

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПРОГРАММА (программа профессиональной переподготовки)

«Высокоскоростной наземный транспорт»

Рабочие программы дисциплин

Дисциплина 1. Математическое моделирование. Численные методы.

Тема 1.1 Моделирование и его виды.

Понятие моделирования. Моделирование как метод научного познания. Принципы системного подхода в моделировании систем. Объекты исследования: система, процесс. Различные виды моделирования

Тема 1.2 Общая классификация моделей. Требования к модели. Проблема моделирования. Свойства модели.

Общие проблемы моделирования систем. Математическая модель. Общая форма. Свойства. Адекватность математических моделей. Методы построения математической модели сложного объекта. Основные принципы математического моделирования механических систем и процессов

Тема 1.3 Операции над моделями. Этапы построения модели.

Системный анализ объекта, построение модели, изучение модели, анализ модели, использование модели для выявления свойств объекта. Понятие натурального, математического и вычислительного эксперимента, их взаимосвязь. Вычислительные алгоритмы. Основные понятия теории приближенных вычислений и численных методов. Методы приближения функций. Аппроксимация, интерполирование и экстраполирование.

Тема 1.4 Математическая модель задачи линейного программирования. Каноническая форма и приведение к ней общей задачи линейного программирования.

Общая задача линейного программирования. Математические модели задач линейного программирования. Формы записи задач линейного программирования: общая, каноническая и стандартная.

Практические занятия № 1 (в объёме 2 часов). Решение задач по теме 1.4.

Тема 1.5 Графический метод решения задач линейного программирования. Задачи с двумя и с n переменными.

Теоретические основы графического метода решения задач линейного программирования. Алгоритм решения задачи ЛП графическим методом. Графический метод решения задач линейного программирования с n -переменными.

Практические занятия № 2 (в объёме 4 часов). Решение задач по теме 1.5.

Тема 1.6 Симплексный метод решения задач линейного программирования.

Специальные виды задач линейного программирования. Стандартная и каноническая задачи. Матричная форма записи. Эквивалентные формулировки. Эквивалентные преобразования. Базисное решение системы линейных уравнений. Алгоритм симплекс-метода решения задачи ЛП. Геометрическая интерпретация. Прямая и двойственная задача линейного программирования. Свойства. Теоремы двойственности и равновесия в линейном программировании.

Практические занятия № 3 (в объёме 4 часов). Решение задач по теме 1.6.

Тема 1.7 Транспортная задача.

Постановка транспортной задачи. Транспортная таблица. Сведение открытой транспортной задачи к закрытой. Первоначальный план перевозок. Составление первоначального плана перевозок с помощью метода северо-западного угла. Составление первоначального плана перевозок с помощью метода наименьшей стоимости. Вырожденные планы. Циклы и

пополнение плана. Проверка оптимальности плана и перераспределение поставок с помощью метода потенциалов. Вычисление потенциалов. Проверка оптимальности плана. Перераспределение поставок. Пример решения типовой транспортной задачи.

Практические занятия № 4 (в объёме 4 часов). Решение задач по теме 1.7.

Тема 1.8 Оптимальное планирование объемов перевозимых грузов.

Принципы планирования грузовых перевозок. Задачи оптимизации и их место в планировании перевозок. Составление оптимального плана грузовых перевозок. Моделирование транспортных сетей и расчет кратчайших расстояний.

Практические занятия № 5 (в объёме 2 часов). Решение задач по теме 1.8.

Тема 1.9 Источники погрешностей. Общая формула для погрешности.

Причины возникновения и классификация погрешности. Прямая задача теории погрешностей. Обратная задача теории погрешности. Основные источники погрешностей. Абсолютная и относительная погрешности. Определение количества верных значащих цифр результата вычислений. Погрешности суммы, разности, произведения, частного, степени и корня. Общая формула для погрешности. Правила округления. Понятие о вероятностной оценке погрешности. Понятие вычислительного алгоритма. Требования к вычислительному алгоритму.

Тема 1.10 Постановка задачи аппроксимация функций. Интерполяционные формулы Лагранжа и Ньютона. Оценка погрешности.

Аппроксимация функций. Постановка задачи. Теорема существования и единственности обобщенного интерполяционного многочлена. Приближение таблично заданных функций. Линейная интерполяция. Интерполяция кубическими сплайнами. Интерполяционные формулы Лагранжа и Ньютона. Интерполяция многочленами n -степени. Оценка погрешности интерполирования.

Практические занятия № 6 (в объёме 2 часов). Решение задач по теме 1.10.

Тема 1.11 Метод наименьших квадратов. Подбор эмпирических формул.

Приемы упрощения математических моделей. Математические свойства методов вычислений. Математические методы оптимизации. Приемы контроля математических моделей.

Практические занятия № 7 (в объёме 2 часов). Решение задач по теме 1.11.

Тема 1.12 Численное интегрирование.

Общие замечания. Формула трапеций и ее остаточный член. Общая формула трапеций (правило трапеций). Формула Симпсона и ее остаточный член. Общая формула Симпсона (параболическая формула).

Тема 1.13 Численные методы решения дифференциальных уравнений.

Интегрирование обыкновенных дифференциальных уравнений с помощью рядов. Метод Эйлера. Метод Эйлера с уравниванием. Метод Рунге-Кутты. Оценка погрешности и выбор шага. Метод Рунге-Кутты для системы дифференциальных уравнений первого порядка. Решение системы дифференциальных уравнений операционным методом.

Практические занятия № 8 (в объёме 4 часов). Решение задач по теме 1.13.

Дисциплина 2. Тяга поездов.

Тема 2.1 Основы тяги поездов: силы, действующие на поезд, модели поезда, основное уравнение движения.

Образование силы тяги. Образование тормозной силы. Силы, действующие на поезд, понятие удельных сил. Силы основного сопротивления движению. Дополнительное сопротивление движению от плана и профиля пути, низких температур, бокового ветра. Модель поезда – материальная точка. Модель поезда – несжимаемая нить. Модель поезда – набор соединенных дискретных масс. Уравнение движения поезда. Стационарные и переходные режимы движения поезда. Неблагоприятные явления, возникающие в переходных режимах движения поезда.

Тема 2.2 Тяговые расчеты. Методы выполнения тяговых расчетов.

Задачи тяговых расчетов. Правила тяговых расчетов. Графический метод тяговых расчетов:

особенности применения, достоинства и недостатки. Аналитический метод тяговых расчетов: особенности применения, достоинства и недостатки. Численный метод тяговых расчетов, особенности применения, достоинства и недостатки. Выбор величина шага интегрирования численного метода. Определение погрешности интегрирования численного метода. Методы определения массы поезда. Методы определения расхода электроэнергии и топлива на участке.

Тема 2.3 Подготовка и ввод начальных данных для тягового расчета. Аппроксимация тяговых и токовых характеристик.

Табличная, аналитическая, графическая формы начальной информации для тягового расчета. Ввод профиля и плана пути. Ввод сил сопротивления движению локомотива и состава. Интерполяция и аппроксимация графических зависимостей, заданных в Правилах тяговых расчетов. Интерполяция кубическими сплайнами тяговых и токовых характеристик электровоза. Влияние количества узлов интерполяции на точность результатов. Влияние количества узлов интерполяции на сложность тягового расчета численным методом. Ввод информации о составе для разных моделей поезда. Ввод информации об условиях движения: ограничения по скорости, боковой ветер, низкие температуры.

Практические занятия №1 (в объёме 10 часов). Аппроксимация тяговой характеристики локомотива полиномом.

Выполнение аппроксимации тяговой характеристики локомотива (по выбору) полиномом в редакторе электронных таблиц.

Тема 2.4 Тяговый расчет с использованием численных методов.

Обзор численных методов решения уравнения движения поезда. Метод Эйлера. Метод Рунге-Кутты 4-го порядка. Метод Рунге-Кутты-Мерсона. Метод Адамса. Решение тормозной задачи численным методом. Учет ограничений при выборе режима движения при выполнении расчета численным методом. Автоматическое определение шага интегрирования для метода Рунге-Кутты-Мерсона в режимах тяги, выбега и торможения.

Практические занятия №2 (в объёме 12 часов) Методы решения уравнения движения поезда.

Решение уравнения движения для заданного поезда и участка пути методом Рунге-Кутты 4-го порядка с разным шагом интегрирования (0,5 м, 1 м, 2 м)

Тема 2.5 Принципы оптимального управления. Повышение адекватности модели движущегося поезда.

Постановка задачи оптимального управления поездом. Критерии оптимизации и целевые функции. Ограничения на фазовые координаты. Методы решения оптимальной задачи. Принцип максимума Понтрягина. Метод динамического программирования. Применение методов оптимального управления для нормирования энергозатрат на тягу поездов. Применение методов оптимального управления в бортовой системе управления. Оценка адекватности математической модели по интегральной характеристике. Оценка адекватности математической модели на основе сравнения рядов данных. Способы повышения адекватности математической модели движения поезда с использованием данных из бортовых систем поезда на примере навигационной информации.

Дисциплина 3. Основы проектирования ВСНТ.

Тема 3.1 Основы проектирования высокоскоростных железных дорог.

Концептуальные подходы к созданию высокоскоростных железных дорог. Общие требования к инфраструктуре высокоскоростных железнодорожных линий и особые требования к проектам высокоскоростных магистралей (ВСМ). Общие принципы разработки и состав проектной документации; основные технические параметры и решения ВСМ. Искусственные сооружения на высокоскоростных железнодорожных линиях. Особенности системы электрификации и систем энергоснабжения высокоскоростных железных дорог.

Практические занятия № 11 (в объёме 4 часов). Техническое регулирование высокоскоростного железнодорожного транспорта.

Изучение основных положений Федеральных Законов Российской Федерации, технических регламентов и другой нормативной документации, регламентирующей деятельность железнодорожного транспорта и, в частности, ВСМ.

Тема 3.2 Механическая часть высокоскоростного подвижного состава.

Основные принципы построения современных высокоскоростных поездов. Кузова вагонов и локомотивов высокоскоростного подвижного состава, устройства для наклона кузова. Ходовая часть высокоскоростного подвижного состава. Сцепные устройства высокоскоростного подвижного состава. Конструктивные особенности подвижного состава с устройствами, обеспечивающими эксплуатацию на железных дорогах с разной шириной колеи.

Практические занятия № 12 (в объёме 8 часов). Устройство наклона кузова вагона

Изучение технических решений конструкции подвижного состава с наклоном кузова.

Тема 3.3 Динамика и взаимодействие подвижного состава и пути. Аэродинамика высокоскоростного подвижного состава.

Особенности динамики и взаимодействия экипажной части и пути, пантографа и контактного провода. Основы аэродинамики высокоскоростного подвижного состава. Соппротивление воздушной среды движению высокоскоростного подвижного состава.

Тема 3.4 Перспективные тормозные системы. Особенности тормозного оборудования высокоскоростного подвижного состава.

Тормозное оборудование высокоскоростных поездов, особенности конструкции и технических характеристик. Системы управления тормозами высокоскоростного поезда. Алгоритмы прицельного торможения поездов.

Практические занятия № 13 (в объёме 6 часов). Расчёт тормозного нажатия

Получения навыков в расчётах тормозов высокоскоростного поезда.

Тема 3.5 Особенности конструкции современных высокоскоростных поездов.

Концепции высокоскоростного подвижного состава и основные принципы построения современных высокоскоростных поездов. Компонировка поездов, пассажирских и служебных помещений вагонов. Системы жизнеобеспечения пассажиров и поездного персонала

Дисциплина 4. Теория автоматического управления.

Тема 4.1 Теория систем автоматического управления. Встраиваемые промышленные системы управления.

Модели линейных объектов: дифференциальные уравнения. Модели в пространстве состояний. Переходная функция. Импульсная характеристика (весовая функция). Передаточная функция. Преобразование Лапласа. Передаточная функция и пространство состояний. Частотные характеристики. Логарифмические частотные характеристики. Требования к управлению. Процесс на выходе. Точность Устойчивость Критерии устойчивости. Переходный процесс. Частотные оценки качества. Корневые оценки качества. Робастность.

Тема 4.2 Системы управления высокоскоростным подвижным составом.

Тяговый электродвигатель как линейный объект регулирования. Тяговый электродвигатель как нелинейный объект регулирования. Математическая модель и структурная схема тягового электропривода. Локомотивные системы автоматического управления, регулирования и защиты (САУ, САР, САЗ). Классификация локомотивных САУ, САР, САЗ. Автоматическое регулирование частоты вращения дизеля. Автоматическое регулирование напряжения тягового генератора. Автоматическое регулирование температуры теплоносителей. Автоматическое регулирование ТЭД. Датчики и чувствительные элементы (ЧЭ) систем локомотивной автоматики.

Тема 4.3 Перспективные системы управления: архитектура, функции, интерфейсы.

Микропроцессорная система управления и диагностики. Универсальная система автоматического ведения поезда (УСАВП). Система автоматического управления тормозами (САУТ). Архитектура современных систем управления на примере MENTCS. Переход к унифицированной архитектуре единой микропроцессорной системы управления,

диагностики и безопасности. Обобщение функций систем управления, диагностики и безопасности. Промышленные коммуникационные интерфейсы.

Практические занятия №14 (в объёме 10 часов). Настройка работы ПИД регулятора для объектов управления с различными характеристиками. Определение коэффициентов ПИД регулятора для заданных объектов управления.

Дисциплина 5. Организация эксплуатации и сервисного обслуживания ВСНТ.

Тема 5.1 Организация производства, ремонт и техническое обслуживание высокоскоростного тягового подвижного состава.

Организация технического обслуживания и ремонта высокоскоростного подвижного состава. Планово-предупредительная система обслуживания и ремонта подвижного состава. Современные методы управления техническим состоянием подвижного состава. Контрольно-диагностические комплексы для оценки состояния подвижного состава в движении. Особенности устройства депо для обслуживания и ремонта высокоскоростного подвижного состава. Сервисное обслуживание скоростного и высокоскоростного подвижного состава на железных дорогах России. Системы и методы управления уровнем качества продукции. Технический контроль качества. Сертификация продукции. Стандарты ISO серии 9000.

Практические занятия № 15 (в объёме 2 часов). Современные методы управления эксплуатацией и ремонтом высокоскоростного подвижного состава.

Изучение новых методов обслуживания и ремонта ВСМ, в условиях цифровой трансформации железнодорожного транспорта.

Тема 5.2 Надежность подвижного состава.

Основные понятия, величины и теоремы теории вероятностей. Распределение случайных величин. Анализ, расчет и прогнозирование показателей надежности локомотивов, их узлов и деталей. Факторы, влияющие на надёжность подвижного состава. Основные положения ГОСТ 32192-2013 Надежность в железнодорожной технике. Основные понятия. Термины и определения. Комплексные показатели надежности. Методы расчёта и анализа надёжности изделий. Повреждения, отказы и их классификация. Категории отказов в работе технических средств, виды отказов локомотива. Пути повышения надёжности локомотивов. CALS-технологии (англ. Continuous Acquisition and Lifecycle Support — непрерывная информационная поддержка поставок и жизненного цикла изделий). Структура управления эксплуатационной надёжностью локомотива.

Практические занятия № 16 (в объёме 8 часов). Комплексные показатели надёжности.

Обработка статистических данных и расчёт комплексных показателей надёжности подвижного состава.

Тема 5.3 Информационные технологии и системы диагностирования при эксплуатации и обслуживании высокоскоростного подвижного состава.

Основные задачи и структура технической диагностики высокоскоростного подвижного состава. Виды и основные параметры технического состояния высокоскоростного подвижного состава. Классификация средств технической диагностики. Методы технического диагностирования оборудования и систем высокоскоростного подвижного состава. Автоматизированные системы контроля основных узлов и агрегатов высокоскоростного подвижного состава. Возможности компьютерных средств современной технической диагностики основных узлов и агрегатов подвижного состава. Современные перспективные компьютерные средства контроля основных узлов и агрегатов высокоскоростного подвижного состава.

Практические занятия № 17 (в объёме 4 часов). Автоматизация диагностики высокоскоростного подвижного состава.

Понятие предиктивной и прескриптивной диагностики, построение простейших алгоритмов предиктивной диагностики.

Дисциплина 6. Тяговый привод.

Тема 6.1 Тяговые электродвигатели. Особенности тяговых электродвигателей для ВСНТ.

Назначение, классификация, функциональные и структурные схемы электрических передач локомотивов. Общие сведения о тяговых электрических машинах, применяемых в электрических передачах локомотивов. Механические характеристики элементов электрической передачи. Принципы управления и определение основных параметров передач локомотивов. Системы автоматического управления электрической передачей локомотива. Микропроцессорные системы автоматического регулирования электрической передачей локомотива, плавное регулирование. Понятие поосного регулирования в электрической передаче локомотива. Электродинамическое торможение, силовая схема и ограничения, накладываемые на тормозную характеристику.

Практические занятия № 18 (в объёме 10 часов). Математическое моделирование тягового привода.

Особенности создания математической модели в пакете SimInTech для исследования характеристик колесно-моторного блока электропоезда 2ЭСГ.

Тема 6.2 Силовые преобразователи в системах управления тяговыми электродвигателями.

Выпрямительная установка и режимы ее работы с учетом индуктивности цепей. Сравнительный анализ схем выпрямления. Внешние характеристики выпрямителей. Расчет параметров выпрямительной установки и ее к.п.д. Автономный и неавтономный инверторы, устройство, принцип действия, основные характеристики. Современные тяговые преобразователи, структурные схемы и характеристики. Требования к характеристикам тяговых преобразователей локомотивов. Преобразователи тока и напряжения. Принципы управления преобразователями. КПД преобразователей, режимы их охлаждения.

Практические занятия № 19 (в объёме 4 часов). Исследование характеристик колесно-моторного блока электропоезда ЭС2Г.

Исследования характеристик колесно-моторного блока электропоезда 2ЭСГ на базе построенной математической модели в пакете SimInTech.

Тема 6.3 Тяговые приводы высокоскоростного подвижного состава.

Условия эксплуатации тяговых приводов, характер нагрузок, действующих на элементы тягового привода. Классификация тяговых приводов. Силы, действующие в тяговом приводе. Особенности конструкции и динамические характеристики тяговых приводов различных классов. Тяговый редуктор и его характеристики. Принцип выбора тягового редуктора. Современные подходы к проектированию тягового привода. Анализ работы тягового привода.

Практические занятия № 20 (в объёме 6 часов). Векторное управление асинхронным тяговым двигателем.

Дисциплина 7. Безопасность движения ВСНТ.

Тема 7.1 Нормативное и организационное обеспечение безопасной эксплуатации ВСНТ. Планирование и подтверждение обеспечения безопасности высокоскоростного железнодорожного транспорта.

Организационное и нормативное обеспечение безопасной эксплуатации ВСМ. Правовая база, основные понятия и принципы технического регулирования; технические регламенты. Правовая база подтверждения соответствия, основные понятия о системах сертификации; формы подтверждения соответствия, схемы сертификации, органы по сертификации продукции и услуг. Планирование и подтверждение обеспечения безопасности высокоскоростного железнодорожного транспорта.

Практические занятия № 21 (в объёме 6 часов). Требования ТР ТС 002/2011 Технического регламента Таможенного союза «О безопасности высокоскоростного железнодорожного транспорта»

Изучение основных положений технического регламента и схем декларирования соответствия продукции

Тема 7.2 Правила технической эксплуатации железных дорог. Опыт подготовки локомотивных бригад.

Понятие безопасности движения в поездной и маневровой работе железных дорог. Показатели безопасности движения. Понятие ответственного технологического процесса (ОТП), его состояния, дестабилизирующие факторы, безопасность ОТП, риски потерь. Взаимосвязь показателей надежности и безопасности движения поездов. Распределение причин по видам проявления, по хозяйствам ВСМ, по основным профессиям хозяйств ВСМ. Классификация причин нарушения безопасности движения. Классификатор нарушений правил технической эксплуатации и безопасности в поездной и маневровой работе. Основные направления системы профилактических мер по предупреждению аварийности на железных дорогах. Характерные признаки неисправностей высокоскоростного подвижного состава при движении поездов. Действия работников железнодорожного транспорта при обнаружении угрозы безопасности движения. Мероприятия по обеспечению безопасности движения на железнодорожном транспорте.

Практические занятия №22 (в объёме 6 часов). Требования приложения №9 ПТЭ.

Изучение основных положений инструкции по эксплуатации объектов инфраструктуры, железнодорожного подвижного состава и организации движения на участках обращения скоростных и высокоскоростных пассажирских поездов со скоростью от 140 до 250 км/ч включительно.

Тема 7.3 Локомотивные устройства безопасности. Системы автоматического прицельного торможения.

Основные и дополнительные локомотивные устройства безопасности (ЛУБ). Функции безопасности. Понятие функциональной безопасности. Автоматическая локомотивная сигнализация (АЛС) АЛСН и АЛС-ЕН. Безопасный локомотивный объединенный комплекс - БЛОК, и система обеспечения безопасности для высокоскоростных поездов - СОБ-400, устройство, структурные схемы и реализуемые функции. Принципы интервального регулирования движения поездов. Перспективные системы интервального регулирования. Система информирования машиниста (СИМ) и системы автоведения. Концепция развития локомотивных устройств безопасности.

Практические занятия №23 (в объёме 2 часов). Концепция развития локомотивных устройств безопасности.

Изучение основных положений Концепции развития локомотивных устройств безопасности, рассмотрение вопроса обеспечения безопасности при беспилотном управлении локомотивом.