

**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)**

**Моделирование транспортных систем**

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 и совершенствование комплекса профессиональных знаний о классификации и принципах проведения имитационного моделирования, а также практических умений и навыков создания моделей объектов высокоскоростных магистралей, автоматизированной верификации моделей на основе реальных эксплуатационных данных и интерпретации результатов сценарных расчетов для обоснования решений по организации перевозочного процесса и сдерживанию показателя пропускной способности.

Задачи освоения дисциплины

- Образовательная задача: Обеспечение усвоения теоретических знаний о критериях выбора методов моделирования, архитектуре создаваемых моделей объектов высокоскоростных магистралей, методах математической формализации поездопотоков и пассажиропотоков, характеристиках режимов движения и алгоритмах верификации моделей. Освоение данной группы знаний оценивается в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации (экзамена).

- Практическая (деятельностная) задача: Развитие умений выбирать оптимальный метод моделирования под профессиональные задачи, строить модели транспортных систем с учетом особенностей подсистем, формировать массивы исходных данных для воспроизведения штатных и нештатных поездных ситуаций, а также интерпретировать результаты сценарного моделирования для разработки обоснованных управленческих решений. Сформированность умений проверяется и оценивается посредством защиты отчетов по лабораторным работам и решения ситуационных задач.

- Операциональная (навыковая) задача: Формирование устойчивых навыков автоматизированной верификации создаваемых моделей в специализированном программном обеспечении, а также оперативного проведения сценарного моделирования режимов организации движения для оценки показателя пропускной способности и обоснованного выявления резервов, необходимых для повышения устойчивости перевозочного процесса. Демонстрация и оценка сформированности навыков осуществляется в ходе выполнения и защиты практических результатов лабораторных работ.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

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

**ПК-1** - Способен к организации перевозочного процесса на высокоскоростных магистралях с использованием современных технологий управления движением;

**ПК-2** - Способен разрабатывать и внедрять мероприятия по повышению эффективности организации движения и использования пропускной способности ВСМ.

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

**Знать:**

- классификацию, принципы и области применения методов моделирования транспортных процессов (математическое, процессное, имитационное и системно-динамическое);

- критерии выбора метода моделирования для решения профессиональных задач организации перевозок и управления движением на ВСМ;

- принципы организации перевозочного процесса на высокоскоростных магистралях с использованием современных средств моделирования технологии управления движением поездов;

- архитектуру моделей объектов высокоскоростных магистралей и структура взаимодействия подсистем транспортного процесса (инфраструктура, подвижной состав, пассажиры);

- методы математической формализации и визуализации поездопотоков и пассажиропотоков в транспортных системах;

- требования к сбору, подготовке и верификации исходных данных для построения транспортных моделей;

- характеристики штатных, пиковых и нештатных режимов движения поездов на ВСМ для целей сценарного моделирования;

- алгоритмы верификации моделей на основе реальных или оперативных данных;

- методика оценки пропускной способности и показатели движения поездов на ВСМ с применением создаваемых моделей.

**Уметь:**

- выбирать рациональный метод моделирования в зависимости от задач организации перевозок и управления движением на ВСМ;

- строить модель объектов транспортной системы ВСМ, обосновывая элементы и параметры взаимодействия подсистем;
- формировать массивы исходных данных и настраивать параметры модели для отражения штатных, пиковых и нештатных ситуаций движения поездов;
- интерпретировать результаты сценарного моделирования для обоснования мероприятий по улучшению показателей работы ВСМ.

**Владеть:**

- автоматизированной верификацией создаваемых моделей движения поездов и пассажиропотоков на ВСМ в специализированном программном обеспечении;
- оперативным проведением сценарного моделирования режимов организации движения поездов для оценки показателя пропускной способности ВСМ и обоснования резервов, необходимых для обеспечения устойчивости перевозочного процесса.

3. Объем дисциплины (модуля).

3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 5 з.е. (180 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 148 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><b>Теоретические основы и классификация методов моделирования транспортных систем</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <p>Понятие и роль моделирования в управлении сложными транспортными системами. Основные определения: модель, имитация, верификация, корректность работы модели. Классификация методов моделирования: аналитические, имитационные (дискретно-событийные), агентные и системно-динамические. Их принципиальные математические и логические отличия.</p> <p>Имитационное моделирование: принципы работы, область применения для оценки пропускной способности, построения и анализа графиков движения поездов. Агентное моделирование. Концепция автономных агентов, правила их поведения и взаимодействия, применение для моделирования пассажиропотоков и конфликтов движения поездов. Системно-динамическое моделирование: понятие петель обратной связи, запасов и потоков, применение для стратегического планирования развития инфраструктуры ВСМ. Критерии выбора метода моделирования: зависимость от горизонта планирования, доступности исходных данных и специфики решаемой профессиональной задачи. Обзор современного программного обеспечения для моделирования транспортных систем и их специфика для высокоскоростных магистралей. Ограничения и допущения при построении транспортных моделей: влияние упрощений на достоверность результатов и границы применимости моделей.</p>
2	<p><b>Архитектура и принципы организации перевозочного процесса на ВСМ как объекта моделирования</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <p>Специфика высокоскоростных магистралей как объекта моделирования: ключевые отличия от обычных железных дорог (скоростные режимы, минимальные межпоездные интервалы, требования к геометрии пути). Архитектура транспортной системы ВСМ: выделение ключевых подсистем (инфраструктура, высокоскоростной подвижной состав, системы управления движением, пассажиры). Структура и порядок взаимодействий между подсистемами создаваемой модели: информационные, энергетические и материальные потоки в рамках единой модели. Принципы организации перевозочного процесса на ВСМ с использованием современных цифровых технологий и интеллектуальных систем управления. Роль систем интервального регулирования движения поездов автоматической локомотивной сигнализации в формировании и перестроении графиков движения поездов. Моделирование взаимодействия «поезд-путь»: влияние аэродинамики и тормозных характеристик высокоскоростного подвижного состава на расчетные интервалы следования поездов. Учет человеческого фактора в моделях управления движением поездов: время реакции диспетчера и машиниста в нестандартных ситуациях. Интеграция подсистем ВСМ в единую транспортно-логистическую цепь: моделирование работы транспортно-пересадочных узлов и их отдельных элементов.</p>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
3	<p><b>Математическая формализация и визуализация поездопотоков и пассажиропотоков на ВСМ</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:  Основы теории транспортных потоков: макроскопические, микроскопические, мезоскопические и цифровые подходы к моделированию движения поездов. Математическое описание поездопотока: понятия плотности, скорости, интенсивности, построение фундаментальной диаграммы потока для условий ВСМ. Моделирование пассажиропотоков: использование матриц корреспонденций, функций распределения спроса по времени суток и дням недели. Стохастические процессы в транспортных системах: учет случайных задержек, времени обслуживания на станциях и вероятностных характеристик прибытия и отправления поездов. Алгоритмы генерации событий в дискретно-событийных моделях: логика обработки событий «прибытие поезда», «занятие блок-участка», «отправление». Принципы визуализации транспортных моделей: 2D и 3D представление, использование тепловых карт загрузки (занятости) и анимации движения. Визуализация пассажиропотоков: агентное моделирование поведения пассажиров на платформах и в вокзальных комплексах станций ВСМ. Интерпретация результатов визуализации: методики выявления «узких мест» в организации движения поездов.</p>
4	<p><b>Особенности режимов движения поездов на ВСМ для осуществления сценарного моделирования</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:  Понятие сценарного моделирования и его роль в управлении операционными рисками на высокоскоростном транспорте. Характеристики штатного режима движения: следование по жесткому расписанию, нормативные интервалы, соблюдение профилей скоростей. Моделирование пиковых режимов: учет сезонных и суточных колебаний спроса, увеличение плотности графика движения и его влияние на устойчивость графика движения поездов. Классификация нештатных ситуаций на ВСМ: отказы технической инфраструктуры, сбои в системах управления, воздействие метеорологических факторов. Алгоритмы поведения модели при возникновении задержек: правила установки приоритета поездов, автоматическое перестроение графика движения поездов, формирование задержек. Моделирование процессов восстановления нормативного графика движения поездов после сбоя: стратегии рекупации времени и диспетчерского регулирования. Оценка устойчивости графика движения поездов к возмущающим воздействиям и стохастическим отклонениям. Разработка сценариев развития инфраструктуры ВСМ: моделирование последствий введения новых станций или изменения скоростных ограничений на участках.</p>
5	<p><b>Работа с данными: сбор, подготовка, и верификация для моделей транспортных систем</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:  Источники исходных данных для моделирования работы ВСМ: системы диспетчерского контроля, автоматизированные системы продажи билетов, датчики отслеживания состояния инфраструктуры. Проблемы качества эксплуатационных данных: пропуски, выбросы, дублирование записей, рассинхронизация временных меток. Методы очистки и нормализации данных: интерполяция пропущенных значений, сглаживание шумов, приведение к единому формату. Агрегация и дезагрегация данных: методология перехода от макроуровня к микроуровню и обратно при построении многоуровневой модели. Верификация исходных данных: проверка на физическую реализуемость и соответствие нормативно-техническим требованиям железнодорожного транспорта. Формирование массивов исходных параметров для создаваемой модели: структура файлов ввода, форматы данных (CSV, XML, подключение к базам данных). Управление большими данными в контексте моделирования транспортных систем: инструменты обработки и хранения массивов телеметрии. Документирование набора данных: создание паспортов данных и реестров метаданных для обеспечения полной воспроизводимости моделирования.</p>
6	<p><b>Алгоритмы верификации имитационных моделей на основе реальных данных</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:  Различие между верификацией (проверка правильности программной реализации модели) и</p>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	<p>валидацией/калибровкой (проверка соответствия модели реальности). Этапы верификации модели: структурный анализ логики, трассировка алгоритмов, модульное тестирование отдельных компонентов модели. Понятие калибровки: итеративный процесс подбора параметров модели для минимизации расхождений между исходными данными модели и реальными наблюдениями. Метрики качества калибровки: среднеквадратичная ошибка, средняя абсолютная ошибка, коэффициент детерминации и их интерпретация. Алгоритмы автоматической калибровки: применение метода наименьших квадратов, генетических алгоритмов и имитации отжига для поиска оптимальных параметров. Калибровка микроскопических параметров: уточнение времени реакции, характеристик разгона и торможения высокоскоростного подвижного состава в модели. Валидация модели на независимом наборе данных: принцип разделения исторической выборки на обучающую и тестовую подвыборки. Оформление отчета о верификации и калибровке: фиксация принятых допущений, итоговых значений параметров и достигнутых метрик точности.</p>
7	<p><b>Методики оценки пропускной способности на ВСМ</b>  Рассматриваемые вопросы:  Понятие пропускной способности ВСМ: различия между технической, расчетной и наличной пропускной способностью участков и станций. Методики расчета пропускной способности: аналитические формулы UIC 406 и их адаптация для специфических условий высокоскоростного движения. Имитационный метод оценки пропускной способности: генерация предельно плотных графиков движения и анализ возникающих маршрутных конфликтов. Показатели организации движения на ВСМ: коэффициент использования пропускной способности, средняя техническая и участковая скорость, регулярность движения. Оценка влияния технологических операций на станциях (посадка-высадка, смена направления) на общую пропускную способность линии ВСМ. Анализ «узких мест»: выявление блок-участков или горловин станций, лимитирующих пропускную способность. Методы повышения пропускной способности: оптимизация межпоездных интервалов. Экономическая интерпретация результатов моделирования: методика перевода временных задержек и простоев в финансовые потери для перевозчика.</p>
8	<p><b>Современные цифровые технологии и цифровые модели в управлении движением на ВСМ</b>  Рассматриваемые вопросы:  Концепция цифровой модели транспортной системы: принципиальные отличия от традиционной статической имитационной модели. Архитектура цифровой модели ВСМ: обеспечение двусторонней связи физической системы и виртуальной модели в режиме реального времени с применением IoT-датчиков. Применение цифровых моделей для предиктивного (прогнозного) управления движением и предотвращения нештатных ситуаций до их возникновения. Интеграция моделей машинного обучения (ML) с имитационными моделями для повышения точности прогнозирования задержек и пассажиропотоков. Роль больших данных и облачных вычислений в обеспечении необходимого быстродействия и масштабируемости сложных моделей ВСМ. Практические сценарии использования цифровых моделей: обучение диспетчеров, стресс-тестирование новых графиков движения поездов, планирование ремонтных «окон». Нормативно-правовые и кибербезопасные аспекты внедрения цифровых моделей на объектах критической транспортной инфраструктуры. Перспективы развития методов моделирования: применение квантовых вычислений и переход к полностью автономному управлению движением поездов (GoA4).</p>

## 4.2. Занятия семинарского типа.

### Лабораторные работы

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
1	<p><b>Сбор, подготовка и нормализация исходных данных для моделирования транспортных процессов на ВСМ</b></p> <p>Обучающиеся изучают структуру и источники получения исходных данных для моделирования работы объектов высокоскоростных магистралей, включая системы диспетчерского контроля и автоматизированные системы продажи билетов. Выполняется выгрузка первичных данных о фактическом движении поездов за заданный период времени. Студенты проводят первичный анализ качества данных, выявляя пропуски, выбросы и дублирование записей. Применяются методы очистки и нормализации информации, такие как интерполяция пропущенных значений и сглаживание временных рядов. Осуществляется агрегация данных для перехода от микроуровня к макроуровню моделирования. Выполняется валидация входных параметров на предмет их физической реализуемости и соответствия нормативно-техническим требованиям железнодорожного транспорта. Формируются структурированные массивы исходных данных в форматах CSV или XML для последующего импорта в программное обеспечение. Создаются паспорта наборов данных с описанием метаданных для обеспечения воспроизводимости реальных объектов ВСМ. Оценивается полнота и достоверность подготовленного массива перед его использованием в имитационной среде. Результаты оформляются в виде отчета с таблицами очищенных данных и графиками их распределения.</p>
2	<p><b>Построение модели участка высокоскоростной магистрали в специализированном программном обеспечении</b></p> <p>Обучающиеся запускают специализированное программное обеспечение для имитационного моделирования транспортных систем. В рабочей среде создается цифровая модель заданного участка высокоскоростной магистрали с учетом профиля пути и расположения станций. Студенты настраивают характеристики высокоскоростного подвижного состава, включая параметры разгона, торможения и профильные скорости. Производится конфигурирование систем интервального регулирования движения поездов и логики работы светофоров в соответствии с технологическими схемами. Настраиваются параметры пассажиропотоков, включая матрицы корреспонденций и вероятностные функции времени обслуживания на платформах. Определяются правила взаимодействия между различными подсистемами модели, такими как инфраструктура, поезда и пассажиры. Выполняется первичный тестовый запуск модели для проверки корректности заданных логических связей и отсутствия синтаксических ошибок. Выявленные несоответствия устраняются путем ручной или автоматизированной корректировки параметров объектов модели. Проводится визуальная проверка анимации движения для подтверждения адекватности пространственного представления системы. Итогом работы является сохраненный файл базовой модели, полностью готовой к процедуре калибровки.</p>
3	<p><b>Верификация и калибровка имитационной модели движения поездов на участке ВСМ</b></p> <p>Обучающиеся импортируют в созданную концептуальную модель массивы реальных исторических данных о движении поездов. Выполняется серия тестовых запусков модели для получения базовых исходных параметров и временных характеристик. Студенты фиксируют первоначальные расхождения между модельными временами прибытия и отправления и фактическими данными из выборки. Проводится итеративная настройка микроскопических параметров, таких как время реакции диспетчера, задержки на блок-участках и время стоянки на станциях. Для оценки точности калибровки рассчитываются метрики качества, включая среднеквадратичную ошибку, среднюю абсолютную ошибку и коэффициент детерминации. Полученные значения сравниваются с установленными нормативными порогами корректности моделируемого объекта. При превышении допустимых погрешностей процесс подбора параметров повторяется с использованием методов автоматической оптимизации. По достижении требуемой точности фиксируются итоговые значения калибруемых параметров в реестре модели. Осуществляется валидация модели на независимом тестовом наборе данных для подтверждения ее универсальности. Результаты оформляются в виде протокола верификации и калибровки с графическим сравнением модельного и реального графиков движения поездов.</p>

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
4	<p>Сценарное моделирование режимов организации движения и оценка показателя пропускной способности участка ВСМ</p> <p>На базе верифицированной модели обучающиеся разрабатывают и настраивают серию операционных сценариев движения. Первый сценарий моделирует штатное движение с максимальной расчетной плотностью графика и нормативными интервалами. Второй сценарий отражает пиковую нагрузку с увеличенным пассажиропотоком и измененным временем стоянки на станциях. Третий сценарий имитирует нештатную ситуацию, например, вынужденное снижение скорости на перегоне или задержку отправления поезда со станции. Для каждого сценария выполняется многократная инициализация модели с варьированием стохастических параметров для учета случайных факторов. Студенты анализируют логи событий, выявляя возникающие маршрутные конфликты и зоны образования задержек. На основе полученных данных рассчитываются фактическая пропускная способность участка, средняя техническая скорость и коэффициент использования пропускной способности. Определяются узкие места инфраструктуры, такие как лимитирующие блок-участки или горловины станций. Обучающиеся тестируют корректирующие мероприятия, например, изменение схемы обгона или оптимизацию интервалов, и оценивают их влияние на общие показатели. Итогом является подготовка аналитического отчета со сравнительными таблицами и обоснованными рекомендациями по улучшению показателей работы перевозочного процесса на ВСМ.</p>

#### 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	Вакуленко, С. П. Транспортно-пересадочные узлы: организация пассажиропотоков : Учебное пособие для студентов направления магистратуры «Наземные транспортно-технологические комплексы» / С. П. Вакуленко, В. В. Доенин, Н. Ю. Евреенова ; Российский университет транспорта (МИИТ), Институт управления и информационных технологий, Кафедра «Управление транспортным бизнесом и интеллектуальные системы». – Москва :	<a href="https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42611958">https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42611958</a>

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

- Официальный сайт РУТ(МИИТ) (<https://www.mii.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).

САПР-платформа nanoCAD.

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:

Экзамен в 1 семестре.

10. Оценочные материалы.

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

Авторы:

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

Ж.. Янев

Согласовано:

Заместитель директора

О.В. Ефимова

Председатель учебно-методической  
комиссии

Д.В. Паринов