

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА (МИИТ)»**

УТВЕРЖДАЮ:

Директор ИТТСУ



П.Ф. Бестемьянов

08 сентября 2017 г.



Кафедра «Электропоезда и локомотивы»

Авторы Савоськин Анатолий Николаевич, д.т.н., профессор  
Сердобинцев Евгений Васильевич, д.т.н., профессор

**АННОТАЦИЯ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Аналитическая механика»**

|                          |  |
|--------------------------|--|
| Направление подготовки:  | <u>13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника</u> |
| Профиль:                 | <u>Электрический транспорт</u>                       |
| Квалификация выпускника: | <u>Бакалавр</u>                                      |
| Форма обучения:          | <u>очно-заочная</u>                                  |
| Год начала подготовки    | <u>2015</u>  |

|   |   |
|---|---|
| <p style="text-align: center;">Одобрено на заседании<br/>Учебно-методической комиссии института<br/>Протокол № 1<br/>06 сентября 2017 г.<br/>Председатель учебно-методической<br/>комиссии</p>  <p style="text-align: right;">С.В. Володин</p> | <p style="text-align: center;">Одобрено на заседании кафедры</p> <p style="text-align: center;">Протокол № 2<br/>04 сентября 2017 г.<br/>Заведующий кафедрой</p>  <p style="text-align: right;">О.Е. Пудовиков</p> |
|---|---|

Москва 2017 г.

## 1. Цели освоения учебной дисциплины

Цель преподавания дисциплины – изложение некоторых методов аналитической механики, применяемых для исследования динамики дос-таточно сложных систем, представляющих собой модели реальных конструкций подвижного состава (п.с.) железных дорог. В связи с развитием и совершенствованием методов исследования динамических процессов в рельсовом подвижном составе, возникает необходимость конкретизировать и выделить отдельные важные для рассматриваемого профиля №12 «Электрический транспорт» вопросы механики. Настоящий курс должен подготовить студента к восприятию методов, используемых при описании статического и динамического состояния подвижного состава с использованием современной вычислительной техники.

Задачи дисциплины:

- студент должен приобрести навыки выбора наиболее подходящего метода решения конкретных задач по исследованию движения сложных систем;
- студент должен приобрести навыки разработки кинематических схем моделей электроподвижного состава(э.п.с.) ;
- уметь определить число степеней свободы и создать математическую модель э.п.с. путем составления систем дифференциальных уравнений;
- уметь составить и решить уравнения движения всех видов подвижного состава;
- овладеть методами исследования свободных и вынужденных колебаний моделей электроподвижного состава;
- иметь опыт анализа результатов исследований и выбора на основании этого анализа необходимых параметров рессорного подвешивания.
- приобретение студентами навыков самостоятельной работы с науч-но-технической литературой по исследованию динамики э.п.с.

## 2. Место учебной дисциплины в структуре ОП ВО

Учебная дисциплина "Аналитическая механика" относится к блоку 1 "Дисциплины (модули)" и входит в его вариативную часть.

## 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

|       |   |
|-------|---|
| ОПК-2 | способностью применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач |
| ПК-2  | способностью обрабатывать результаты экспериментов  |

## 4. Общая трудоемкость дисциплины составляет

3 зачетные единицы (108 ак. ч.).

## 5. Образовательные технологии

Темы и объем самостоятельной работы студентов варьируются преподавателем в зависимости от уровня усвоения ими лекционного материала и выдаются в виде домашних заданий для закрепления ма-териала, освоенного на практических занятиях. Выполненные студентом домашние задания, расчеты и анализ их ре-зультатов контролируются преподавателем и учитываются при промежуточных контролях. .

## 6. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

## РАЗДЕЛ 1

### Введение

## РАЗДЕЛ 2

### Раздел 1. Основы аналитической механики

Тема: 1.1. Основные сведения из геометрической механики, используемые в аналитической механике

Принцип Даламбера для систем материальных точек. Задаваемые силы и реакции связей. Идеальные связи. Применение принципа Даламбера для составления дифференциальных уравнений движения в форме геометрических уравнений равновесия. Динамические реакции связей.

Тема: 1.2. Некоторые основные положения аналитической механики

Обобщённые координаты. Аналитическое описание связей. Кинематические (дифференциальные) и геометрические (конечные) связи. Голономные и неголономные системы. Возможные скорости и возможные мощности. Число степеней свободы. Возможные перемещения. Аналитическое выражение возможной скорости точки несвободной системы.

Некоторые дифференциальные принципы:

- принцип задаваемых мощностей;
- принцип возможных мощностей;
- общие уравнения динамики системы;
- принцип Журдена (Лагранжа) как необходимое условие обеспечения равновесия системы.

Обобщённые силы. Общее уравнение динамики в обобщённых силах. Условия равновесия в обобщённых силах. Определение обобщённой силы инерции с помощью оператора Лагранжа. Уравнение Лагранжа II рода. Определение обобщённых сил для консервативных систем. Понятие о диссипативных системах.

Применение методов аналитической механики к электромеханическим системам.

Тема: 1.3. Устойчивость равновесия и движения системы

Понятие об устойчивости равновесия по Ляпунову. Достаточное условие устойчивости равновесия консервативной системы. Теорема Лагранжа — Дирихле. Пример оценки устойчивости равновесия кузова подвижного состава. Понятие об устойчивости стационарного движения в малом. Теорема А.М. Ляпунова.

Понятие об областях устойчивости как совокупности параметров системы, при которых обеспечивается условие устойчивости.

## РАЗДЕЛ 3

### Раздел 3. Линейные колебания системы с двумя и конечным

Тема: 3.1 Методы исследования линейных колебаний систем

Кинетическая и потенциальная энергия системы с двумя степенями свободы при малых отклонениях от положения устойчивого равновесия. Система дифференциальных уравнений свободных колебаний и её решение. Собственные частоты и формы колебаний (коэффициенты распределения амплитуд). Законы изменения обобщённых координат. Вынужденные колебания под действием одной обобщённой силы. Установившиеся процессы колебаний. Резонансные режимы на двух собственных частотах колебаний. Колебания системы с конечным числом степеней свободы. Матричная форма записи кинетической и потенциальной энергии системы. Система дифференциальных уравнений свободных колебаний диссипативной системы в матричной форме. Случай консервативной системы. Собственные частоты и формы как собственные числа и собственные вектора

инерционно-упругой матрицы. Выражение решения для свободных колебаний в виде суперпозиции главных колебаний с собственными частотами.

Тема: 3.2. Анализ динамических систем при вынужденных колебаниях  
Вынужденные колебания неконсервативных систем. Установившийся режим. Определение частотных характеристик как реакций на единичное комплексное гармоническое возмущение. Анализ динамических свойств системы по амплитудным и фазовым частотным характеристикам. Определение установившихся реакций системы с помощью частотных характеристик.

## РАЗДЕЛ 4

### Раздел 2. Малые колебания систем

Тема: 2..1. Свободные колебания

Свободные колебания системы с одной степенью свободы. Консервативная система. Выражения для кинетической и потенциальной энергии при малых отклонениях от положения устойчивого равновесия. Дифференциальное уравнение свободных колебаний консервативной системы. Общий интеграл дифференциального уравнения свободных колебаний. Влияние сил вязкого сопротивления. Определение обобщённой диссипативной силы. Дифференциальные уравнения затухающих колебаний и его решение.

Тема: 2..2. Вынужденные колебания

Вынужденные колебания. Случай действия гармонической обобщённой возмущающей силы. Общее решение дифференциального уравнения вынужденных колебаний с учётом сил сопротивления. Установившийся режим.

Способы исследования вынужденных колебаний и области их применения. Аналитический способ решения систем дифференциальных уравнений. Исследование вынужденных колебаний с применением ЦВМ, как наиболее универсальный способ. Особенности задания возмущений при решении дифференциальных уравнений на аналоговых и цифровых вычислительных машинах. Интеграл свёртки (Дюамеля), как способ определения реакции системы на произвольное возмущение по реакциям на типовые единичные возмущения: единичный скачок и единичный импульс. Переходная функция и импульсная (весовая) характеристика, как реакции на единичный скачок и единичный импульс. Примеры их определения для одномассовой модели экипажа, как системы с одной степенью свободы.

Операторный способ решения системы дифференциальных уравнений. Понятие о преобразованиях Лапласа и передаточной функции. Определение изображения и оригинала реакции. Связь передаточной функции и импульсной характеристики.

Частотный способ решения системы дифференциальных уравнений. Понятие о преобразованиях Фурье и частотной характеристике, как реакции на единичное гармоническое возмущение. Вещественная, мнимая, амплитудная (АЧХ) и фазовая (ФЧХ) частотные характеристики. Определение изображения и оригинала реакции.

Преимущества частотного метода при исследовании установившихся вынужденных колебаний. Матричная форма записи выражений для частотных характеристик и реакций системы при кинематическом и силовом возмущениях. Использование преобразования Фурье для отыскания установившихся вынужденных колебаний линейной динамической системы при гармоническом возмущении. Понятие о спектрах Фурье. Связь частотной характеристики с передаточной функцией и импульсной характеристикой. Резонанс. Импульсная характеристика, передаточная функция и частотная характеристика, как динамические характеристики системы.