квадратов
30. Проверка гипотезы о законе распределения случайной величины
31. Что такое корреляция
32. Как строится линия регрессии
33. Опишите метод построения гистограммы
34. Проверка гипотезы случайности выборки
35. Сформулируйте задачу оптимизации
36. Как определить норму времени на операцию

37. Статистический способ принятия решений
38. Методы генерирования вариантов технологических комплексов
39. Методы поиска оптимума функции
40. Линейное программирование
41. Понятие целевой функции
42. Вероятностный способ принятия решений
43. Динамическое программирование
44. Вероятностно-статистический способ принятия решений
45. Проверка качества подбора модели
46. Методика выполнения дисперсионного анализа
47. Анализ чувствительности математической модели
48. Планы для подбора модели первого порядка
49. Сформулируйте общую задачу оптимизации.
50. Мощность дисперсионного анализа
51. Модель постоянных эффектов
52. Охарактеризуйте основные направления применения методов оптимизации в инженерной деятельности.
53. Приведите примеры оптимизационных задач из практики
54. Дайте классификацию задач оптимизации
55. Расчет коэффициентов регрессии
56. Модель случайных эффектов
57. Преимущества и недостатки математического моделирования
58. Проверка равенства нескольких дисперсий
59. Что такое структурная оптимизация
60. Сформулируйте общую задачу линейного программирования.
61. Статистические оценки и их свойства
62. Построение доверительного интервала
63. Проверка адекватности модели
64. Критерии оценки технологических комплексов
65. Основные методы представления математической модели изделия

Примерные темы рефератов по дисциплине «Математическое моделирование машин и процессов в машиностроении»:

- Математическое моделирование – основа непрерывного улучшения качества продукции (ОПК-5)
- Статистическое моделирование процессов в машиностроении (ОПК-6)
- Основы построения теоретических математических моделей на макроуровне (ОПК-6)
- Основные этапы моделирования технологических систем (ОПК-6)
- Структурные математические модели – инструмент повышения эффективности технологической подготовки производства (ОПК-6)
- Теоретические основы статистического моделирования процессов (ОПК-5)
- Динамическое программирование (ОПК-6)
- Проверка статистических гипотез (ОПК-5)
- Теоретические основы использования статистических методов в инженерной практике (ОПК-5)
- Пути повышения достоверности прогноза точности обработки (ОПК-2)
- Регрессионный анализ как инструмент построения математической модели процесса (ОПК-6)
- Построение математической модели агрегата (ОПК-6)
- Дисперсионный анализ – основополагающий метод теории статистических выводов (ОПК-5)
- Линейное программирование (ОПК-5)
- Чувствительность математических моделей (ОПК-6)
- Основы построения математических моделей на микроуровне (ОПК-5)
- Разработка математической модели системы (ОПК-6)

Вопросы для промежуточной аттестации по дисциплине
«Математическое моделирование машин и процессов в машиностроении»:

1. Классификация математических моделей
2. Алгоритм построения структурной математической модели
3. Дискретные и непрерывные случайные величины
4. Линейное программирование. Пример задачи о планировании
Производства
5. Моделирование технологической операции на примере круглого врезного
Шлифования
6. Динамическое программирование
7. Оценка адекватности модели
8. Числовые характеристики случайной величины
9. Логарифмически-нормальное распределение
10. Дифференциальная функция закона нормального распределения и ее
свойства
11. Интегральная функция закона нормального распределения и ее
свойства
12. Регрессионные математические модели
13. Планы для подбора математической модели первого порядка
14. Проверка статистических гипотез. Ошибки первого и второго рода
15. преимущества и недостатки математического моделирования
16. Статистические оценки: состоятельные, смещенные (несмещенные),
эффективные
17. Планы для подбора математической модели второго порядка
18. Математические модели метауровня. Анализ работы агрегата
19. Математические модели метауровня. Анализ работы системы
20. Основы теории принятия решений
21. Методика выполнения дисперсионного анализа
22. Корреляционный анализ
23. Модели постоянных и случайных эффектов
24. Алгоритм построения регрессионной математической модели процесса
25. Выбор оптимального маршрута обработки поверхностей на основе
теории графов
26. Построение доверительного интервала
27. Методы выделения существенных факторов
28. Системный подход к формированию имитационной модели
29. Способы исследования систем
30. Основы тактического планирования
31. Общие требования к разработке имитационной модели
32. Выбор способа имитации рассматриваемой ситуации

33. Моделирование упругих деформаций в технологической системе
34. Модель гидравлической системы на микроуровне
35. Модель механической системы на микроуровне
36. Способы построения теоретических моделей
37. Динамическая модель технического объекта на макроуровне
38. Моделирование силового взаимодействия в зоне резания металла
39. Точность вычислительного эксперимента
40. Численное интегрирование. Метод трапеций
41. Численное интегрирование. Метод прямоугольников
42. Анализ точности обработки с помощью кривых нормального распределения
43. Проверка гипотезы случайности выборки
44. χ^2 – распределение
45. Проверка гипотезы нормальности распределения
46. Анализ чувствительности математической модели
47. Мощность дисперсионного анализа
48. Модели постоянных и случайных эффектов
49. основные понятия теории графов. Маршруты, цепи, пути, циклы
50. Операции над графами. Связность графа
51. Построение доверительного интервала для дисперсии
52. Точечное и интервальное оценивание параметров распределения
53. Основы теории массового обслуживания
54. Виды процессов, описываемые моделями метауровня
55. Методы нелинейного программирования в технологических задачах
56. Дисперсионный анализ по одному фактору
57. Рандомизированное полноблочное планирование
58. F – распределение
59. Проверка значимости коэффициентов регрессионной модели
60. Формы представления математической модели изделия