

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



Рабочая программа дисциплины (модуля),
как компонент образовательной программы
специализированного высшего образования
по направлению подготовки
23.04.01 Технология транспортных процессов,
утвержденной директором РУТ (МИИТ)
Покусаевым О.Н.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Аэродинамика и тормозные системы высокоскоростных поездов

Направление подготовки: 23.04.01 Технология транспортных процессов

Направленность (профиль): Организация перевозок и управление на ВСМ

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины (модуля) в виде
электронного документа выгружена из единой
корпоративной информационной системы управления
университетом и соответствует оригиналу

Простая электронная подпись, выданная РУТ (МИИТ)
ID подписи: 2017
Подписал: заместитель директора Ефимова Ольга
Владимировна
Дата: 16.06.2026

1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Целью освоения дисциплины является формирование у обучающихся системного представления о физико-технических процессах, определяющих безопасность и эффективность движения высокоскоростных поездов, и развитие способности применять методы расчета тормозных характеристик и оценки аэродинамических ограничений для принятия обоснованных управленческих решений при организации перевозочного процесса.

Задачи освоения дисциплины

Обеспечить освоение теоретических основ аэродинамического сопротивления, механизмов возникновения поршневого эффекта, а также принципов действия и интеграции различных типов тормозных систем (пневматических, рекуперативных, дисковых, магниторельсовых, вихретоковых)..

Сформировать умение выполнять инженерные расчеты тормозных путей, времени замедления и анализировать тепловые режимы тормозных устройств при штатном, полном служебном и экстренном торможении. Развить способность обоснованно выбирать рациональную конфигурацию торможения и применять методы корректировки графиков движения с учетом аэродинамических ограничений (ветровое воздействие, встречный разъезд).

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

Перечень формируемых результатов освоения образовательной программы (компетенций) в результате обучения по дисциплине (модулю):

ПК-5 - Владеет методами диспетчерского управления и контроля движения поездов, анализа выполнения графика движения.

Обучение по дисциплине (модулю) предполагает, что по его результатам обучающийся будет:

Знать:

- физические закономерности аэродинамического сопротивления высокоскоростного подвижного состава и влияние геометрии головных вагонов на энергозатраты;

- механизмы возникновения поршневого эффекта в тоннелях и его воздействие на подвижной состав, инфраструктуру и условия безопасного пропуска поездов;

- расчётные параметры аэродинамических сил при встречном разезде составов и боковом ветровом воздействии на высоких скоростях;
- нормативные подходы и методы оценки шумового воздействия высокоскоростного движения на окружающую среду и прилегающую инфраструктуру;
- принципы действия, конструктивные особенности и эксплуатационные характеристики пневматических, рекуперативных, дисковых, магниторельсовых и вихретоковых тормозных систем;
- методы интеграции различных типов тормозных устройств в единый контур управления и распределения тормозных сил по тележкам состава;
- математические модели и алгоритмы расчёта тормозных путей, времени замедления и кривых торможения для поездов ВСМ;
- тепловые режимы фрикционных и электромагнитных тормозных устройств при штатном, полном служебном и экстренном торможении;
- критерии выбора оптимальной конфигурации тормоза в зависимости от профиля пути, интенсивности движения и требований к точности остановки;
- методика учёта аэродинамических и тормозных ограничений при формировании, корректировке и анализе выполнения графика движения поездов;
- требования нормативно-технической документации, регламентирующие допуски тормозных характеристик и аэродинамические нормы безопасности на ВСМ.

Уметь:

- рассчитывать тормозные пути и анализировать эффективность тормозных режимов высокоскоростных поездов с учётом профиля пути, загрузки состава и предельных тепловых параметров тормозных устройств;
- оценивать влияние аэродинамических факторов (лобовое сопротивление, поршневой эффект, встречное разездное и ветровое воздействие) на безопасность движения и соблюдение графика движения поездов;
- подбирать и обосновывать рациональное сочетание типов тормозных систем (пневматических, рекуперативных, дисковых, магниторельсовых, вихретоковых) для конкретных эксплуатационных условий и технологических режимов ВСМ.

3. Объем дисциплины (модуля).

3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 3 з.е. (108 академических часа(ов)).

3.2. Объем дисциплины (модуля) в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении учебных занятий:

Тип учебных занятий	Количество часов	
	Всего	Семестр №1
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	32	32
В том числе:		
Занятия лекционного типа	16	16
Занятия семинарского типа	16	16

3.3. Объем дисциплины (модуля) в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации составляет 76 академических часа (ов).

3.4. При обучении по индивидуальному учебному плану, в том числе при ускоренном обучении, объем дисциплины (модуля) может быть реализован полностью в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации.

4. Содержание дисциплины (модуля).

4.1. Занятия лекционного типа.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
1	<p>Аэродинамическое сопротивление высокоскоростного подвижного состава</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Понятие аэродинамического сопротивления при высокоскоростном движении, его основные составляющие. - Математическая зависимость величины аэродинамического сопротивления и потребной мощности тяги от скорости движения (квадратичная и кубическая зависимости). - Влияние геометрических параметров головных вагонов (длина носа, угол наклона, площадь поперечного сечения) на снижение лобового сопротивления. - Аэродинамические характеристики межвагонных пространств и влияние величины зазоров между вагонами на общее сопротивление состава.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	<ul style="list-style-type: none"> - Влияние состояния внешней поверхности кузова (шероховатость, наличие выступающих элементов, токоприемников) на сопротивление трения. - Методы экспериментального определения аэродинамических характеристик: испытания в аэродинамических трубах и натурные испытания на полигонах. - Основы численного моделирования аэродинамических процессов при проектировании и модернизации высокоскоростного подвижного состава.
2	<p>Поршневой эффект и аэродинамические силы при взаимодействии с внешней средой</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Физическая сущность поршневого эффекта, возникающего при входе высокоскоростного поезда в тоннель или при встречном разъезде. - Механизм распространения волн сжатия и разрежения в тоннеле, их воздействие на подвижной состав, пассажиров и элементы инфраструктуры. - Инженерные методы снижения негативных последствий поршневого эффекта. - Аэродинамические силы, возникающие при встречном разъезде двух высокоскоростных составов. - Нормативные требования к безопасному расстоянию между путями и габаритам приближения строений при встречном разъезде на высоких скоростях. - Влияние бокового ветрового воздействия на динамическую устойчивость высокоскоростного поезда на прямых участках, насыпях и путепроводах. - Методы оценки ветроустойчивости подвижного состава и алгоритмы автоматического ограничения скорости движения при сильном ветре. - Анализ реальных инцидентов, связанных с аэродинамическим воздействием на ВСМ и превентивные меры по их предотвращению.
3	<p>Шумовое воздействие высокоскоростного движения и методы его снижения</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Классификация источников шума при движении высокоскоростного поезда - Зависимость общего уровня акустического воздействия от скорости движения - Санитарные нормы и методы оценки шумового воздействия на окружающую среду и прилегающую жилую инфраструктуру. - Методы снижения шума на источнике: оптимизация аэродинамики головных вагонов, применение шумопоглощающих панелей на крыше и боковых стенах. - Методы снижения шума на пути распространения: конструкция и эффективность акустических экранов, шумозащитных насыпей, специальные решения верхнего строения пути. - Особенности акустического воздействия в тоннелях (эффект резонанса) и инженерные методы его снижения. - Методы инструментального контроля и постоянного мониторинга шумового воздействия в процессе эксплуатации ВСМ.
4	<p>Принципы действия и характеристики тормозных систем высокоскоростных поездов</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Классификация тормозных систем, применяемых на высокоскоростном подвижном составе, и общие требования к их эффективности и надежности. - Конструктивные особенности, принцип действия пневматического торможения и ограничения при движении со скоростью свыше 200 км/ч. - Принцип действия, конструктивные особенности и области эффективного применения рекуперативного (электродинамического) торможения. - Устройство и работа фрикционных дисковых тормозов: типы тормозных колодок, современные материалы фрикционных пар, системы принудительного охлаждения. - Принцип действия и конструктивные особенности магниторельсовых тормозов, их критическая роль в обеспечении экстренного торможения. - Вихретоковые тормоза: физика процесса генерации тормозной силы, преимущества перед

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	<p>магниторельсовыми, особенности применения на скоростях свыше 200 км/ч.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Сравнительный анализ эффективности различных типов тормозов в зависимости от скорости движения (построение и анализ диаграмм тормозных сил). - Особенности эксплуатации и обслуживания тормозных систем в различных климатических условиях (низкие температуры, обледенение, попадание песка). - Современные тенденции и перспективные разработки в области создания тормозных систем для поездов со скоростями свыше 350 км/ч.
5	<p>Интеграция тормозных устройств в единый контур управления</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Архитектура распределенной цифровой системы управления торможением высокоскоростного. - Принципы оптимального распределения тормозных сил по тележкам и вагонам состава для обеспечения продольной устойчивости и предотвращения юза. - Алгоритмы совместной работы рекуперативных и фрикционных тормозов: приоритет рекуперации энергии и обеспечение плавного перехода между режимами торможения. - Системы защиты от юза и блокировки колесных пар: принципы работы датчиков и алгоритмы регулирования давления в тормозных цилиндрах. - Бортовые системы диагностики и мониторинга состояния тормозного оборудования в реальном времени, передача данных на наземные пункты обслуживания. - Особенности управления торможением при работе по системе многих единиц (СМЕ) и в составе поезда переменной длины. - Резервирование и отказоустойчивость тормозной системы: алгоритмы действий и перераспределение тормозных сил при отказе отдельных контуров или вагонов. - Взаимодействие бортовой системы управления торможением с системами интервального регулирования движения и диспетчерской централизацией.
6	<p>Математические модели расчёта тормозных путей и тепловые режимы</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Основные дифференциальные уравнения движения поезда при торможении, учитывающие основное сопротивление движению и профиль пути. - Методика расчёта тормозного пути при служебном и экстренном торможении с использованием утвержденных нормативных формул и таблиц. - Учёт влияния массы состава, начальной скорости и динамического коэффициента трения в тормозной паре на итоговую величину тормозного пути. - Тепловые процессы в фрикционных тормозных устройствах: механизмы поглощения и рассеивания кинетической энергии при торможении. - Методы расчёта температурных режимов тормозных дисков и колодок при многократном служебном и экстренном торможении на затяжных спусках. - Критические тепловые состояния, приводящие к тепловому разрушению тормозных дисков или заклиниванию механизмов. - Особенности теплоотвода в магниторельсовых и вихретоковых тормозах и их термическое влияние на верхнее строение пути (нагрев рельсов и шпал). - Применение компьютерного моделирования для прогнозирования кинематических и тепловых параметров торможения в виртуальной среде.
7	<p>Критерии выбора оптимальной конфигурации тормоза</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ключевые факторы, влияющие на выбор типов и соотношения тормозных средств: профиль трассы, максимальная конструкционная скорость, масса поезда. - Методика подбора тормоза для участков с затяжными спусками (обеспечение преобладания рекуперативного и реостатного торможения). - Требования к высокой точности остановки на пассажирских платформах и роль различных типов тормозов в обеспечении этой точности. - Оценка экономической эффективности применения тех или иных типов тормозных систем

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	(стоимость жизненного цикла, затраты на техническое обслуживание). - Влияние выбранной конфигурации тормоза на общее энергопотребление состава. - Практические примеры конфигурации тормозных систем на существующих высокоскоростных магистралях (РЖД, Европа, Азия). - Перспективные разработки в области создания облегченных, композитных и высокоэффективных тормозных комплексов для ВСМ будущего.
8	Учёт ограничений в графике движения и нормативно-техническая документация Рассматриваемые вопросы: - Учёт реальных тормозных характеристик подвижного состава при построении графиков движения и определении минимальных межпоездных интервалов. - Алгоритмы оперативной корректировки графика движения диспетчером при возникновении нештатных ситуаций, связанных с аэродинамикой или торможением. - Обзор основных нормативно-технических документов (ГОСТ, СТО РЖД, ТР ТС), регламентирующих безопасность высокоскоростного движения. - Нормативные требования к допустимым значениям тормозных путей и минимальным коэффициентам сцепления для высокоскоростного подвижного состава. - Процедуры сертификации и приемочных испытаний высокоскоростного подвижного состава на соответствие требованиям стандартов и технического задания.

4.2. Занятия семинарского типа.

Лабораторные работы

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
1	Инженерный расчет тормозных путей и анализ тепловых режимов тормозных устройств Обучающиеся выполняют расчеты тормозных путей для высокоскоростного подвижного состава при служебном и экстренном торможении. Расчеты проводятся для участков с различным профилем пути, включая затяжные спуски и крутые подъемы. Учитывается переменная масса состава и начальная скорость движения. С использованием нормативных формул и расчетных моделей проводится анализ поглощения и рассеивания кинетической энергии. Оцениваются пиковые температуры тормозных дисков и колодок при многократном служебном торможении. Отдельное внимание уделяется тепловым режимам при экстренном торможении на максимальных скоростях. Проверяется соответствие полученных температурных значений критическим тепловым состояниям фрикционных пар. Анализируется влияние климатических условий, таких как низкие температуры и обледенение, на эффективность торможения. Рассматриваются методы принудительного охлаждения тормозных устройств в современных поездах. Запланированным результатом является выполнение расчетно-пояснительных материалов с обоснованием безопасных скоростей снижения. В материалах подтверждается отсутствие превышения предельных тепловых нагрузок на элементы тормозной системы.
2	Оценка аэродинамических воздействий и расчет ограничений скорости движения Обучающиеся решают задачи по определению величин поршневого эффекта при входе высокоскоростного поезда в тоннели заданного сечения и длины. Проводится расчет безопасных габаритов и оценка боковых сил, возникающих при встречном разъезде двух составов на разных скоростях. Анализируются данные по боковому ветровому воздействию на открытых участках пути, насыпях и путепроводах. На основании полученных данных разрабатываются алгоритмы и пороговые значения для ограничения скорости движения. Рассматриваются методы оценки ветроустойчивости подвижного состава в различных метеоусловиях. Изучаются нормативные требования к безопасному расстоянию между путями при встречном разъезде. Анализируются реальные инциденты, связанные с аэродинамическим воздействием на высокоскоростных

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
	магистралях. Разрабатываются превентивные меры по предотвращению негативных последствий аэродинамических сил. Оценивается влияние геометрии головных вагонов на снижение лобового сопротивления и ветровых нагрузок. Запланированным результатом являются сформированные таблицы и графики аэродинамических ограничений скорости для условного участка высокоскоростной магистрали. Эти графики учитывают наличие тоннелей, мостовых переходов и специфические метеоусловия региона.
3	Проектирование конфигурации тормоза для заданных условий эксплуатации Обучающимся предлагается инженерный кейс по подбору и обоснованию рационального сочетания тормозных систем. Рассматриваются рекуперативные, дисковые, магниторельсовые и вихретоковые тормоза для высокоскоростного поезда. Поезд работает на конкретном маршруте с заданным профилем трассы и интенсивностью движения. Производится оценка энергетической эффективности выбранного сочетания тормозных средств. Анализируется влияние массы тормозного оборудования на общее энергопотребление состава. Рассчитываются эксплуатационные затраты на протяжении жизненного цикла различных типов тормозов. Разрабатывается схема распределения тормозных сил по осям и вагонам для обеспечения продольной устойчивости. Оцениваются требования к высокой точности остановки на пассажирских платформах. Запланированным результатом выступает технико-экономическое и инженерное обоснование выбранной конфигурации тормоза.
4	Оперативное управление движением поездов при возникновении аэродинамических и тормозных ограничений Обучающиеся анализируют ситуационные задачи нештатных ситуаций в условиях высокоскоростного движения. Рассматриваются сценарии внезапного усиления бокового ветра на перегоне. Анализируется ситуация выхода из строя части тормозного оборудования на одном из вагонов состава. Изучается необходимость экстренной корректировки интервалов из-за аэродинамических ограничений. Разрабатываются планы оперативной корректировки графика движения в заданных условиях. Производится пересчет минимальных межпоездных интервалов с учетом сниженных тормозных характеристик. Выбираются безопасные режимы ведения составов до конца поездки или до пункта отстоя. Оценивается взаимодействие бортовой системы управления торможением с системами интервального регулирования. Анализируются алгоритмы действий диспетчера при отказе отдельных контуров тормозной системы. Запланированным результатом являются разработанные диспетчерские решения и скорректированные параметры графика движения. Эти параметры обеспечивают безусловное выполнение требований безопасности при заданных технических и аэродинамических ограничениях.

4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Подготовка к лабораторным занятиям.
2	Подготовка к промежуточной аттестации.
3	Подготовка к текущему контролю.

5. Перечень изданий, которые рекомендуется использовать при освоении дисциплины (модуля).

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
----------	----------------------------	---------------

1	Пегов, Д.В. Устройство и эксплуатация высокоскоростного наземного транспорта : учебное пособие / Д. В. Пегов, А. М. Евстафьев, А. С. Мазнев. — Москва : ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2014. — 267 с. — 978-5-89035-722-9	https://umczdt.ru/books/1211/225926/
---	--	---

6. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, которые могут использоваться при освоении дисциплины (модуля).

- Официальный сайт РУТ(МИИТ) (<https://www.miit.ru>).
- Научно-техническая библиотека РУТ(МИИТ) (<https://lib.rgtrc.ru/>).
- Образовательная платформа «Юрайт» (<https://urait.ru/>).
- Электронно-библиотечная система «Лань» (<https://e.lanbook.com/?u=>).
- Общие информационные, справочные и поисковые системы «Консультант Плюс» (<https://www.consultant.ru/>), «Гарант» (<https://www.garant.ru/>).
- Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (<https://elibrary.ru/>).

7. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, необходимого для освоения дисциплины (модуля).

Microsoft Internet Explorer (или другой браузер).
Операционная система Microsoft Windows.
Microsoft Office (Word, PowerPoint).

8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные компьютерной техникой и наборами демонстрационного оборудования.

9. Форма промежуточной аттестации:

Зачет в 1 семестре.

10. Оценочные материалы.

Оценочные материалы, применяемые при проведении промежуточной аттестации, разрабатываются в соответствии с локальным нормативным актом РУТ (МИИТ).

Авторы:

доцент, к.н. кафедры
«Железнодорожные станции и
транспортные узлы»

А.А. Сидраков

Согласовано:

Заместитель директора

О.В. Ефимова

Председатель учебно-методической
комиссии

Д.В. Паринов