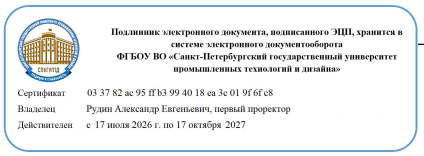
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна»
(СПбГУПТД)

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор, проректор по УР



_____А.Е. Рудин

Рабочая программа дисциплины

Б1.В.05 Математические модели узлов технологических машин

Учебный план: 2026-2027 15.03.02 ИИТА КИТМ ОО №1-1-148.plx

Кафедра: 28 Машиноведения

Направление подготовки: (специальность) 15.03.02 Технологические машины и оборудование

Профиль подготовки: (специализация) Компьютерный инжиниринг технологических машин

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)		Контактная работа обучающихся		Сам. работа	Контроль, час.	Трудоёмкость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации
		Лекции	Практ. занятия				
5	УП	16	32	59,75	0,25	3	Зачет
	РПД	16	32	59,75	0,25	3	
6	УП	17	34	66	27	4	Экзамен
	РПД	17	34	66	27	4	
Итого	УП	33	66	125,75	27,25	7	
	РПД	33	66	125,75	27,25	7	

Санкт-Петербург
2026

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование, утверждённым приказом Минобрнауки России от 09.08.2021 г. № 728

Составитель (и):

кандидат технических наук, Доцент	_____	Анашкина Елена Владимировна
кандидат технических наук, Доцент	_____	Мартынчик Ксения Игоревна
От кафедры составителя: Заведующий кафедрой машиноведения	_____	Марковец Алексей Владимирович
От выпускающей кафедры: Заведующий кафедрой	_____	Марковец Алексей Владимирович

Методический отдел:

_____

1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цель дисциплины: Сформировать компетенции обучающегося в области математического моделирования узлов и механизмов технологических машин с использованием современного программного обеспечения

1.2 Задачи дисциплины:

Рассмотреть основные понятия и законы, используемые для разработки математических моделей узлов машин и механизмов

Раскрыть основные принципы и понятия теории планирования экспериментальных исследований, принципы построения эмпирических математических моделей

Показать особенности получения динамических и разработки соответствующих им математических моделей узлов машин и механизмов в зависимости от целей исследования

Предоставить обучающимся возможности для формирования умений и навыков в области математического моделирования узлов машин и механизмов с использованием современного программного обеспечения

1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Предварительная подготовка предполагает создание основы для формирования компетенций, указанных в п. 2, при изучении дисциплин:

Теоретическая механика

Сопротивление материалов

Математика

Физика

Теория механизмов и машин

Системы компьютерной математики

Детали машин

Теория колебаний

2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

ПК-1: Способен осуществлять проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований в области компьютерного инжиниринга технологических машин
Знать: методологию и последовательность решения практических задач на основе использования математических методов с применением информационных технологий
Уметь: выполнять вычисления, решать математические модели применительно к сфере инженерных исследований с использованием методов математического анализа
Владеть: навыками использования аналитических и численных методов для математического моделирования узлов машин и механизмов с применением современного программного обеспечения

3 РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа		СР (часы)	Инновац. формы занятий	Форма текущего контроля
		Лек. (часы)	Пр. (часы)			
Раздел 1. Обработка результатов измерений случайной величины	5					О
Тема 1. Основы теории ошибок. Классификация видов погрешностей; характеристика точности средств измерений. Ошибки измерения критериев и факторов		2		8		
Тема 2. Математическое ожидание, дисперсия, вероятностные кривые, полигон и гистограмма частот появления событий. Достоверность и ошибка средней величины. Оценки точечных и интервальных характеристик случайных величин. Априорное ранжирование факторов. Практическое занятие: Оценки точечных и интервальных характеристик случайных величин		2	3	10	ГД	
Раздел 2. Анализ зависимостей и сравнение экспериментальных данных						О
Тема 3. Определение корреляционных характеристик. Метод наименьших квадратов. Практическое занятие: Сравнение средних значений экспериментальных данных. Практическое занятие: Корреляционная зависимость между экспериментальными данными		2	6	9		
Тема 4. Дисперсионный анализ. Сравнение средних значений экспериментальных данных. Регрессионный анализ. Сравнение дисперсий различных экспериментов Практическое занятие: Сравнение дисперсий экспериментальных данных		2	5	8	ГД	
Раздел 3. Факторный эксперимент						О
Тема 5. Многофакторный эксперимент. Выбор модели. Полный факторный эксперимент. Выбор критериев оптимизации, факторов и уровней их варьирования. Практическое занятие: Определение необходимого числа повторений эксперимента		3	6	8		
Тема 6. Составление матрицы планирования экспериментов. Исследование воспроизводимости. Оптимальность планов. Определение коэффициентов математической модели и проверка значимости коэффициента регрессии. Проверка адекватности математической модели. Проблемы поиска оптимума. Практическое занятие: Полный факторный эксперимент		3	6	8		

Тема 7. Планирование дробных реплик и анализ результатов эксперимента. Построение графических зависимостей. Практическое занятие: Дробный факторный эксперимент		2	6	8,75	ГД	
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		16	32	59,75		
Консультации и промежуточная аттестация (Зачет)		0,25				
Раздел 4. Динамические модели узлов машин и механизмов	6					О
Тема 8. Динамические модели цикловых механизмов. Задачи динамического исследования цикловых механизмов. Связь динамической модели с задачей исследования. Динамические модели цикловых механизмов на примерах механизмов ткацких станков, вырубного прессов деталей обуви. Определение жесткости на кручение: валов, шпоночных, шлицевых соединений, ременных, цепных передач, зубчатых соединений и т.д. Практическое занятие: Разработка динамических моделей узлов машин и механизмов		2	2	9		
Тема 9. Динамические модели узлов и механизмов, детали которых совершают плоские и пространственные движения. Приемно-намоточные механизмы, их конструкции и задачи динамического исследования. Динамические модели приемно-намоточного механизма маятникового типа и их связь с задачами исследований. Суть метода расчленения при составлении динамических моделей сложных механизмов Практическое занятие: Разработка динамических моделей узлов машин и механизмов		3	2	9	ГД	
Раздел 5. Математические модели узлов машин и механизмов						О
Тема 10. Получение математических моделей узлов и механизмов машин отрасли. Уравнения Эйлера-Лагранжа и Лагранжа II рода. Выбор обобщенных координат, составление уравнений связей. Выбор систем координат в случае наличия переносного и относительного движений Практическое занятие: Методы аналитического и численного решения дифференциальных уравнений движения механических систем		4	6	10		
Тема 11. Математические модели цикловых механизмов. Математические модели на примерах механизмов ткацких станков, вырубных прессов деталей обуви. Запись технологических усилий (моментов) в явном виде, учет ударных взаимодействий Практическое занятие: Математическое моделирование кривошипно-ползунного механизма		4	8	10		

Тема 12. Математические модели приемно -намоточного механизма маятникового (рычажного) типа. Математические модели: подвеса, бобинодержателя, бобинодержателя с бобиной и паковкой. Определение радиальной жесткости и коэффициента демпфирования подшипниковых опор, бобинодержателя, бобины и паковки. Определение реакций подшипниковых опор, сил контактного взаимодействия паковки с фрикционным цилиндром, влияния вращения паковки на силы контактного взаимодействия. Профилограммы паковок и методы их обработки Практическое занятие: Математическое моделирование приемно-намоточного механизма маятникового (рычажного) типа		4	8	10	ГД	
Раздел 6. Практические задачи моделирования узлов машин и механизмов						
Тема 13. Динамическая и математическая модели двигателя. Статическая, кинематическая и динамическая характеристики двигателя. Динамическая модель произвольного двигателя. Практическое занятие: Математическое моделирование кривошипно-ползунного механизма при учете механической характеристики двигателя			2	9		РГР
Тема 14. Математическое моделирование движения механизмов с нелинейной функцией положения Практическое занятие: Математическое моделирование движения иглы в замке вязального механизма			6	9	ГД	
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		17	34	66		
Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен)		2,5		24,5		
Всего контактная работа и СР по дисциплине		101,75		150,25		

4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Курсовое проектирование учебным планом не предусмотрено

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1 Описание показателей, критериев и системы оценивания результатов обучения

5.1.1 Показатели оценивания

Код компетенции	Показатели оценивания результатов обучения	Наименование оценочного средства
ПК-1	Излагает принципы разработки эмпирических моделей на основе обработки данных эксперимента; характеризует элементы динамических моделей; раскрывает этапы построения динамической и математической модели механической системы согласно выбранной цели исследования; Определяет статистические характеристики для выборки по результатам эксперимента и коэффициенты эмпирических зависимостей; разрабатывает математическую модель механизма, соответствующую ее динамической модели; использует типовые методы решений уравнений математических моделей механизмов	Вопросы устного собеседования Практико-ориентированные задания

	Вычисляет коэффициенты эмпирических моделей с использованием программного обеспечения; выполняет математическое моделирование заданной механической системы с использованием среды MATLAB	

5.1.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
5 (отлично)	Полный, исчерпывающий ответ, явно демонстрирующий глубокое понимание предмета и широкую эрудицию в оцениваемой области. Критический, оригинальный подход к материалу. Учитываются баллы, накопленные в течение семестра.	
4 (хорошо)	Ответ полный, основанный на проработке всех обязательных источников информации. Подход к материалу ответственный, но стандартный. Ответ стандартный, в целом качественный, основан на всех обязательных источниках информации. Присутствуют небольшие пробелы в знаниях или несущественные ошибки. Учитываются баллы, накопленные в течение семестра.	
3 (удовлетворительно)	Ответ воспроизводит в основном только лекционные материалы, без самостоятельной работы с рекомендованной литературой. Демонстрирует понимание предмета в целом, без углубления в детали. Присутствуют существенные ошибки или пробелы в знаниях по некоторым темам. Ответ неполный, основанный только на лекционных материалах. При понимании сущности предмета в целом – существенные ошибки или пробелы в знаниях сразу по нескольким темам, незнание (путаница) важных терминов. Учитываются баллы, накопленные в течение семестра.	
2 (неудовлетворительно)	Неспособность ответить на вопрос без помощи экзаменатора. Незнание значительной части принципиально важных элементов дисциплины. Многочисленные грубые ошибки. Непонимание заданного вопроса. Неспособность сформулировать хотя бы отдельные концепции дисциплины. Попытка списывания, использования неразрешенных технических устройств или пользования подсказкой другого человека (вне зависимости от успешности такой попытки). Не учитываются баллы, накопленные в течение семестра.	
Зачтено	Обучающийся ответил на вопросы устного собеседования, решил	

	практические задачи, возможно допуская несущественные ошибки в ответе на вопросы преподавателя. Учитываются баллы, накопленные в течение семестра.	
Не зачтено	Обучающийся не ответил на вопросы устного собеседования, не решил практические задачи, допустил существенные ошибки в ответе на вопросы преподавателя. Не учитываются баллы, накопленные в течение семестра.	

5.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

5.2.1 Перечень контрольных вопросов

№ п/п	Формулировки вопросов
Семестр 5	
1	Основные понятия теории планирования эксперимента
2	Постановка задачи при проведении экспериментальных исследований
3	Выбор метода экспериментальных исследований
4	Основы теории ошибок
5	Виды измерений и погрешностей
6	Оценка точечных и интервальных характеристик случайных величин
7	Сравнение средних значений экспериментальных данных
8	Определение специальных характеристик и функций
9	Корреляционная зависимость между экспериментальными данными
10	Метод наименьших квадратов
11	Дисперсионный анализ
12	Регрессионный анализ
13	Многофакторный эксперимент
14	Выбор факторов варьирования при проведении полного факторного эксперимента
15	Составление матрицы планирования экспериментов
16	Проверка значимости коэффициентов уравнения регрессии, описывающего исследуемый процесс
17	Проверка адекватности математической модели
18	Дробный факторный эксперимент
19	Статистический анализ результатов эксперимента
Семестр 6	
20	Этапы математического моделирования. Достоинства и недостатки методов математического моделирования
21	Элементы динамических моделей узлов машин (инерционный элемент, передаточная функция, упругие и диссипативные элементы). Характеристики элементов динамических моделей
22	Динамическая модель кривошипно-ползунного механизма, необходимая для определения мощности электропривода и развиваемого им момента
23	Динамическая модель кривошипно-ползунного механизма, необходимая для определения диаметра вала между электродвигателем и нижним шкивом клиноременной передачи
24	Динамическая модель кривошипно-ползунного механизма, необходимая для выбора клиноременной передачи
25	Динамическая модель кривошипно-ползунного механизма, необходимая для анализа его динамики с учетом пуансона для штамповки заготовок
26	Конструктивная схема батанного механизма ткацкого станка СТБ и принцип работы механизма
27	Динамические модели батанного механизма ткацкого станка СТБ в зависимости от целей дальнейшего исследования
28	Учет влияния зазоров в парах кулачки–ролики в батанных коробках батанного механизма ткацкого станка СТБ в динамических и математических моделях.
29	Конструктивная схема рычажного приемно-намоточного механизма, на рычаге которого закреплена паковка, и особенности его работы
30	Динамическая модель приемно-намоточного механизма рычажного типа (без учета податливости подшипниковых опор бобинодержателя и упругости оси бобинодержателя).

31	Динамическая модель приемно-намоточного механизма рычажного типа (при учете податливости подшипниковых опор бобинодержателя и упругости оси бобинодержателя).
32	Математическая модель кривошипно-ползунного механизма, необходимая для определения мощности электропривода и развиваемого им момента
33	Математическая модель кривошипно-ползунного механизма, необходимая для определения диаметра вала между электродвигателем и нижним шкивом клиноременной передачи
34	Математическая модель кривошипно-ползунного механизма, необходимая для выбора клиноременной передачи
35	Математическая модель кривошипно-ползунного механизма, необходимая для анализа его динамики с учетом пуансона для штамповки заготовок
36	Математическая модель батанного механизма ткацкого станка СТБ (общий случай)
37	Математическая модель приемно-намоточного механизма рычажного типа (без учета податливости подшипниковых опор бобинодержателя и упругости оси бобинодержателя)
38	Определение силы контактного взаимодействия паковки с фрикционным цилиндром для рычажного приемно-намоточного механизма
39	Определение зависимости деформации поверхности паковки от угловой координаты рычага подвеса паковки
40	Определение скорости деформации паковки в зоне контакта ее с фрикционным цилиндром для рычажного приемно-намоточного механизма
41	Динамическая модель иглы в замке вязального механизма трикотажной машины
42	Математическая модель иглы в замке вязального механизма трикотажной машины
43	Численное решение дифференциальных уравнений движения механической системы с использованием среды MATLAB

5.2.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено

5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

5 семестр

1. Вычислить оценки математического ожидания, среднего квадратического отклонения и коэффициент вариации для серии опытов: 10,8; 11,5; 10,5; 10,7

2. Определить доверительный интервал и математическое ожидание с заданным уровнем достоверности для серии экспериментов: 10,8; 11,5;10,5;10,7

3. Сравнить средние значения экспериментальных данных для двух серий опытов:
X1: -6,53; 6,55; 6,72; 6,7; 6,59; 6,64.
X2: –7,38; 7,24; 7,29; 7,38; 7,42; 7,34.

4. Подобрать методом наименьших квадратов параметры прямой, изображающей зависимость Y(X) при
Y: -30; 58; 95; 132; 160
X: -5; 10; 15; 20; 25.

6 семестр

1. Составить динамическую модель механизма для выбора двигателя

2. Составить динамическую модель механизма для выбора передачи

3. Получить математическую модель, соответствующую динамической модели механизма для выбора двигателя

4. Получить математическую модель, соответствующую динамической модели механизма для выбора передачи

5. Разработать алгоритм и программу для решения дифференциального уравнения движения механической системы в MATLAB

6. Определить значения упругодиссипативных характеристик элементов (вала, шпоночного соединения, зубчатой передачи) по его конструктивным параметрам

5.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности)

5.3.1 Условия допуска обучающегося к промежуточной аттестации и порядок ликвидации академической задолженности

Проведение промежуточной аттестации регламентировано локальным нормативным актом СПбГУПТД «Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся»

5.3.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная	+	Письменная		Компьютерное тестирование		Иная	

5.3.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Зачет

Не допускается использование текста лекций и других справочных материалов. Время на подготовку ответа на зачет не превышает 40 минут

Экзамен

Пользование справочными пособиями не допускается. Конструктивные схемы узлов и механизмов предоставляются для выбора. Время на подготовку ответа на зачет не превышает 40 минут

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
6.1.1 Основная учебная литература				
Мазин Л. С., Марковец А. В.	Математические модели узлов машин и механизмов как объектов управления	Санкт-Петербург: СПбГУПТД	2020	http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2020288
Шустрова, М. Л., Фафурин, А. В.	Основы планирования экспериментальных исследований	Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет	2016	https://www.iprbookshop.ru/62523.html
Абрамова, И. В., Шилова, З. В.	Теория планирования эксперимента	Соликамск: Соликамский государственный педагогический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»	2020	https://www.iprbookshop.ru/104339.html
6.1.2 Дополнительная учебная литература				
Анашкина Е. В., Марковец А. В.	Математическое моделирование	Санкт-Петербург: СПбГУПТД	2021	http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2021179
Ермаков, А. С.	Планирование и организация эксперимента	Москва: Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ	2014	https://www.iprbookshop.ru/25512.html
Анашкина Е. В., Марковец А. В., Мартынчик К. И.	Математические модели узлов технологических машин	Санкт-Петербург: СПбГУПТД	2025	http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2025125

6.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

Реферативная и справочная база данных рецензируемой литературы Scopus [Электронный ресурс]. URL: https://www.scopus.com

Электронно-библиотечная система IPRbooks [Электронный ресурс]. URL: http://www.iprbookshop.ru/

Информационно-справочная система документации MATLAB на русском языке [Электронный ресурс]. URL: https://docs.exponenta.ru/

6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

Microsoft Office Standart Russian Open No Level Academic

Microsoft Windows Home Russian Open No Level Academic Legalization Get Genuine (GGK) + Microsoft Windows Professional (Pro – профессиональная) Russian Upgrade Open No Level Academic

Octave

Лицензия на право использования Учебного комплекта программного обеспечения Корпоративный справочник Материалы и Сортаменты

Лицензия на право использования Учебного комплекта программного обеспечения Пакет обновления КОМПАС-3D

MATLAB

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

Аудитория	Оснащение
Компьютерный класс	Мультимедийное оборудование, компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду
Лекционная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска
Учебная аудитория	Специализированная мебель, доска