

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ДИЗАЙНА»

Кафедра машиноведения

**Методические указания к изучению дисциплины
«МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ МЕХАНИЗМОВ
И МОДЕЛИРОВАНИЕ НА ЭВМ»**

для студентов направления подготовки 15.03.02 –
«Технологические машины и оборудование»
заочной формы обучения
(все профили подготовки)

Составители:

Е. В. Анашкина

Л. С. Мазин

Санкт-Петербург
2016

Введение

Методические указания предназначены для оказания помощи студентам направления подготовки 15.03.02 – «Технологические машины и оборудование» заочной формы обучения в изучении дисциплины «Математические модели механизмов и моделирование на ЭВМ». Методические указания содержат перечень разделов и тем для самостоятельного изучения, а также перечни заданий для контрольных работ и вопросов к экзамену и зачету. Приводится список литературы, из которой можно получить необходимые сведения для изучения дисциплины и подготовки к контрольной работе и сдаче зачета и экзамена.

Дисциплина изучается в течение двух семестров. Перед началом изучения проводится установочная лекция, на которой студенты получают основные сведения о дисциплине, список необходимой для ее изучения литературы и задания для написания контрольной работы. В следующем семестре проводятся лекции и лабораторные занятия, сдается зачет. В заключительном семестре проводятся лабораторные занятия, и сдается экзамен по всему курсу.

1. Цель дисциплины

Сформировать компетенции обучающегося в области проектирования машин с использованием математического моделирования и информационных технологий.

2. Задачи дисциплины

- Рассмотреть причины, вызывающие необходимость исследования узлов, механизмов и машин с применением их динамических и математических моделей, анализа математических моделей на ЭВМ методами моделирования.
- Раскрыть принципы получения динамических моделей исследуемых объектов в зависимости от целей исследования, решения математических моделей на ЭВМ.
- Показать особенности исследования математических моделей на ЭВМ с помощью пакетов систем автоматизации инженерных расчетов либо использования языков программирования высокого уровня.

3. Наименование и содержание изучаемых учебных модулей и тем

Учебный модуль 1. Цели исследования при решении задач математического моделирования. Динамические и математические модели.

Тема 1. Цели исследования при решении задач математического моделирования.

Тема 2. Разработка динамических моделей согласно выбранной цели исследования.

Тема 3. Разработка математической модели по динамической модели.

Учебный модуль 2. Динамические и математические модели приемно-намоточного механизма.

Тема 4. Рычажный подвес.

Тема 5. Бобинодержатель.

Тема 6. Бобина с паковкой.

Тема 7. Фрикционный цилиндр.

Учебный модуль 3. Динамические и математические модели электропривода швейной машины.

Тема 8. Динамическая и математическая модели электродвигателя.

Тема 9. Динамическая и математическая модели механизма транспортирования ткани.

Учебный модуль 4. Использование пакета программ инженерных расчетов MATLAB для решения задач математического моделирования.

Тема 10. Математическое моделирование динамики приемно-намоточных механизмов.

Тема 11. Математическое моделирование динамики механизма транспортирования швейных машин.

Тема 12. Имитационное моделирование.

4. Перечень вопросов к зачету

1. Стратегия математического моделирования.
2. Этапы математического моделирования.
3. Достоинства и недостатки методов математического моделирования.
4. Динамическая модель кривошипно-ползунного механизма, необходимая для определения мощности электропривода и развиваемого им момента.
5. Математическая модель кривошипно-ползунного механизма, необходимая для определения мощности электропривода и развиваемого им момента.
6. Динамическая модель кривошипно-ползунного механизма, необходимая для определения диаметра вала между электродвигателем и нижним шкивом клиноременной передачи.
7. Математическая модель кривошипно-ползунного механизма, необходимая для определения диаметра вала между электродвигателем и нижним шкивом клиноременной передачи.
8. Динамическая модель кривошипно-ползунного механизма необходимая для выбора клиноременной передачи.
9. Математическая модель кривошипно-ползунного механизма, необходимая для выбора клиноременной передачи.

10. Динамическая модель кривошипно-ползунного механизма необходимая для анализа его динамики с учетом пуансона для штамповки заготовок.
11. Математическая модель кривошипно-ползунного механизма необходимая, для анализа его динамики с учетом пуансона для штамповки заготовок.
12. Динамические модели рычажно-намоточного механизма.

5. Перечень вопросов к экзамену

1. Динамическая модель прижимной лапки механизма транспортирования ткани швейной машины.
2. Математическая модель прижимной лапки механизма транспортирования ткани швейной машины.
3. Конструктивная схема батанного механизма ткацкого станка СТБ и принцип работы механизма.
4. Динамические модели батанного механизма ткацкого станка СТБ в зависимости от целей дальнейшего исследования.
5. Определение момента от силы прироста батанного механизма ткацкого станка СТБ.
6. Учет влияния в парах кулачки-ролики в батанных коробках батанного механизма ткацкого станка СТБ в динамических и математических моделях.
7. Математическая модель батанного механизма ткацкого станка СТБ (общий случай).
8. Конструктивная схема рычажного приемно-намоточного механизма, на рычаге которого закреплена паковка, и особенности его работы.
9. Математическая модель рычажного приемно-намоточного механизма.
10. Определение силы контактного взаимодействия паковки с фрикционным цилиндром для рычажного приемно-намоточного механизма.
11. Динамическая модель жесткого ротора в упругих опорах.
12. Самолетные Эйлеровы углы и их назначение.
13. Определение скорости деформации паковки в зоне контакта ее с фрикционным цилиндром для рычажного приемно-намоточного механизма.
14. Конструктивная схема механизма иглы трикотажной машины.
15. Динамическая модель иглы в клине трикотажной машины.
16. Математическая модель иглы в клине трикотажной машины.
17. Качественный анализ решения. Построение АЧХ.
18. Жесткие, мягкие и линейные упругие характеристики податливых элементов конструкции.
19. Метод гармонической линеаризации.
20. Математическое моделирование динамики элементов конструкции по их математической модели в системе инженерных расчетов MATLAB.

21. Жесткости соединительных узлов (клиноременная передача, шпонка, шлицевое соединение и др.).
22. Математическое моделирование приемно-намоточного механизма в системе инженерных расчетов MATLAB.
23. Моделирование элементов типа «сухое трение» в системе инженерных расчетов MATLAB.

6. Контрольная работа

Цель работы – получение практических навыков составления динамических и математических моделей машин и механизмов.

Порядок выполнения

Контрольная работа состоит из теоретической и расчетной частей. Перед выполнением контрольной работы необходимо изучить теоретические основы дисциплины, используя приведенный ниже список тем. Ссылки на литературу указаны в квадратных скобках. Цифра в квадратных скобках соответствует номеру источника в списке литературы.

Темы для изучения

1. Технологические машины, агрегаты и механизмы.

Основные определения технологического процесса, технологической машины, агрегата и механизма; их структура. Функции положения, передаточные функции, входные и выходные параметры.

Литература: [4, с. 5–6, § 1.1, 1.2, 2.1, 2.2]; [5, с. 5–16].

2. Динамические модели цикловых механизмов.

Общие сведения о динамических моделях. Принципы составления динамических моделей. Приведение масс и моментов инерции. Характеристики упругих связей и их приведение. Определение жесткости (коэффициентов податливости) различных элементов узлов и механизмов машин. Параметры диссипации и их приведение. Приведение сил и моментов в механизмах.

Литература: [4, § 6.1, 8.1]; [5, с. 26–41]; [6, § 67, 71].

3. 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.

Литература: [7, § 1.1–1.4, 1.6, 2.1].

4. Получение математических моделей узлов и механизмов машин отрасли.

Уравнения Лагранжа II рода. Выбор обобщенных координат, определение обобщенных сил, запись системы дифференциальных уравнений.

Литература: [4, § 8.2, с. 282–290]; [5, с. 61–71].

5. 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, влияние вращения паковки на силы контактного взаимодействия. Профилограммы паковок и методы их обработки.

Литература: [7, с. 30–34, 38–41, 48–59].

6. Динамическая и математическая модели двигателя.

Статическая, кинематическая и динамическая характеристики двигателя. Характеристики двигателя постоянного тока с независимым возбуждением. Общий вид механических характеристик двигателей.

Литература: [4, § 6.2].

7. Численное моделирование математических моделей.

Методы численного моделирования (метод Эйлера, Рунге-Кутты) и их реализация в пакете MATLAB.

Литература: [8, § 14.1–14.6]; [2, § 5.8].

Варианты заданий контрольных работ

Номер варианта соответствует последней цифре номера зачетной книжки.

а) Вопросы теоретической части заданий

Вариант 0

Кинематическая схема механизма и ее параметры.

Вариант 1

Функция положения механизма. Передаточные функции.

Вариант 2

Приведение масс и моментов инерции механизма.

Вариант 3

Приведение сил и моментов, действующих на звенья механизма.

Вариант 4

Характеристики упругих связей и их приведение. Определение коэффициентов жесткости вала, цилиндрического стержня при растяжении (сжатии), зубчатой передачи, подшипников качения.

Вариант 5

Параметры диссипации и их приведение.

Вариант 6

Основные понятия теории наматывания нити, типы паковок.

Вариант 7

Механизмы наматывания нити.

Вариант 8

Динамическая модель приемно-намоточного механизма маятникового типа.

Вариант 9

Цели исследования приемно-намоточных механизмов и соответствующие этим целям динамические модели.

б) Расчетная часть заданий

Для приведенной в табл. 1 механической системы (номер рисунка соответствует номеру варианта) записать выражение кинетической энергии, выражение элементарной работы сил (сил тяжести, моментов инерции, силы упругости пружины) на возможных перемещениях. В качестве обобщенной координаты принять перемещение груза 1 по вертикали. Нить считать невесомой, нерастяжимой.

Т а б л и ц а 1 . Расчетные схемы

Номер вар.	Схема	Номер вар.	Схема
0		1	
2		3	

Номер вар.	Схема	Номер вар.	Схема
4		5	
6		7	
8		9	

Содержание отчета о выполнении контрольной работы

1. Основные теоретические сведения по изучаемым темам.
2. Результаты выполнения расчетных заданий.

7. Учебно-методические материалы по дисциплине

1. Марковец, А. В. Кинематический анализ механизмов транспортирования материалов швейных машин: монография / А. В. Марковец, Л. С. Мазин. – СПб.: СПГУТД, 2006. – 312 с.
2. Поршнев, С. В. MATLAB 7. Основы работы и программирования: учебник / С. В. Поршнев. – М.: ООО «Бином-Пресс», 2006. – 320 с.
3. Марковец, А. В. Динамический анализ механизмов транспортирования материалов швейных машин: монография / А. В. Марковец, Л. С. Мазин. – СПб.: СПГУТД, 2010. – 237 с.
4. Механика машин: учеб. пособие для вузов / И. И. Вульфсон, М. Л. Ерихов, М. З. Коловский и др.; под. ред. Г. А. Смирнова. – М.: Высш. шк., 1996. – 511 с.

5. Вульфсон, И. И. Динамические расчеты цикловых механизмов / И. И. Вульфсон. – Л.: Машиностроение, 1976. – 328 с.
6. Артоболевский, И. И. Теория механизмов и машин: учеб. для втузов / И. И. Артоболевский. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. – 640 с.
7. Высокоскоростные приемно-намоточные механизмы для химических нитей / И. И. Матюшев, В. А. Климов, Л. С. Мазин и др. – М.: Легпромбытиздат, 1991. – 256 с.
8. Амосов А. А. Вычислительные методы для инженеров: учеб. пособие / А. А. Амосов, Ю. А. Дубинский, Н. В. Копченова. – М.: Высш. шк., 1994. – 544 с.
9. Тетельбаум, И. М. 400 схем для АВМ / И. М. Тетельбаум, Ю. Р. Шнейдер. – М.: Энергия, 1978. – 248 с.
10. Амосов, А. А. Вычислительные методы для инженеров / А. А. Амосов, Ю. А. Дубинский, Н. В. Кожевников. – М.: Высш. шк., 1994. – 544 с.
11. Скурихин, В. И. Математическое моделирование / В. И. Скурихин, В. Б. Шифрин, В. В. Дубровский. – Киев: Техніка, 1983. – 270 с.
12. Динамика цикловых машин: монография / И. И. Вульфсон. - СПб.: Политехника, 2013. - 425 с.
13. Евтюков С.А. Построение математических моделей и систем автоматизированного проектирования подъемно-транспортных и строительно-дорожных машин [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Евтюков С.А., Овчаров А.А., Замараев И.В.— Электрон. текстовые данные.— СПб.: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет ЭБС АСВ, 2011.— 44 с.
14. Дьяконов В.П. МАТЛАБ 7.*/R2006/R2007 [Электронный ресурс]: самоучитель/ Дьяконов В.П.— Электрон. текстовые данные.— М.: ДМК Пресс, 2008.— 768 с.