Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 12.10.2023 12:17:33
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

ВЫПИСКА ИЗ ПРОТОКОЛА

29.08.2019 № 1-19/20

заседания кафедры «Технологии и оборудование машиностроения»

Зав. кафедрой – *к.т.н., доцент А.Н. Васильев*
Секретарь – *к.т.н., проф. Б.В. Шандров*

Повестка дня:

1. **СЛУШАЛИ:** Вопрос актуализации рабочих программ дисциплин по специальности 15.05.01 «Проектирование технологических машин и комплексов», ОП (специализация): «Проектирование технологических комплексов в машиностроении».

ВЫСТУПИЛИ: руководитель ОП "Проектирование технологических комплексов в машиностроении" доцент Аббясов В.М. о возможности использования РПД 2018 года по дисциплине "Математическое моделирование в машиностроении" для обучения студентов по образовательной программе набора 2019 года по специальности 15.05.01 «Проектирование технологических машин и комплексов», ОП (специализация): «Проектирование технологических комплексов в машиностроении».

ПОСТАНОВИЛИ:

Считать содержание рабочей программы актуальным и возможным использовать рабочую программу дисциплины "Математическое моделирование в машиностроении", утверждённую в 2018 году (13.09.2018г., протокол №11) для обучения студентов 2019 года набора по специальности 15.05.01 «Проектирование технологических машин и комплексов», ОП (специализация): «Проектирование технологических комплексов в машиностроении».

Заведующий кафедрой _____ / А.Н. Васильев /
подпись Ф.И.О.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета машиностроения

_____ /**Е. В. Сафонов** /
«13» сентября 2018 г.

Рабочая программа дисциплины

«Математическое моделирование в машиностроении»

Специальность
15.05.01 «Проектирование технологических машин и комплексов»

Специализация
«Проектирование технологических комплексов в машиностроении»

Квалификация (степень) выпускника
Инженер

Форма обучения
Очная

Москва 2018

36

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по специальности 15.05.01 «Проектирование технологических машин и комплексов», специализация «Проектирование технологических комплексов в машиностроении».

Программу составил:

_____ доц., к.т.н. Петухов С.Л.

Программа дисциплины «Математическое моделирование в машиностроении» по специальности 15.05.01 «Проектирование технологических машин и комплексов» утверждена на заседании кафедры «Технологии и оборудование машиностроения»

«28» 08 2018 г., протокол № 1

Заведующий кафедрой _____ /Васильев А.Н./

Программа согласована с руководителем образовательной программы

_____ /Аббясов В.М./

«29» 08 2018 г.

Программа утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета машиностроения

Председатель комиссии _____ / Васильев А.Н./

«13» 09 2018 г. Протокол: №11

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины являются приобретение студентами обучающимися по программе специалитета по специальности «Проектирование технологических машин и комплексов» знаний, умений и навыков, позволяющих осуществлять профессиональную производственно-технологическую деятельность.

Для достижения этой цели при обучении студентов дисциплине «Математическое моделирование технологических процессов» изучаются современные проблемы и перспективы повышения эффективности статистического управления качеством технологических процессов и выпускник, освоивший программу специалитета готов решать следующие профессиональные задачи:

- расчет и проектирование технологических процессов и оборудования;
- использование новых технологий и средств автоматизации, применяемых в автоматизированных технологических комплексах;
- 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 и создания новых высокоэффективных методов сборки.
- применение высокоэффективных и высокоточных методов и средств контроля, позволяющих модифицировать статистические 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 и разработки новых инженерных решений;
- 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 специалитета. Связь дисциплины с другими модулями (дисциплинами) учебного плана)

Дисциплина относится к вариативной части блока 1.

Для успешного изучения данной дисциплины, обучающиеся должны

предварительно изучить предметы, относящиеся к блокам Б.1.1 «Базовая часть»: «Математика», «Информационные технологии», «основы технологии машиностроения», «Управление техническими системами»; Б.1.2 «Вариативная часть»: «Основы теории надежности технологических машин и комплексов», «Технология автоматизированного производства», «Оборудование машиностроительных производств»; Б.1.3 «Дисциплины по выбору»: «Математическая статистика в технике», «Роботизированные технологические машины и комплексы», «Технологическая подготовка производства».

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине «Математическое моделирование технологических процессов», соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы специалитета

Приобретение студентами знаний, умений и навыков, позволяющих осуществлять профессиональную деятельность по статистическому управлению качеством технологических процессов в машиностроении с использованием современных технологий проведения научных исследований, управления технологическими процессами на основе статистического анализа процессов формирования качества изделий, использовать новые алгоритмы и технологии, применяемые в автоматизированных технологических комплексах.

В результате освоения дисциплины «Математическое моделирование технологических процессов» у обучающегося формируются следующие компетенции:

- владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыками работы с компьютером как средством управления информацией (ОПК-2);
- способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности (ОПК-3);
- способность применять стандартные методы расчета при проектировании машин, электроприводов, гидроприводов, средств гидропневмоавтоматики, систем, различных комплексов, процессов, оборудования и производственных объектов, деталей и узлов машиностроения (ПК-14).

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине:

ОПК-2

Знать:

основы теоретико-вероятностного математического аппарата;

способы сбора, обработки и интерпретации экспериментального материала с использованием современных информационных технологий;

систему организации мероприятий по улучшению качества продукции;

методологию построения обобщенных вариантов решения проблемы и анализа этих вариантов.

Уметь:

разрабатывать, исследовать и внедрять системы управления качеством продукции машиностроения

использовать методы статистического математического моделирования при решении инженерных задач;

эффективно применять системы статистического управления качеством технологических операций и процессов в машиностроении;

анализировать модели систем управления качеством и находить оптимальные решения в условиях многокритериальности и неопределенности.

Владеть:

методами и средствами теоретического и экспериментального исследования технологических операций и процессов;

системным подходом к разработке и совершенствованию моделей систем статистического управления качеством технологических процессов;

методами и средства исследования и разработки систем управления качеством технологических процессов и обеспечение их эффективного функционирования;

навыками использования информационно-коммуникационных технологий.

ОПК-3

Знать:

методологию статистического управления качеством технологических операций и процессов;

методы и технологические процессы обработки поверхностей и деталей машин, особенности современных методов обработки и сборки;

методы разработки и анализа статистических моделей технологических операций и процессов;

методы теоретического и экспериментального исследования в области статистического управления качеством технологических операций и процессов.

Уметь:

обобщать, анализировать и систематизировать методы управления точностью процессов изготовления машин на базе использования математического аппарата статистического управления качеством деталей и технологических процессов;

применять системы статистического управления качеством в машиностроении;

прогнозировать причин возникновения брака выпускаемой продукции и разрабатывать мероприятий по их предупреждению;

формулировать рекомендации по практическому использованию результатов исследований.

Владеть:

методами и средствами теоретического и экспериментального исследования технологических процессов машиностроительных производств;

методами повышения эффективности производства на базе разработки и анализа систем статистического управления качеством технологических процессов;

методами проведения обследования действующих машиностроительных производств и оценки их уровня;

методами статистического моделирования и управления точностью обработки и осуществления технического контроля;

методами анализа причин возникновения дефектов и брака выпускаемой продукции и разработки мероприятий по их предупреждению.

ПК - 14

Знать:

основы стандартных методов расчета при проектировании машин;

основы стандартных методов расчета при проектировании приводов, различных комплексов и процессов;

методологию управления качеством продукции машиностроения;

методы разработки и анализа моделей технологических операций и процессов;

методы теоретического и экспериментального исследования в области управления качеством продукции машиностроения.

Уметь:

применять стандартные методы расчета при проектировании машин;

применять стандартные методы расчета при проектировании приводов, различных комплексов и процессов;

использовать теоретико-вероятностный математический аппарат для решения инженерных задач;

анализировать корректность используемых методов расчета при проектировании машин и комплексов;

применять системы статистического управления качеством в машиностроении;

формулировать рекомендации по практическому использованию результатов расчета при разработке машин и комплексов.

Владеть:

стандартными методами расчета при проектировании машин;

стандартными методами расчета при проектировании приводов, различных комплексов и процессов;

основами теоретико-вероятностного математического аппарата для решения инженерных задач;

методологией математического моделирования систем.

4. Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет четыре зачетных единицы – 144 часа, из них 54 часа аудиторные, а именно: лекции 18 часов, семинарские (практические) занятия – 36 часов и самостоятельная работа студентов – 90 часов.

Изучение дисциплины предусматривается учебным планом на пятом курсе в десятом семестре с формой отчетности в виде экзамена.

4.2 Содержание дисциплины

1. Введение в дисциплину. Система и ее виды. Виды моделей системы. Структурные математические модели

Основные термины. Изделие и его виды. Задачи производства. Понятие о системе. Элементы системы и характер связи между ними. Виды систем. Техническая и технологическая системы, их особенности и структуры. Классификация математических моделей. Преимущества и недостатки математического моделирования. Понятие об адекватности модели. Основные этапы моделирования систем.

Основные понятия теории графов. Анализ качества структурных схем. Методология размерного анализа изделия. Выявление значимых размерных связей изделия. Аналитические зависимости для расчета функционального показателя изделия.

2. Статистическое моделирование систем

Основные положения теории вероятностей. Элементарное событие, операции над событиями. Функции распределения. Схемы образования случайных величин. Основные понятия математической статистики. Генеральная совокупность. Выборка из нормально распределенной

генеральной совокупности. Основы теории оценок. Методика сбора и оценки статистических данных.

3. 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.

4. Модели микроуровня и макроуровня

Основы построения математических моделей на микроуровне. Модели механических систем на микроуровне. Модели гидравлических систем на микроуровне. Моделирование силового взаимодействия в зоне резания при изготовлении деталей на станках различного технологического назначения.

Описание и анализ объекта исследования. Основы моделирования технологических операций. Моделирование упругих деформаций в технологической системе. Динамическая модель технического объекта на макроуровне.

5. Модели метауровня

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

6. Регрессионные математические модели

Метод наименьших квадратов, регрессионный и корреляционный анализ. Введение в планирование промышленного эксперимента. Факторные эксперименты. Планы полного и дробного факторного эксперимента. Способы расчета коэффициентов модели. Методы выделения существенных факторов. Линейные и нелинейные регрессионные модели. Ортогональные и ротатабельные планы второго порядка. Анализ результатов моделирования.

7. Основы теории статистических выводов

Основы теории принятия решений. Методика выполнения дисперсионного анализа. Модели постоянных и случайных эффектов. Сравнение отдельных средних по обработкам. Проверка равенства нескольких дисперсий. Мощность дисперсионного анализа.

8. Линейное и нелинейное программирование

Методология линейного и нелинейного программирования. Выбор метода оптимизации в зависимости от вида уравнений и ограничений,

описывающих задачу. Приведение задачи к стандартной форме. Методы нелинейного программирования в технологических задачах.

9. Основы имитационного моделирования

Обоснование, формулирование и конструирование имитационной модели. Математический аппарат имитационного моделирования.
Использование имитационного моделирования для исследования операций. Общие требования к разработке модели. Использование результатов имитационного моделирования.

Структура и содержание дисциплины «Математическое моделирование технологических процессов» 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

При проведении практических занятий предусматривается широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в виде деловых игр, разбора конкретных ситуаций, просмотра видеоматериалов по определенным темам, их последующий анализ и обсуждение и пр. Наиболее широко эти формы обучения используются при проведении практических занятий с привязкой темы занятий к решению конкретных задач освоения дисциплины. 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 и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

В процессе обучения используются следующие оценочные средства текущего контроля успеваемости, самостоятельной работы студентов и промежуточных аттестаций:

Во десятом семестре

- ознакомление с материалами по теме: «Математическое моделирование технологических процессов»;
- подготовка и выступление на семинарском занятии с презентацией и

обсуждением на тему «Математическое моделирование технологических процессов» (индивидуально для каждого обучающегося).

Текущий контроль знаний студентов осуществляется с помощью контрольных вопросов, приведенных в приложении Г.

Текущий контроль знаний студентов проводится на седьмой и тринадцатой неделях семестра. Студент письменно отвечает на один вопросов по пройденному материалу, 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.

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.

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 представление студентами письменных отчетов и защита следующих работ:

Практические работы:

Анализ точности обработки с помощью законов распределения

Эмпирические функции распределения

Структурные математические модели

Оценка точности вычислений по данным выборки

Построение доверительных интервалов

Проверка гипотез о законе распределения.

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.

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.

Рабочей программой дисциплины предусмотрена подготовка реферата, примерные темы которых приведены в приложении Г. Тема реферата утверждается на четвертой неделе второго семестра. Студент может подготовить реферат по другой теме, при условии соответствия тематике изучаемого курса, предварительно согласовав ее с преподавателем. Прямое копирование из литературных источников не допускается. Объем реферата должен быть не менее 15 страниц и представлен на электронном и бумажном носителях до промежуточной аттестации.

Шкала оценивания реферата и ее описание

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

6.1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю).

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

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать
ОПК-2	Владением основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыками работы с компьютером как средством управления информацией
ОПК-3	Способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
ПК-14	Способностью применять стандартные методы расчета при проектировании машин, электроприводов, гидроприводов, средств гидропневмоавтоматики, систем, различных комплексов, процессов, оборудования и производственных объектов, деталей и узлов машиностроения

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплин (модулей), практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, с учетом форм контроля и контрольных мероприятий.

Код компетенции	**Формы контроля**	**Контрольные мероприятия**
ОПК-2	Устный ответ на лекции и практическом занятии. Письменный текущий контроль знаний на 7-ой и 13-ой неделях. Проведение письменного экзамена.	Контрольные вопросы для проверки текущих знаний студентов (Фонд оценочных средств по учебной дисциплине, приложение 1ФОС) с 1 по 12, 28 – 29, 38 – 44.
ОПК-3	Устный ответ на лекции и практическом занятии. Письменный текущий контроль знаний на 7-ой и 13-ой неделях. Проведение письменного экзамена.	Контрольные вопросы для проверки текущих знаний студентов (Фонд оценочных средств по учебной дисциплине, приложение 1ФОС) с 13 по 24, 45 – 51, 58 – 65.
ПК-14	Устный ответ на лекции и практическом занятии. Письменный текущий контроль знаний на 7-ой и 13-ой неделях. Проведение письменного	Контрольные вопросы для проверки текущих знаний студентов (Фонд оценочных средств по учебной дисциплине, приложение 1ФОС) с 25 по 27, 30 – 37, 52 – 57.

	экзамена.	

6.1.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины (модуля), описание шкал оценивания.

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

0ПК-2 - владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыками работы с компьютером как средством управления информацией

Показатель	**Критерии оценивания**			
	2	**3**	**4**	**5**
Знать: - основы теоретико-вероятностного математического аппарата; - способы сбора, обработки и интерпретации экспериментального материала с использованием современных информационных технологий; - систему организации мероприятий по улучшению качества продукции; - методологию построения обобщенных вариантов решения проблемы и анализа этих вариантов.	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: основы теоретико-вероятностного математического аппарата; способы сбора, обработки и интерпретации экспериментального материала с использованием современных информационных технологий; систему организации мероприятий по улучшению качества продукции; методологию построения обобщенных вариантов решения проблемы и анализа этих вариантов.	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: основы теоретико-вероятностного математического аппарата; способы сбора, обработки и интерпретации экспериментального материала с использованием современных информационных технологий; систему организации мероприятий по улучшению качества продукции; методологию построения обобщенных вариантов решения проблемы и анализа этих вариантов. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: основы теоретико-вероятностного математического аппарата; способы сбора, обработки и интерпретации экспериментального материала с использованием современных информационных технологий; систему организации мероприятий по улучшению качества продукции; методологию построения обобщенных вариантов решения проблемы и анализа этих вариантов, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: основы теоретико-вероятностного математического аппарата; способы сбора, обработки и интерпретации экспериментального материала с использованием современных информационных технологий; систему организации мероприятий по улучшению качества продукции; методологию построения обобщенных вариантов решения проблемы и анализа этих вариантов. Свободно оперирует приобретенными

		оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.		знаниями.
Уметь: - разрабатывать, исследовать и внедрять системы управления качеством продукции машиностроения - использовать методы статистического математического моделирования при решении инженерных задач; - эффективно применять системы статистического управления качеством технологических операций и процессов в машиностроении; - анализировать модели систем управления качеством и находить оптимальные решения в условиях многокритериальности и неопределенности.	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет применять теоретические знания для решения инженерных задач математического моделирования в машиностроении: разрабатывать, исследовать и внедрять системы управления качеством продукции машиностроения; использовать методы статистического математического моделирования при решении инженерных задач; эффективно применять системы статистического управления качеством технологических операций и процессов в машиностроении; анализировать модели систем управления качеством и находить оптимальные решения в условиях многокритериальности и неопределенности. .	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: разрабатывать, исследовать и внедрять системы управления качеством продукции машиностроения; использовать методы статистического математического моделирования при решении инженерных задач; эффективно применять системы статистического управления качеством технологических операций и процессов в машиностроении; анализировать модели систем управления качеством и находить оптимальные решения в условиях многокритериальности и неопределенности. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: разрабатывать, исследовать и внедрять системы управления качеством продукции машиностроения; использовать методы статистического математического моделирования при решении инженерных задач; эффективно применять системы статистического управления качеством технологических операций и процессов в машиностроении; анализировать модели систем управления качеством и находить оптимальные решения в условиях многокритериальности и неопределенности. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: разрабатывать, исследовать и внедрять системы управления качеством продукции машиностроения; использовать методы статистического математического моделирования при решении инженерных задач; эффективно применять системы статистического управления качеством технологических операций и процессов в машиностроении; анализировать модели систем управления качеством и находить оптимальные решения в условиях многокритериальности и неопределенности. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
Владеть: - методами и средствами теоретического и экспериментального	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени владеет навыками эффективного использования	Обучающийся демонстрирует неполное владение следующими навыками: эффективного использования методов	Обучающийся демонстрирует частичное владение следующими навыками: эффективного использования методов и	Обучающийся в полном объеме владеет - методами и средствами

исследования технологических операций и процессов; - системным подходом к разработке и совершенствованию моделей систем статистического управления качеством технологических процессов; - методами и средства исследования и разработки систем управления качеством технологических процессов и обеспечение их эффективного функционирования; - навыками использования информационно-коммуникационных технологий.	методов и средств теоретического и экспериментального исследования технологических операций и процессов; системного подхода к разработке и совершенствованию моделей систем статистического управления качеством технологических процессов; методов и средств исследования и разработки систем управления качеством технологических процессов и обеспечение их эффективного функционирования; навыками использования информационно-коммуникационных технологий.	и средств теоретического и экспериментального исследования технологических операций и процессов; системного подхода к разработке и совершенствованию моделей систем статистического управления качеством технологических процессов; методов и средств исследования и разработки систем управления качеством технологических процессов и обеспечение их эффективного функционирования; навыками использования информационно-коммуникационных технологий. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	средств теоретического и экспериментального исследования технологических операций и процессов; системного подхода к разработке и совершенствованию моделей систем статистического управления качеством технологических процессов; методов и средств исследования и разработки систем управления качеством технологических процессов и обеспечение их эффективного функционирования; навыками использования информационно-коммуникационных технологий. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	теоретического и экспериментального исследования технологических операций и процессов; системным подходом к разработке и совершенствованию моделей систем статистического управления качеством технологических процессов; методами и средствами исследования и разработки систем управления качеством технологических процессов и обеспечение их эффективного функционирования; навыками использования информационно-коммуникационных технологий. Свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.

ОПК-3 - способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности

Показатель	**Критерии оценивания**			
	2	**3**	**4**	**5**
Знать: - методологию статистического управления качеством технологических операций и процессов; - методы и	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: методология статистического управления качеством технологических	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: методология статистического управления качеством технологических операций и процессов; методы и	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: методология статистического управления качеством технологических операций и процессов; методы и технологические	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: методология статистического управления

технологические процессы обработки поверхностей и деталей машин, особенности современных методов обработки и сборки; - методы разработки и анализа статистических моделей технологических операций и процессов; - методы теоретического и экспериментального исследования в области статистического управления качеством технологических операций и процессов.	операций и процессов; методы и технологические процессы обработки поверхностей и деталей машин, особенности современных методов обработки и сборки; методы разработки и анализа статистических моделей технологических операций и процессов; - методы теоретического и экспериментального исследования в области статистического управления качеством технологических операций и процессов.	технологические процессы обработки поверхностей и деталей машин, особенности современных методов обработки и сборки; методы разработки и анализа статистических моделей технологических операций и процессов; методы теоретического и экспериментального исследования в области статистического управления качеством технологических операций и процессов. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	процессы обработки поверхностей и деталей машин, особенности современных методов обработки и сборки; методы разработки и анализа статистических моделей технологических операций и процессов; методы теоретического и экспериментального исследования в области статистического управления качеством технологических операций и процессов, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	качеством технологических операций и процессов; методы и технологические процессы обработки поверхностей и деталей машин, особенности современных методов обработки и сборки; методы разработки и анализа статистических моделей технологических операций и процессов; методы теоретического и экспериментального исследования в области статистического управления качеством технологических операций и процессов. Свободно оперирует приобретенными знаниями.
Уметь: - творчески применять теоретические знания для решения инженерных задач, предус-матривающих оценку уровня брака выпускаемой продукции - организовывать и проводить статистические	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет: творчески применять теоретические знания для решения инженерных задач, предусматрива-ющих оценку уровня брака выпускаемой продукции; организовывать и проводить статистические исследования и анализ полученной информации;	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: творчески применять теоретические знания для решения инженерных задач, предусматрива-ющих оценку уровня брака выпускаемой продукции; организовывать и проводить статистические исследования и анализ	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: творчески применять теоретические знания для решения инженерных задач, предусматрива-ющих оценку уровня брака выпускаемой продукции; организовывать и проводить статистические исследования и анализ	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: творчески применять теоретические знания для решения инженерных задач, предус-матривающих оценку уровня брака

исследования и анализ полученной информации - прогнозировать причины возникновения брака выпускаемой продукции и разрабатывать мероприятия по его предупреж-дению и устранению.	прогнозировать причины возникновения брака выпускаемой продукции и разрабатывать мероприятия по его предупреждению и устранению.	полученной информации; прогнозировать причины возникновения брака выпускаемой продукции и разрабатывать мероприятия по его предупреждению и устранению. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	полученной информации; прогнозировать причины возникновения брака выпускаемой продукции и разрабатывать мероприятия по его предупреждению и устранению. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	выпускаемой продукции; организовывать и проводить статистические исследования и анализ полученной информации; прогнозировать причины возникновения брака выпускаемой продукции и разрабатывать мероприятия по его предупреж-дению и устранению. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
Владеть: - методами и средствами теоретического и экспериментального исследования технологических процессов машиностроительных производств; - методами повышения эффективности производства на базе разработки и анализа систем статистического управления качеством технологических процессов; - методами проведения обследования действующих машиностроительных производств и оценки их уровня; - методами	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет эффективно пользоваться методами и средствами теоретического и экспериментального исследования технологических процессов машиностроительных производств; методами повышения эффективности производства на базе разработки и анализа систем статистического управления качеством технологических процессов; методами проведения обследования действующих машиностроительных производств и оценки их уровня; методами статистического моделирования и управления точностью	Обучающийся демонстрирует неполное владение следующими навыками: эффективное пользование методами и средствами теоретического и экспериментального исследования технологических процессов машиностроительных производств; методами повышения эффективности производства на базе разработки и анализа систем статистического управления качеством технологических процессов; методами проведения обследования действующих машиностроительных производств и оценки их уровня; методами статистического моделирования и управления точностью	Обучающийся демонстрирует частичное владение следующими навыками: эффективное пользование методами и средствами теоретического и экспериментального исследования технологических процессов машиностроительных производств; методами повышения эффективности производства на базе разработки и анализа систем статистического управления качеством технологических процессов; методами проведения обследования действующих машиностроительных производств и оценки их уровня; методами статистического моделирования и	Обучающийся в полном объеме владеет - методами и средствами теоретического и экспериментального исследования технологических процессов машиностроительных производств; методами повышения эффективности производства на базе разработки и анализа систем статистического управления качеством технологических процессов; методами проведения обследования действующих машиностроительных производств

статистического моделирования и управления точностью обработки и осуществления технического контроля; - методами анализа причин возникновения дефектов и брака выпускаемой продукции и разработки мероприятий по их предупреждению.	обработки и осуществления технического контроля; методами анализа причин возникновения дефектов и брака выпускаемой продукции и разработки мероприятий по их предупреждению.	обработки и осуществления технического контроля; методами анализа причин возникновения дефектов и брака выпускаемой продукции и разработки мероприятий по их предупреждению. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	управления точностью обработки и осуществления технического контроля; методами анализа причин возникновения дефектов и брака выпускаемой продукции и разработки мероприятий по их предупреждению. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	и оценки их уровня; методами статистического моделирования и управления точностью обработки и осуществления технического контроля; методами анализа причин возникновения дефектов и брака выпускаемой продукции и разработки мероприятий по их предупреждению. Свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.

ПК-14 - способностью применять стандартные методы расчета при проектировании машин, электроприводов, гидроприводов, средств гидропневмоавтоматики, систем, различных комплексов, процессов, оборудования и производственных объектов, деталей и узлов машиностроения

Показатель	**Критерии оценивания**			
	2	**3**	**4**	**5**
Знать: - основы стандартных методов расчета при проектировании машин; - основы стандартных методов расчета при проектировании приводов, различных комплексов и процессов; - методологию управления качеством продукции машиностроения; - методы разработки и анализа моделей	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: основы стандартных методов расчета при проектировании машин; основы стандартных методов расчета при проектировании приводов, различных комплексов и процессов; методология управления качеством продукции машиностроения; методы разработки и анализа моделей технологических операций и процессов;	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: основы стандартных методов расчета при проектировании машин; основы стандартных методов расчета при проектировании приводов, различных комплексов и процессов; методология управления качеством продукции машиностроения; методы разработки и анализа моделей технологических операций и процессов; методы теоретического и	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: - основы стандартных методов расчета при проектировании машин; - основы стандартных методов расчета при проектировании приводов, различных комплексов и процессов; - методологию управления качеством продукции машиностроения; - методы разработки и анализа моделей технологических операций и процессов; - методы теоретического	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: основы стандартных методов расчета при проектировании машин; основы стандартных методов расчета при проектировании приводов, различных комплексов и

технологических операций и процессов; - методы теоретического и экспериментального исследования в области управления качеством продукции машиностроения.	методы теоретического и экспериментального исследования в области управления качеством продукции машиностроения.	экспериментального исследования в области управления качеством продукции машиностроения. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	и экспериментального исследования в области управления качеством продукции машиностроения., но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	процессов; методология управления качеством продукции машиностроения; методы разработки и анализа моделей технологических операций и процессов; методы теоретического и экспериментального исследования в области управления качеством продукции машиностроения. Свободно оперирует приобретенными знаниями.
Уметь: применять стандартные методы расчета при проектировании машин; применять стандартные методы расчета при проектировании приводов, различных комплексов и процессов; использовать теоретико-вероятностный математический аппарат для решения инженерных задач; анализировать корректность используемых методов расчета при проектировании машин и комплексов; применять системы статистического управления качеством в	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет применять стандартные методы расчета при проектировании машин; применять стандартные методы расчета при проектировании приводов, различных комплексов и процессов; использовать теоретико-вероятностный математический аппарат для решения инженерных задач; анализировать корректность используемых методов расчета при проектировании машин и комплексов; применять системы статистического управления качеством в машиностроении; формулировать рекомендации по практическому использованию результатов расчета при разработке машин и комплексов.	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: применять стандартные методы расчета при проектировании машин; применять стандартные методы расчета при проектировании приводов, различных комплексов и процессов; использовать теоретико-вероятностный математический аппарат для решения инженерных задач; анализировать корректность используемых методов расчета при проектировании машин и комплексов; применять системы статистического управления качеством в машиностроении; формулировать рекомендации по практическому использованию результатов расчета при разработке машин и комплексов.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: применять стандартные методы расчета при проектировании машин; применять стандартные методы расчета при проектировании приводов, различных комплексов и процессов; использовать теоретико-вероятностный математический аппарат для решения инженерных задач; анализировать корректность используемых методов расчета при проектировании машин и комплексов; применять системы статистического управления качеством в машиностроении; формулировать рекомендации по практическому использованию результатов расчета при разработке машин и комплексов. Умения освоены, но	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: творчески применять стандартные методы расчета при проектировании машин; применять стандартные методы расчета при проектировании приводов, различных комплексов и процессов; использовать теоретико-вероятностный математический аппарат для решения инженерных задач; анализировать корректность используемых

машиностроении; формулировать рекомендации по практическому использованию результатов расчета при разработке машин и комплексов.		Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	методов расчета при проектировании машин и комплексов; применять системы статистического управления качеством в машиностроении; формулировать рекомендации по практическому использованию результатов расчета при разработке машин и комплексов. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
Владеть: - стандартными методами расчета при проектировании машин; - стандартными методами расчета при проектировании приводов, различных комплексов и процессов; - основами теоретико-вероятностного математического аппарата для решения инженерных задач; - методологией математического моделирования систем.	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет стандартными методами расчета при проектировании машин; стандартными методами расчета при проектировании приводов, различных комплексов и процессов; основами теоретико-вероятностного математического аппарата для решения инженерных задач; методологией математического моделирования систем.	Обучающийся демонстрирует неполное владение следующими навыками: эффективно пользоваться стандартными методами расчета при проектировании машин; стандартными методами расчета при проектировании приводов, различных комплексов и процессов; основами теоретико-вероятностного математического аппарата для решения инженерных задач; методологией математического моделирования систем. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное владение следующими навыками: эффективно пользоваться стандартными методами расчета при проектировании машин; стандартными методами расчета при проектировании приводов, различных комплексов и процессов; основами теоретико-вероятностного математического аппарата для решения инженерных задач; методологией математического моделирования систем. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся в полном объеме владеет стандартными методами расчета при проектировании машин; стандартными методами расчета при проектировании приводов, различных комплексов и процессов; основами теоретико-вероятностного математического аппарата для решения инженерных задач; методологией математического моделирования систем. Свободно применяет полученные навыки в

				ситуациях повышенной сложности.

Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание:

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) по экзаменационным билетам методом экспертной оценки. В приложении Г приведены примеры экзаменационных билетов по дисциплине. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».,

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Математическое моделирование технологических процессов», а именно показавшие удовлетворительное владение лекционным материалом, выполнившие и защитившие практические работы, предусмотренные рабочей программой дисциплины в десятом семестре, представили реферат.

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.

Фонды оценочных средств представлены в приложении Г к рабочей программе.

7. **Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

а) основная литература:

1. Берикашвили В.Ш., Оськин С.П. Статистическая обработка данных, планирование эксперимента и математическое описание случайных процессов. М.: МГОУ. 2013
2. Кузьмин В.В. Схиртладзе А.Г. Математическое моделирование

технологических процессов сборки и механической обработки изделий машиностроения. М.: Высшая школа, 2008
3. Черепашков А.А. Носов Н.В. Компьютерные технологии, моделирование, автоматизированные системы в машиностроении. Волгоград: Издательский Дом «Ин-Фолио», 2009-640 с.
4. Петухов С.Л., Бухтеева И.В. Повышение корректности размерного анализа с учетом возмущающих факторов в автомобилестроении. Учебное пособие № 3156. М.: Университет машиностроения. 2015 -70 с.

б) дополнительная литература:

1. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: Юрайт, 2013
2. Суслов А.Г. «Технология машиностроения»: Учебник для вузов. 2007.-
430 с., М.: Издательство**:** Машиностроение, ил.
3. 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.

в) методические указания к практическим работам:

- Кравец Е.В., Петухов С.Л., Дмитриев Ю.М. Эмпирические функции распределения. МУ № 2359
- В.Н. Балашов Анализ точности обработки с помощью законов распределения МУ №739
- 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:

- ЭБС «Издательства Лань» - (e.lanbook.com)
- ЭБС «КнигаФонд» - (knigafund.ru)

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

Практические занятия проводятся в специализированных аудиториях и

лабораториях кафедры «Технология 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.

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

Применение математического моделирования в управлении качеством продукции и повышении эффективности машиностроительного производства (ОПК-3).

Виды математических моделей (ОПК-2).

Эмпирические функции распределения (ОПК-2).

Методика выделения существенных факторов (ПК-14).

Подготовка к решению инженерных задач на базе проверки гипотез случайности выборки и нормальности распределения (ПК-14).

Организационные аспекты имитационного моделирования

Основы теории статистических выводов (ОПК-3).

Моделирование гидравлических систем на микроуровне (ПК-14).

Проверка равенства нескольких дисперсий (ОПК-3).

Моделирование технологической операции (ПК-14).

Способы принятия решений (ОПК-2).

Планы для подбора математических моделей (ОПК-2).

Совершенствование методов генерирования и оценки вариантов технологических процессов (ПК-14).

10. Методические рекомендации для преподавателя

Основное внимание при изучении дисциплины «Математическое моделирование в машиностроении» следует уделять изучению основных понятий, методов и средств моделирования в области разработки технологических комплексов и статистического управления качеством технологических операций и процессов.

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

При проведении практических занятий необходимо обращать внимание студентов на теоретическое изучение основных вопросов разделов дисциплины.

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

Приложение А

Структура и содержание дисциплины **«Математическое моделирование технологических процессов»**
по специальности 15.05.01 **«Проектирование технологических машин и комплексов»**

	Раздел	**Семестр**	**Неделя семестра**	**Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость в часах**					**Виды самостоятельной работы студентов**					**Формы аттес-тации**	
				Л	**П/С**	**Лаб**	**СРС**	**КСР**	**К.Р.**	**К.П.**	**РГР**	**Реферат**	**К/р**	**Э**	**З**
10.1	1. Введение в дисциплину. Система и ее виды. Виды моделей системы. Структурные математические модели	10	1	2			8								
	Практическое занятие	10			2										
10.2	Практическое занятие	10	2		2										
10.3	3. Статистическое моделирование систем	10	3	2			6								
	Практическое занятие	10			2										
10.4	Практическое занятие	10	4		2										
10.5	5. Проверка статистических гипотез	10	5	2			12								
	Практическое занятие	10			2										
10.6	Практическое занятие	10	6		2										
10.7	7. Модели микроуровня и макроуровня	10	7	2			10								
	Практическое занятие	10			2										
10.8	Практическое занятие	10	8		2										
10.9	9. Модели метауровня	10	9	2			6								
	Практическое занятие	10			2										
10.10	Практическое занятие	10	10		2										

10.11	11. Регрессионные математические модели	10	11	2			14								
	Практическое занятие	10			2										
10.12	Практическое занятие	10	12		2										
10.13	13. Основы теории статистических выводов	10	13	2			12								
	Практическое занятие	10			2										
10.14	Практическое занятие	10	14		2										
10.15	15. Линейное и нелинейное программирование	10	15	2			6								
	Практическое занятие	10			2										
10.16	Практическое занятие	10	16		2										
10.17	17. Основы имитационного моделирования.	10	17	2			16								
	Практическое занятие				2										
10.18	Обзорное практическое занятие	10	18		2										
	ИТОГО:			18	36		90					Один реферат		+	

Заведующий кафедрой «Технологии и оборудование машиностроения»
профессор А.Н. Васильев

Приложение Б

Практические (семинарские) занятия

№п/п	Раздел дисциплины	Методическое обеспечение занятий	Количество часов
1	Введение в дисциплину. Система и ее виды. Виды моделей системы. Структурные математические модели	Информирование студентов о виде и форме промежуточной аттестации по дисциплине, сроках ее проведения, условиях допуска к промежуточной аттестации, применяемых видах промежуточного контроля. Структурные математические модели. МУ № 2851	4
2	Статистическое моделирование систем	Утверждение темы реферата Эмпирические функции распределения. МУ № 2359 Оценка точности вычислений по данным выборки. МУ № 2761	4
3	Проверка статистических гипотез	Построение доверительных интервалов. МУ № 2705 Проверка гипотез о законе распределения. Критерий Пирсона. МУ № 2693	4
4	Модели микроуровня и макроуровня	Текущий контроль знаний Примеры моделей систем на микроуровне и макроуровне	4
5	Модели метауровня	Примеры моделей систем на метауровне	4
6	Регрессионные математические модели	Регрессионные математические модели в автотракторостроении. Учебное пособие №3049	4

7	Основы теории статистических выводов	Текущий контроль знаний Решение задач однофакторного дисперсионного анализа	4
8	Линейное и нелинейное программирование	Линейное и динамическое программирование МУ 2241	4
9	Основы имитационного моделирования	Решение задач универсальным методом статистического моделирования	4

Приложение В

Аннотация рабочей программы дисциплины

1. Название, назначение, структура, содержание дисциплины

1	Наименование дисциплины по учебному плану	Математическое моделирование технологических процессов
2	Направление подготовки	15.05.01 «Проектирование технологических машин и комплексов» (инженер)
3	Образовательная программа (профиль подготовки)	Проектирование технологических комплексов в машиностроении
4	Уровень и форма обучения	Инженер, очная
5	Семестр обучения	10
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)	 4 144 часов 18 часов 36 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: Вводная лекция. Система и ее виды. Виды моделей системы Теоретические основы моделирования систем Структурные модели Критерии оценки и оптимизации технологических комплексов и процессов Статистическое моделирование систем Проверка статистических гипотез	

	Модели микроуровня Модели макроуровня Модели метауровня Анализ работы системы Регрессионные математические модели Построение регрессионной математической модели Основы теории статистических выводов Проверка чувствительности модели Линейное и динамическое программирование Моделирование оптимального маршрута обработки поверхностей Основы имитационного моделирования Обзорная лекция

2. Требования к начальной подготовке и результатам освоения дисциплины

1	Требования к уровню подготовки к изучению дисциплины:	Уровень знаний инженера
1.1	Наличие специальных компетенций	Не требуется
1.2	Должен знать	Основы теоретико-вероятностного математического аппарата способы сбора и обработки статистической информации; основные мероприятия по улучшению качества продукции; методы разработки статистических моделей технологических операций и процессов; методы статистического моделирования и управления точностью процессов изготовления машин; методы теоретического и экспериментального исследования в области статистического управления качеством технологических операций и процессов.

1.3	Должен уметь	Обобщать, анализировать и систематизировать методы управления точностью процессов изготовления машин на базе использования аппарата математического моделирования систем; прогнозировать причины возникновения брака выпускаемой продукции и разрабатывать мероприятий по их предупреждению; выбирать критерии оценки статистической математической модели на базе использования современных подходов к решению инженерных задач; эффективно применять системы статистического управления качеством технологических операций и процессов в машиностроении
1.4	Должен владеть	методами повышения эффективности производства на базе разработки и анализа статистических моделей технологических операций и процессов; методами проведения обследования действующих машиностроительных и производств и оценки их уровня; методами моделирования и управления точностью обработки и осуществления технического контроля; методами анализа

		причин возникновения дефектов и брака выпускаемой продукции и разработки мероприятий по их предупреждению; методами и средствами теоретического и экспериментального исследования технологических процессов машиностроительных производств.
2	Результаты освоения дисциплины	эффективное применение математического моделирования систем с использованием современных технологий проведения научных исследований, в том числе, на основе использования пакетов прикладных программ; использование новых алгоритмов и технологий, применяемых в автоматизированных технологических комплексах; применение стандартных методов расчета при проектировании машин, приводов различных комплексов и процессов; разработка математических моделей, позволяющих исследовать качество технологических процессов; применение современных 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 и создания новых высокоэффективных методов 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.
2.1.	Будут сформированы компетенции в соответствии с ФГОС и учебным планом	ОПК-2; ОПК-3; ПК-14
2.2.	Учащийся приобретёт знания и умения:	Использования математического моделирования при решении инженерных задач;

		сбора, обработки и интерпретации экспериментального материала с использованием современных информационных технологий; применения стандартных методов расчета при проектировании машин, комплексов и процессов; построения обобщенных вариантов решения проблемы и анализа этих вариантов; статистического управления качеством технологических операций и процессов; разработки и анализа статистических моделей технологических операций и процессов; статистического моделирования и управления точностью процессов изготовления машин; теоретического и экспериментального исследования в области статистического управления качеством технологических операций и процессов.
2.3.	Учащийся овладеет навыками:	Применения аппарата математического моделирования при решении задач повышения эффективности производства; системного подходом к разработке и совершенствованию моделей систем статистического управления качеством

		технологических процессов; управления точностью обработки и осуществления технического контроля; анализа причин возникновения дефектов и брака выпускаемой продукции и разработки мероприятий по их предупреждению; теоретического и экспериментального исследования технологических процессов машиностроительных производств; навыками разработки и анализа технологических систем; анализа модели системы управления качеством и находить оптимальные решения в условиях многокритериальности и неопределенности. навыками анализа статистических математических моделей и выбора критериев их оценки; повышения эффективности действующих машиностроительных производств и оценки их уровня; статистического моделирования и управления точностью обработки

В результате освоения дисциплины «Математическое моделирование технологических процессов» будут сформированы компетенции ОПК-2, ОПК-3, ПК-14 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 "____" _____ 2017 года

Приложение Г

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

Московский политехнический университет

Специальность

15.05.01 «Проектирование технологических машин и комплексов»

Специализация

«Проектирование технологических комплексов в машиностроении»

Кафедра: «Технологии и оборудование машиностроения»

ФОНД

ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Математическое моделирование технологических процессов

Состав: 1. Паспорт фонда оценочных средств

2. Описание оценочных средств:

Приложение 1 ФОС Контрольные вопросы

Приложение 2 ФОС Примерные темы рефератов

Приложение 3 ФОС Экзаменационные билеты

Составитель:

к.т.н., доц. Петухов С.Л.

Москва, 2019 год

Таблица 1. Перечень компетенций, формируемых дисциплиной

Направление подготовки: 15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов		**ОП (профиль):** Проектирование технологических комплексов в машиностроении									
Код компе-тенции	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-2	- владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыками работы с компьютером как средством управления информацией	Математическое моделирование технологических процессов										*
ОПК-3	- способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности											
ПК-14	- способность применять стандартные методы расчета при проектировании машин, электроприводов, гидроприводов, средств гидропневмоавтоматики,											

	систем, различных комплексов, процессов, оборудования и производственных объектов, деталей и узлов машиностроения											

Таблица 3 Паспорт ФОС по дисциплине «Математическое моделирование технологических процессов»

Код компетенции	Элементы компетенции (части компетенции)	Контролируемые модули, разделы (темы) дисциплины по рабочей программе	Периодичность контроля	Виды контроля	Способы контроля	Средства контроля
1	2	3	4	5	6	7
ОПК	**Знания:** основы теоретико-вероятностного математического аппарата; способы сбора, обработки и интерпретации экспериментального материала с использованием современных информационных технологий; систему организации мероприятий по улучшению качества продукции; методологию построения обобщенных вариантов решения проблемы и анализа этих вариантов.	Все разделы	ТЕК На каждом занятии	Тестирование Отчеты по практическим работам Рефераты	П П Р	Контрольные вопросы Отчеты Реферат

-2						
	Умения: разрабатывать, исследовать и внедрять системы управления качеством продукции машиностроения использовать методы статистического математического моделирования при решении инженерных задач; эффективно применять системы статистического управления качеством технологических операций и процессов в машиностроении; анализировать модели систем управления качеством и находить оптимальные решения в условиях многокритериальности и неопределенности.	Все разделы	На каждом занятии	Отчеты по практическим работам Рефераты	П Р	Отчеты Реферат
	Навыки: теоретического и экспериментального исследования технологических операций и процессов; системного подходом к разработке и совершенствованию моделей систем статистического управления качеством технологических процессов;	Все разделы	На каждом занятии	Отчеты по практическим работам	П	Отчеты

	исследования и разработки систем управления качеством технологических процессов и обеспечение их эффективного функционирования; использования информационно-коммуникационных технологий.					
	Знания: методология статистического управления качеством технологических операций и процессов; методы и технологические процессы обработки поверхностей и деталей машин, особенности современных методов обработки и сборки; методы разработки и анализа статистических моделей технологических операций и процессов; методы теоретического и экспериментального исследования в области статистического управления качеством технологических операций и процессов. .	Все разделы	ТЕК На каждом занятии	Тестирование Отчеты по практическим работам Рефераты	П П Р	Контрольные вопросы Отчеты Реферат

ОПК -3	**Умения:** обобщать, анализировать и систематизировать методы управления точностью процессов изготовления машин на базе использования математического аппарата статистического управления качеством деталей и технологических процессов; применять системы статистического управления качеством в машиностроении; прогнозировать причин возникновения брака выпускаемой продукции и разрабатывать мероприятий по их предупреждению; формулировать рекомендации по практическому использованию результатов исследований.	Все разделы	На каждом занятии	Отчеты по практическим работам Рефераты	П Р	Отчеты Реферат
	Навыки: теоретического и экспериментального исследования технологических процессов машиностроительных производств; повышения эффективности производства на базе разработки и анализа систем статистического управления	Все разделы	На каждом занятии	Отчеты по практическим работам	П	Отчеты

	качеством технологических процессов; проведения обследования действующих машиностроительных производств и оценки их уровня; статистического моделирования и управления точностью обработки и осуществления технического контроля; анализа причин возникновения дефектов и брака выпускаемой продукции и разработки мероприятий по их предупреждению.					
ПК - 14	**Знания:** основы стандартных методов расчета при проектировании машин; основы стандартных методов расчета при проектировании приводов, различных комплексов и процессов; методология управления качеством продукции машиностроения; методы разработки и анализа моделей технологических операций и процессов; методы теоретического и	Все разделы	ТЕК На каждом занятии	Тестирование Отчеты по практическим работам Рефераты	П П Р	Контрольные вопросы Отчеты Реферат

	экспериментального исследования в области управления качеством продукции машиностроения.					
	Умения: применять стандартные методы расчета при проектировании машин; применять стандартные методы расчета при проектировании приводов, различных комплексов и процессов; использовать теоретико-вероятностный математический аппарат для решения инженерных задач; анализировать корректность используемых методов расчета при проектировании машин и комплексов; применять системы статистического управления качеством в машиностроении; формулировать рекомендации по практическому использованию результатов расчета при разработке машин и комплексов	Все разделы	На каждом занятии	Отчеты по практическим работам Рефераты	П Р	Отчеты Реферат
	Навыки: применение стандартных методов расчета при проектировании машин;	Все разделы	На каждом занятии	Отчеты по практическим работам	П	Отчеты

	применение стандартных методов расчета при проектировании приводов, различных комплексов и процессов; применения теоретико-вероятностного математического аппарата для решения инженерных задач; математического моделирования систем.					

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 представленные в приложении 1 ФОС
3.	Реферат	Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретиче5ского анализа рассматриваемой темы, где автор раскрывает суть исследуемой	Примерные темы рефератов представлены в приложении 2 ФОС

		проблемы, приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на нее	

Приложение 1 ФОС

Перечень контрольных вопросов для проверки текущих знаний студентов по освоению дисциплины «Математическое моделирование технологических процессов»:

1. Что понимается под объектом моделирования
2. Понятие технологического обеспечения качества
3. Что такое математическая модель
4. Понятие статистической модели
5. Классификация математических моделей
6. Чем отличаются стохастические процессы от детерминированных
7. Опишите постановку задачи моделирования в общем виде
8. Основные этапы моделирования систем
9. Что понимают под структурно-параметрическим описанием объекта моделирования
10. Приведите пример структурной модели процесса
11. Опишите методы активного и пассивного эксперимента.
12. Классификация и кодирование изделий и их элементов
13. Эмпирические функции распределения
14. Дискретные и непрерывные распределения
15. Регрессионная математическая модель процесса
16. Ортогональные планы второго порядка
17. Ротатабельные планы второго порядка
18. Дробные реплики
19. Опишите экспериментально-статистический метод моделирования
20. Модели каких процессов описываются дифференциальными уравнениями
21. Сформулируйте, в чем заключается задача регрессионного анализа
22. Назовите числовые характеристики случайной величины
23. Выделение существенных факторов
24. Интерпретация результатов моделирования
25. Точечное и интервальное оценивание
26. Метод наименьших квадратов
27. Проверка гипотезы о законе распределения случайной величины
28. Что такое корреляция
29. Как строится линия регрессии
30. Построение модели гидравлической системы на микроуровне
31. Построение модели механической системы на микроуровне
32. Моделирование силового взаимодействия в зоне резания
33. Динамическая модель технического объекта
34. Понятие имитационной модели
35. Требования к имитационной модели
36. Проверка гипотезы случайности выборки
37. Как определить норму времени на операцию
38. Статистический способ принятия решений

39. Методы генерирования вариантов технологических комплексов
40. Методы поиска оптимума функции
41. Линейное программирование
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 математическое модели
48. Пример задачи имитационного моделирования
49. Планы для подбора модели первого порядка
50. Сформулируйте общую задачу оптимизации.
51. Мощность дисперсионного анализа
52. Модель постоянных эффектов
53. Приведите примеры моделирования систем на микроуровне
54. Приведите примеры моделирования систем на макроуровне
55. Приведите примеры оптимизационных задач из практики
56. Приведите примеры моделирования систем на метауровне
57. Расчет коэффициентов регрессии
58. Модель случайных эффектов
59. Преимущества и недостатки математического моделирования
60. Проверка равенства нескольких дисперсий
61. Что такое структурная оптимизация
62. Статистические оценки и их свойства
63. Построение доверительного интервала
64. Проверка адекватности модели
65. Критерии оценки технологических комплексов

Приложение 2 ФОС

Примерные темы рефератов по дисциплине «Математическое моделирование технологических процессов»:

- Математическое моделирование – основа непрерывного улучшения качества продукции (ОПК-2)
- Статистическое моделирование процессов в машиностроении (ОПК-2)
- Априорное моделирование (ОПК-3)
- Моделирование гидравлических систем на микроуровне (ПК-14)
- Структурные математические модели – инструмент повышения эффективности технологической подготовки производства (ОПК-3)
- Теоретические основы статистического моделирования систем (ОПК-2)
- Динамическое программирование (ПК-14)
- Проверка статистических гипотез (ОПК-3)
- Теоретические основы использования статистических методов в инженерной практике (ОПК-2)
- Пути повышения достоверности прогноза точности обработки
- Регрессионный анализ как инструмент построения математической модели процесса (ОПК-3)
- Моделирование механических систем на микроуровне (ПК-14)
- Дисперсионный анализ – основополагающий метод теории статистических выводов (ОПК-3)
- Математические модели постоянных и случайных эффектов (ПК-14)
- Ковариационный анализ (ОПК-3)
- Линейное программирование (ОПК-3)
- Динамическая модель технического объекта на макроуровне (ПК-14)
- Чувствительность математических моделей (ОПК-3)
- Моделирование показателей точности систем (ПК-14)

Приложение 3 ФОС
(в качестве примера приведены шесть билетов из тридцати)

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
Московский политехнический университет

Программа специалитета по специальности:
15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов
Профиль (специализация): Проектирование технологических комплексов в машиностроении

Кафедра «Технологии и оборудование машиностроения»

Дисциплина «Математическое моделирование технологических процессов»

Экзамен, 10 семестр, 2017/18 уч. год

БИЛЕТ № 1

1. Алгоритм построения структурной математической модели технологического процесса обработки детали
2. Мощность дисперсионного анализа

Заведующий кафедрой: /А.Н. Васильев/

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
Московский политехнический университет

Программа специалитета по специальности:
15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов
Профиль (специализация): Проектирование технологических комплексов в машиностроении

Кафедра «Технологии и оборудование машиностроения»

Дисциплина «Математическое моделирование технологических процессов»

Экзамен, 10 семестр, 2017/18 уч. год

БИЛЕТ № 2

1. Дискретные и непрерывные случайные величины
2. Линейное программирование. Пример задачи о планировании производства

Заведующий кафедрой: /А.Н. Васильев/

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
Московский политехнический университет

Программа специалитета по специальности:
15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов
Профиль (специализация): Проектирование технологических комплексов в машиностроении

Кафедра «Технологии и оборудование машиностроения»

Дисциплина «Математическое моделирование технологических процессов»

Экзамен, 10 семестр, 2017/18 уч. год

БИЛЕТ № 3

1. Модели макроуровня
2. Динамическое программирование

Заведующий кафедрой: /А.Н. Васильев/

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
Московский политехнический университет

Программа специалитета по специальности:
15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов
Профиль (специализация): Проектирование технологических комплексов в машиностроении
Кафедра «Технологии и оборудование машиностроения»

Дисциплина «Математическое моделирование технологических процессов»
Экзамен, 10 семестр, 2017/18 уч. год

БИЛЕТ № 4

1. Оценка адекватности модели
2. Числовые характеристики случайной величины

Заведующий кафедрой: /А.Н. Васильев/

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
Московский политехнический университет

Программа специалитета по специальности:
15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов
Профиль (специализация): Проектирование технологических комплексов в машиностроении
Кафедра «Технологии и оборудование машиностроения»

Дисциплина «Математическое моделирование технологических процессов»
Экзамен, 10 семестр, 2017/18 уч. год

БИЛЕТ № 5

1. Модели микроуровня
2. Интегральная функция закона нормального распределения и ее свойства

Заведующий кафедрой: /А.Н. Васильев/

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
Московский политехнический университет

Программа специалитета по специальности:
15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов
Профиль (специализация): Проектирование технологических комплексов в машиностроении
Кафедра «Технологии и оборудование машиностроения»

Дисциплина «Математическое моделирование технологических процессов»
Экзамен, 10 семестр, 2017/18 уч. год

БИЛЕТ № 6

1. Регрессионные математические модели
2. Дифференциальная функция закона нормального распределения и ее свойства

Заведующий кафедрой: /А.Н. Васильев/