

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПРОГРАММА (программа профессиональной переподготовки)

«Тяговый подвижной состав и локомотивное хозяйство»

Рабочие программы дисциплин

Дисциплина 1. Тяга поездов

Тема 1.1. 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 1.2. 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 1.3. 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.

Практическое занятие № 1 (в объёме 4 ак. часов). Аппроксимация тяговой характеристики локомотива полиномом.

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

Тема 1.4. 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.

Практическое занятие № 2 (в объёме 4 ак. 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 1.5. 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 2. Теория и конструкция локомотивов

Тема 2.1. Механическое оборудование локомотивов

Кузова локомотивов: классификация, особенности конструкции, технические требования. Экипажная часть локомотивов. Рамы тележек локомотивов: классификация, особенности конструкции, компоновочные схемы. Колесные пары локомотивов: особенности конструкции основных элементов. Буксовые узлы: назначение, технические требования, классификация, особенности конструкции, образование поперечных разбегов колесных пар. Рессорное подвешивание локомотивов: особенности конструкции упругих, упругодемпфирующих и демпфирующих элементов. Компоновочные схемы и основные технические параметры двухступенчатого рессорного подвешивания. Узлы упругого поперечного соединения кузова и тележки: анализ различных конструкций, основные параметры.

Практическое занятие № 3 (в объёме 2 ак. часов). Рессорное подвешивание электровоза ЭП20.

Изучение принципа действия, конструкции и характеристик рессорного подвешивания электровоза ЭП20.

Тема 2.2. Электрические машины. Электрическое оборудование локомотивов

Классификация электрических машин, основные конструктивные исполнения. Принцип действия электрических машин. Магнитное поле электрических машин. Потери энергии в электрических машинах. Коэффициент полезного действия электрических машин и зависимость его от нагрузки. Нагревание и охлаждение электрических машин. Принцип действия и устройство машин постоянного тока. Реакция якоря машины постоянного тока: искажение кривой распределения магнитной индукции при нагрузке, уменьшение магнитного потока и ЭДС из-за насыщения отдельных участков магнитной цепи. Коммутация в машинах постоянного тока: сущность процесса коммутации, природа щеточного контакта. Характеристики генераторов с независимым, параллельным, последовательным и смешанным возбуждением. Устройство, принцип действия, классификация асинхронных и синхронных машин, области применения. Пуск асинхронных двигателей: общая характеристика процесса пуска, способы пуска короткозамкнутых двигателей, пуск двигателей с фазным ротором, асинхронные короткозамкнутые двигатели с улучшенными пусковыми свойствами. Регулирование угловой скорости асинхронных двигателей, общая характеристика и сравнение способов регулирования. Однофазный асинхронный двигатель: принцип действия, характеристики, способы пуска. Параллельная работа синхронных генераторов. Электромагнитный момент синхронной машины. Статическая устойчивость синхронных машин. Синхронный двигатель: векторные диаграммы, рабочие характеристики, способы пуска. Назначение, принцип действия и устройство трансформаторов. Теория рабочего процесса трансформатора. Потери мощности в трансформаторе, коэффициент полезного действия и его зависимость от тока нагрузки. Характеристика аварийных режимов электрооборудования. Внутренние и внешние короткие замыкания в энергетических цепях.

Влияние токов короткого замыкания на тяговое электрооборудование.

Тема 2.3. Локомотивные энергетические установки

Этапы развития тепловых двигателей и применение их в качестве локомотивных энергетических установок (ЛЭУ), классификация и технико-экономические характеристики ЛЭУ. Конструкция энергетических установок паровозов, тепловозов, рельсовых автобусов, газотурбовозов. Рабочий цикл ЛЭУ паровоза, четырехтактного и двухтактного дизелей тепловоза, газотурбинного двигателя газотурбовоза. Моделирование рабочих процессов с использованием компьютерных технологий. Влияние условий эксплуатации на техническое состояние и технико-экономические показатели работы ЛЭУ. Современные методы испытаний и диагностики ЛЭУ.

Получения навыков выявления предотказных состояний и неисправностей ЛЭУ по результатам дешифрирования данных зарегистрированных МПСУ тепловоза.

Тема 2.4. Вспомогательное оборудование локомотивов

Перечень и назначение вспомогательного оборудования на локомотиве. Перспективы развития и совершенствования характеристик вспомогательного оборудования. Масляная, водяная, топливная системы тепловоза и их оборудование. Приводы вентиляторов. Системы охлаждения тяговых электрических машин и аппаратов. Пневматические цепи локомотива. Системы пожаротушения. Назначение, особенности конструкции коммутационных аппаратов, аппаратов защиты, регулирования, контроля и управления. Датчики, манометры, индикаторы назначение и перспективы развития.

Тема 2.5. Динамика тягового подвижного состава

Основной закон механики системы. Динамика материальной точки. Общие теоремы динамики системы. Теорема об изменении количества движения. Теорема о движении центра масс. Теорема об изменении момента количества движения. Теорема об изменении кинетической энергии. Применение общих теорем динамики для системы твердых тел. Принцип Даламбера для материальной точки. Элементы теории устойчивости равновесия систем. Первая ступень рессорного подвешивания (буфровая ступень). Вторая ступень рессорного подвешивания (кузовная или центральная ступень). Показатели виброзащиты тягового подвижного состава. Устойчивость колеса против схода с рельсов. Устойчивость пути против сдвига в плане (поперечная устойчивость пути). Устойчивость пути по ширине колеи. Поперечная устойчивость экипажа от опрокидывания в кривой. Плавность хода.

Практическое занятие № 4 (в объёме 2 ак. часов). Рессорное подвешивание.

Изучение классификации и конструкции рессорного подвешивания локомотивов.

Тема 2.6 Особенности конструкции подвижного состава метрополитена.

Развитие метрополитена. Конструкция вагонов метрополитена. Особенности конструкции подвижного состава зарубежных вагонов метрополитена. Электрическое оборудование и тяговые электродвигатели.

Дисциплина 3. Теория автоматического управления

Тема 3.1. Теория систем автоматического управления. Линейные и нелинейные системы

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 3.2. Системы управления локомотивов

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 3.3. 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 MEN TCS. Переход к унифицированной архитектуре единой микропроцессорной системы управления, диагностики и безопасности. Обобщение функций систем управления, диагностики и безопасности. Промышленные коммуникационные интерфейсы.

Практическое занятие № 5 (в объёме 4 ак. часов). Настройка работы ПИД регулятора для объектов управления с различными характеристиками. Определение коэффициентов ПИД регулятора для заданных объектов управления.

Дисциплина 4. Организация эксплуатации, ремонта и технического обслуживания локомотивов

Тема 4.1. Локомотивное хозяйство. Организация производства, ремонт и обслуживание тягового подвижного состава

Реформирование локомотивного хозяйства, этапы становления. Организация технического обслуживания и ремонта локомотивов в условиях реформирования локомотивного хозяйства. Современные методы управления ремонтом локомотивов. Планово-предупредительная система обслуживания и ремонта локомотивов. Содержание и принципы планирования на предприятии. Организация процесса планирования. Организация и проектирование поточного производства при ремонте локомотивов. Теоретические основы проектирования и расчетные параметры поточных линий. Организация экипировочного хозяйства, комплекс экипировочных устройств. Разработка маршрутного технологического процесса и технологических операций. Нормирование технологических операций. Определение неисправностей и отказов деталей собранных объектов по внешним признакам. Основы контроля состояния деталей механических частей. Основы технологии восстановления деталей механических частей локомотива. Основы контроля состояния токоведущих частей оборудования. Классификация повреждений изоляции и токоведущих частей машин и аппаратов, полупроводниковых элементов. Причины, вызывающие эти повреждения. Техническое обслуживание и ремонт аккумуляторных батарей. Факторы, определяющие уровень качества. Методы оценки уровня качества. Этапы развития теории и практики управления качеством. Системы и методы управления уровнем качества продукции. Технический контроль качества. Сертификация продукции. Стандарты ISO серии 9000.

Практическое занятие № 6 (в объёме 2 ак. часов). Современные методы управления эксплуатацией и ремонтом локомотивов.

Изучение новых методов управления локомотивным комплексом, в условиях цифровой трансформации железнодорожного транспорта.

Тема 4.2. Информационные технологии и системы диагностирования при эксплуатации и обслуживании локомотивов

Основные задачи технической диагностики электроподвижного состава. Структура технической диагностики электроподвижного состава. Виды технического состояния электроподвижного состава. Основные параметры технического состояния электроподвижного состава. Классификация средств технической диагностики электроподвижного состава. Методы технического диагностирования электроподвижного состава. Автоматизированные системы контроля основных узлов и агрегатов электроподвижного состава. Возможности компьютерных средств современной технической

диагностики основных узлов и агрегатов электроподвижного состава. Современные перспективные компьютерные средства контроля основных узлов и агрегатов электроподвижного состава.

Практическое занятие № 6 (в объёме 2 ак. часов). Автоматизация диагностики локомотивов.

Понятие предиктивной диагностики, построение простейших алгоритмов предиктивной диагностики.

Тема 4.3. 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, характеризующие особенности конструкции. 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.

Тема 4.4. Безопасность жизнедеятельности

Цель и содержание дисциплины «Безопасность жизнедеятельности», ее основные задачи, место и роль в подготовке специалиста. Характеристика системы «человек – машина – среда обитания». Современные методы обеспечения безопасности жизнедеятельности. Физиология труда и условия жизнедеятельности человека. Системы обеспечения параметров микроклимата и состав воздуха: отопление, вентиляция, кондиционирование, их устройство и требования к ним. Освещение. Опасные, вредные и поражающие факторы в системе «человек — машина — среда обитания». Причина техногенных аварий и катастроф. Воздействие опасных и вредных факторов на человека и негативных факторов на среду обитания. Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций на железнодорожном транспорте. Определение основных понятий: травматизм, повреждение, несчастный случай. Расследование, учет и анализ несчастных случаев на производстве как основа для разработки профилактических мероприятий по борьбе с травматизмом. Действие электрического тока на организм человека. Виды поражения электрическим током. Основные защитные мероприятия. Порядок допуска к обслуживанию электроустановок. Особенности взрывной и пожарной безопасности на предприятиях железнодорожного транспорта. Общие сведения о пожаротушении; тушение водой, пеной, углекислотными составами, порошками, комбинированными составами. Системы и устройства пожарной сигнализации. Специальная оценка условий труда и ее задачи: определение фактических значений опасных и вредных производственных факторов на рабочих местах, и оценка состояния условий труда, предоставление льгот и компенсаций за работу во вредных и тяжелых условиях труда и разработка мероприятий по улучшению и оздоровлению условий труда.

Тема 4.5. Организация работы метрополитена

Принципы организации работы метрополитена. Подвижной состав метрополитена, особенности конструкции перспективного подвижного состава. Организация эксплуатации, технического обслуживания и ремонта подвижного состава метрополитена. График движения поездов. Обслуживание поездов локомотивных бригад.

Дисциплина 5. Тяговый привод

Тема 5.1. Гидравлические передачи тепловозов

Определение и свойства жидкостей. Модель идеальной жидкости. Гидростатическое давление и его свойства. Сила давления жидкости на различные поверхности. Виды движения жидкости. Уравнения Бернулли для идеальной и реальной жидкостей.

Гидравлические сопротивления. Движение жидкости в напорных трубопроводах. Виды потерь энергии в лопастных системах. Уравнение баланса энергии гидромашины. Общие сведения о насосах: центробежные, вихревые, объемные. Элементы и схемы гидропривода. Общее устройство, принцип работы и характеристики тепловозных гидротрансформаторов и гидромурфт. Классификация и принцип действия гидравлических передач.

Тема 5.2. Электрические передачи локомотивов

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. Выбор схемы соединения тягового генератора, тягового преобразователя и тяговых электродвигателей. Понятие поосного регулирования в электрической передаче локомотива. Электродинамическое торможение, силовая схема и ограничения, накладываемые на тормозную характеристику.

Практическое занятие № 7 (в объёме 2 ак. часов). Определение электротяговых характеристик тягового электродвигателя постоянного тока.

Расчет и построение электромеханических и электротяговых характеристик.

Тема 5.3. 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.

Тема 5.4. Тяговые приводы

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.

Дисциплина 6. Безопасность движения и автоматические тормоза подвижного состава

Тема 6.1. Метрология, стандартизация и сертификация. Средства навигации подвижного состава и определения параметров механического движения

Правовая база, основные понятия и принципы технического регулирования; технические регламенты. Основные понятия, цели и принципы стандартизации; основные положения Государственной и Национальной систем стандартизации, порядок и правила разработки и утверждения стандартов, категории и виды стандартов; качество продукции, основные понятия. Критерии и методы оценки. Правовая база подтверждения соответствия, основные понятия о системах сертификации; формы подтверждения соответствия, схемы сертификации, органы по сертификации продукции и услуг. Правовая база метрологии; основные понятия, средства и методы технических измерений, погрешности измерений; обеспечение единства измерений; метрологическое обеспечение производства. Географические системы координат СК-45, WGS-84. Глобальные навигационные системы на основе триангуляции. Железнодорожная координата. Системы определения характеристик поступательного движения поезда: скорости, ускорения, пройденного пути. Комплексование данных с глобальных систем и других навигационных систем. Определение отклонения по маршруту движения на стрелочном переводе. Определение

непогашенного ускорения в кривой. Построение электронной карты пути. Динамические погрешности определения местоположения поезда.

Тема 6.2. Правила технической эксплуатации железных дорог. Организация обеспечения безопасности движения и автоматические тормоза

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, по основным профессиям хозяйства перевозок. 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 подвижного состава при движении поездов. Действия работников железнодорожного транспорта при обнаружении угрозы безопасности движения. Мероприятия по обеспечению безопасности движения на железнодорожном транспорте. Автоматические тормоза подвижного состава, классификация. Конструкция и принцип действия автотормозов подвижного состава. Тормозной путь.

Практическое занятие № 8 (в объёме 2 ак. часов). Требования Технического регламента Таможенного союза «О безопасности железнодорожного подвижного состава» (ТР ТС - 001 - 2011).

Изучение требований ТР ТС - 001 – 2011 к тяговому подвижному составу выбор схемы декларирования соответствия продукции

Тема 6.3. Локомотивные устройства безопасности. Системы автоматического прицельного торможения

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

Практическое занятие № 9 (в объёме 2 ак. часов). Концепция развития локомотивных устройств безопасности.

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