

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I»
(ФГБОУ ВО ПГУПС)

Кафедра «Автоматика и телемеханика на ж.д.»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

**«МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ И
ПРОЦЕССОВ» (Б1.О.13)**

для специальности

23.05.05 «Системы обеспечения движения поездов»

по специализациям

«Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте»,
«Телекоммуникационные системы и сети железнодорожного транспорта»,
«Радиотехнические системы на железнодорожном транспорте»,
«Электроснабжение железных дорог»

Форма обучения – очная, заочная

Санкт-Петербург
2025

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры
«Автоматика и телемеханика на железных дорогах»
Протокол № 2 от «12» февраля 2025г.

И.О. заведующего кафедрой
«Автоматика и телемеханика
на железных дорогах»
«12» февраля 2025г.

А.А. Блюдов

СОГЛАСОВАНО

Руководитель ОПОП ВО
«Автоматика и телемеханика на
железнодорожном транспорте»
«12» февраля 2025 г.

А.А. Блюдов

Руководитель ОПОП ВО
«Электроснабжение железных
дорог»
«12» февраля 2025 г.

А.В. Агунов

Руководитель ОПОП ВО
«Телекоммуникационные системы
и сети железнодорожного
транспорта»
«12» февраля 2025 г.

Е.В. Казакевич

Руководитель ОПОП ВО
«Радиотехнические системы на
железнодорожном транспорте»
«12» февраля 2025 г.

Д.Н. Роенков

1. Цели и задачи дисциплины

Рабочая программа дисциплины «Математическое моделирование систем и процессов» (Б1.О.13) (далее – дисциплина) составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по специальности 23.05.05 «Системы обеспечения движения поездов» (уровень специалитета) (далее - ФГОС ВО), утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 17 октября 2016 г. N 1296, с учетом профессионального стандарта:

- 17.017 «Работник по обслуживанию и ремонту устройств железнодорожной автоматики и телемеханики», утвержденного приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 03 марта 2022 г. N 103н.

Целью изучения дисциплины является приобретение студентами теоретических знаний о методах математического моделирования систем железнодорожной автоматики и телемеханики (СЖАТ), а также получение практических навыков их применения.

Для достижения цели дисциплины решаются следующие задачи:

- формирование у обучающихся знаний об аналоговых, аналого-цифровых, цифро-аналоговых и цифровых элементах;
- формирование у обучающихся умений анализировать и систематизировать информацию об алгоритмах математического моделирования;
- изучение методов, принципов и правил технической построения систем моделирования.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в программе специалитета индикаторами достижения компетенций

Планируемыми результатами обучения по дисциплине являются приобретение знаний, умений, навыков и/или опыта деятельности, приведенными в таблице 2.1.

Таблица 2.1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в программе специалитета индикаторами достижения компетенций

| Индикаторы достижения компетенций | Результаты обучения по дисциплине |
|--|--|
| ОПК 1. Способен решать инженерные задачи в профессиональной деятельности с использованием методов естественных наук, математического анализа и моделирования | |
| ОПК 1.1.2 Знает методы математического анализа и моделирования в объеме для решения инженерных задач в | – основы моделирования электротехнических схем; – модель работы станции; – модель проекта железнодорожной автоматики и телемеханики; |

| Индикаторы достижения компетенций | Результаты обучения по дисциплине |
|--|--|
| профессиональной деятельности | – моделирование аналоговых элементов; – аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи; – моделирование цифровых элементов; модели реле. |
| ОПК 1.2.2 Умеет использовать методы математического анализа и моделирования для решения инженерных задач в профессиональной деятельности | – среда моделирования Ngspice для решения инженерных задач в профессиональной деятельности. |
| ОПК 1.3.2 Владеет навыками применения методов математического анализа и моделирования при решении инженерных задач в профессиональной деятельности | – математические модели в форме систем линейных алгебраических уравнений; – математические модели в форме нелинейных алгебраических и трансцендентных уравнений; – математические модели в форме обыкновенных дифференциальных уравнений; математические модели для систем с распределенными параметрами. |
| ОПК 10. Способен формулировать и решать научно технические задачи в области своей профессиональной деятельности | |
| ОПК 10.3.1. Имеет навыки формулирования и решения научно-технических задач в области профессиональной деятельности | – методология моделирование систем и устройств. |
| УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий | |
| УК 1.3.1. Владеет базовыми навыками программирования разработанных алгоритмов | – разработка простых моделей с использованием предметно-ориентированных языков программирования |
| УК 1.3.2. Владеет разработкой и обоснованием плана действий по решению проблемной ситуации | – анализ работы систем и устройств на основе математических моделей. |

3. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1 «Дисциплины (модули)».

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Для очной формы обучения:

Таблица 4.1.

| Вид учебной работы | Всего часов |
|--|--------------------|
| Контактная работа (по видам учебных занятий) В том числе: | 64 |

| | |
|---|-----------|
| – лекции (Л) | 32 |
| – практические занятия (ПЗ) | |
| – лабораторные работы (ЛР) | |
| Самостоятельная работа (СРС) (всего) | 40 |
| Контроль | 4 |
| Форма контроля (промежуточной аттестации) | 3 |
| Общая трудоемкость: час / з.е. | 108 / 3,0 |

Для заочной формы обучения:

Таблица 4.2

| Вид учебной работы | Всего часов |
|--|-------------|
| Контактная работа (по видам учебных занятий) | 12 |
| В том числе: | |
| – лекции (Л) | 8 |
| – практические занятия (ПЗ) | 4 |
| – лабораторные работы (ЛР) | 4 |
| Самостоятельная работа (СРС) (всего) | 92 |
| Контроль | 4 |
| Форма контроля (промежуточной аттестации) | 3 |
| Общая трудоемкость: час / з.е. | 108 / 3,0 |

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и содержание рассматриваемых вопросов

Для очной формы обучения:

Таблица 5.1.

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Содержание раздела | Индикаторы достижения компетенций |
|-------|--|---|-----------------------------------|
| 1 | Введение в математическое моделирование систем | Лекция 1. Введение в моделирование Введение в математическое моделирование систем, понятие модели, классификация моделей (2 часа) | ОПК 1.1.2 |
| 2 | Основы моделирования электротехнических схем | Лекция 2. Основы моделирования | ОПК 1.1.2 ОПК 1.2.2 |

| | | | |
|---|--|---|--|
| | | <p>принципиальных схем Понятие о среде моделирования, основные типы пассивных и активных элементов. (2 часа)</p> <p>Самостоятельная работа Изучение моделей источников постоянного напряжения и тока (2 часа)</p> <p>Лабораторная работа 1. Моделирование резисторов (4 часа)</p> | ОПК 10.3.1. УК-1.3.2. |
| 3 | Модель работы станции. | <p>Лекция 3. Модель работы станции. (2 часа)</p> <p>Самостоятельная работа Изучение сред моделирования AnyLogic и Repast (6 часов)</p> | ОПК 1.1.2. ОПК 10.3.1. |
| 4 | Модель проекта железнодорожной автоматики и телемеханики | <p>Лекция 4. Модель проекта железнодорожной автоматики и телемеханики. (2 часа)</p> <p>Самостоятельная работа Форматы хранения технической документации (6 часов).</p> | ОПК 1.1.2 ОПК 10.3.1. |
| 5 | Среда моделирования NGSPICE. | <p>Лекция 5. Среда моделирования NGSPICE. (4 часа)</p> <p>Лабораторная работа 2. Моделирование электрических цепей с реактивными элементами (4 часа)</p> <p>Самостоятельная работа Понятие о среде моделирования PSPICE (2 часа)</p> | ОПК 1.1.2 ОПК 1.2.2 УК-1.3.2. |
| 6 | Моделирование аналоговых элементов. | <p>Лекция 6. Моделирование аналоговых элементов. (6 часов)</p> <p>Самостоятельная работа Основные пассивные аналоговые элементы: резисторы, диоды, конденсаторы, катушки индуктивности (4 часа)</p> <p>Лабораторная работа 3. Моделирование переключателей (2 часа)</p> <p>Лабораторная работа 6. Моделирование реле (4 часа)</p> <p>Лабораторная работа 7. Моделирование диодов (4 часа)</p> <p>Лабораторная работа 8. Моделирование транзисторов (2 часа)</p> <p>Лабораторная работа 9. Моделирование операционного усилителя (2 часа)</p> | ОПК 1.1.2 ОПК 1.2.2 ОПК 10.3.1. УК-1.3.2. |

| | | | |
|----|--|---|--|
| 7 | Аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи в Ngspice. | Лекция 7. Моделирование аналого-цифровых и цифро-аналоговых мостов. (2 часа) Лабораторная работа 4. Моделирование аналого-цифровых и цифро-аналоговых мостов (4 часа) | ОПК 1.1.2 ОПК 1.2.2 ОПК 10.3.1. УК-1.3.2. |
| 8 | Методология моделирования ЖАТ | Лекция 8. Методология моделирования ЖАТ (2 часа) Самостоятельная работа Предметно-ориентированные языки программирования (4 часа) | ОПК 1.1.2 ОПК 10.3.1. УК-1.3.1. |
| 9 | Моделирование цифровых элементов. | Лекция 9. Моделирование цифровых элементов. (6 часов) Лабораторная работа 5. Моделирование цифровых элементов (2 часа) Самостоятельная работа Моделирование цифровых элементов в среде NGSPICE (2 часа). | ОПК 1.1.2 ОПК 1.2.2 ОПК 10.3.1. УК-1.3.2. |
| 10 | Модели реле на основе элементов библиотеки NGSPICE. | Лекция 10. Модели реле на основе элементов библиотеки NGSPICE. (2 часа) Самостоятельная работа Аналитические модели реле ЖАТ(4 часа) | ОПК 1.1.2 ОПК 1.2.2 ОПК 1.3.2 ОПК 10.3.1. |
| 11 | Модели реле на основе подсхем. | Лекция 11. Модели реле на основе подсхем. (2 часа) Лабораторная работа 10 Моделирование реле на основе подсхем (4 часа) | ОПК 1.1.2 ОПК 1.3.2 ОПК 10.3.1. УК-1.3.2. |

Для заочной формы обучения:

Таблица 5.2.

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Содержание раздела | Индикаторы достижения компетенций |
|-------|--|--|-----------------------------------|
| 1 | Введение в математическое моделирование систем | Лекция 1. Введение в моделирование Введение в математическое моделирование систем, | ОПК 1.1.2 |

| | | | |
|---|--|--|---|
| | | понятие модели, классификация моделей (2 часа) | |
| 2 | Основы моделирования электротехнических схем | <p>Лекция 2. Основы моделирования принципиальных схем Понятие о среде моделирования, основные типы пассивных и активных элементов. (2 часа)</p> <p>Самостоятельная работа Изучение моделей источников постоянного напряжения и тока (2 часа)</p> <p>Лабораторная работа 1. Моделирование резисторов (2 часа)</p> | <p>ОПК 1.1.2 ОПК 1.2.2 ОПК 10.3.1. УК-1.3.2.</p> |
| 3 | Модель работы станции. | <p>Лекция 3. Модель работы станции. (2 часа)</p> <p>Самостоятельная работа Изучение сред моделирования AnyLogic и Repast (6 часов)</p> | <p>ОПК 1.1.2 ОПК 10.3.1.</p> |
| 4 | Модель проекта железнодорожной автоматики и телемеханики | <p>Лекция 4. Модель проекта железнодорожной автоматики и телемеханики. (2 часа)</p> <p>Самостоятельная работа Форматы хранения технической документации (4 часа).</p> | <p>ОПК 1.1.2 ОПК 10.3.1.</p> |
| 5 | Среда моделирования NGSPICE. | <p>Самостоятельная работа Среда моделирования NGSPICE. (8 часов)</p> <p>Лабораторная работа 2. Измерение токов и напряжений в различных условиях в среде NSPICE (2 часа)</p> | <p>ОПК 1.1.2 ОПК 1.2.2 УК-1.3.2.</p> |
| 6 | Моделирование аналоговых элементов. | <p>Самостоятельная работа Моделирование аналоговых элементов. (6 часов) Основные пассивные аналоговые элементы: резисторы, диоды, конденсаторы, катушки индуктивности (4 часа) Моделирование переходных процессов (2 часа) Моделирование переключателей (2 часа) Моделирование диодов (2 часа) Моделирование операционных усилителей (4 часа)</p> | <p>ОПК 1.1.2 ОПК 1.2.2 ОПК 10.3.1.</p> |

| | | | |
|----|--|---|--|
| | | Моделирование транзисторов (4 часа) | |
| 7 | Аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи в Ngspice. | Самостоятельная работа Моделирование аналого-цифровых и цифро-аналоговых мостов. (2 часа) Моделирование аналого-цифровых и цифро-аналоговых мостов (4 часа) | ОПК 1.1.2 ОПК 1.2.2 ОПК 10.3.1. |
| 8 | Методология моделирования ЖАТ | Самостоятельная работа Методология моделирования ЖАТ (2 часа) Предметно-ориентированные языки программирования (2 часа) | ОПК 1.1.2 ОПК 10.3.1. УК-1.3.1. |
| 9 | Моделирование цифровых элементов. | Самостоятельная работа Моделирование цифровых элементов. (6 часов) Моделирование цифровых элементов (2 часа) Моделирование цифровых элементов в среде NGSPICE (2 часа). | ОПК 1.1.2 ОПК 1.2.2 ОПК 10.3.1. |
| 10 | Модели реле на основе элементов библиотеки NGSPICE. | Самостоятельная работа Модели реле на основе элементов библиотеки NGSPICE. (2 часа) Аналитические модели реле ЖАТ(4 часа) | ОПК 1.1.2 ОПК 1.2.2 ОПК 1.3.2 ОПК 10.3.1. |
| 11 | Модели реле на основе подсхем. | Самостоятельная работа. Модели реле на основе подсхем. (2 часа) Моделирование реле на основе подсхем (4 часа) | ОПК 1.1.2 ОПК 1.3.2 ОПК 10.3.1. |

5.2. Разделы дисциплины и виды занятий

Для очной формы обучения:

Таблица 5.3.

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Л | ПЗ | ЛР | СРС | Всего |
|-------|--|---|----|----|-----|-------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | Введение в математическое моделирование систем | 2 | - | - | - | 2 |

| | | | | | | |
|---|--|----|---|----|----|-----|
| 2 | Основы моделирования электротехнических схем | 2 | - | 4 | 4 | 10 |
| 3 | Модель работы станции. | 2 | - | 0 | 4 | 6 |
| 4 | Модель проекта железнодорожной автоматики и телемеханики | 4 | - | 0 | 6 | 10 |
| 5 | Среда моделирования NGSPICE. | 4 | - | 4 | 4 | 12 |
| 6 | Моделирование аналоговых элементов. | 4 | - | 14 | 6 | 24 |
| 7 | Аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи в Ngspice. | 2 | - | 4 | 2 | 8 |
| 8 | Методология моделирования ЖАТ | 2 | - | 0 | 4 | 8 |
| 9 | Моделирование цифровых элементов. | 6 | - | 2 | 4 | 12 |
| 10 | Модели реле на основе элементов библиотеки NGSPICE. | 2 | - | - | 4 | 6 |
| 11 | Модели реле на основе подсем. | 2 | - | 4 | 2 | 8 |
| | Итого | 32 | - | 32 | 40 | 104 |
| Контроль | | | | | | 4 |
| Всего (общая трудоемкость, час.) | | | | | | 108 |

Для заочной формы обучения:

Таблица 5.3.

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Л | ПЗ | ЛР | СРС | Всего |
|-------|--|---|----|----|-----|-------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | Введение в математическое моделирование систем | 0 | - | 0 | 2 | 2 |
| 2 | Основы моделирования электротехнических схем | 2 | - | 0 | 10 | 12 |
| 3 | Модель работы станции. | 0 | - | 0 | 10 | 16 |
| 4 | Модель проекта железнодорожной автоматики и телемеханики | 0 | - | 0 | 8 | 8 |
| 5 | Среда моделирования NGSPICE. | 2 | - | 0 | 8 | 10 |
| 6 | Моделирование аналоговых элементов. | 2 | - | 4 | 20 | 24 |

| | | | | | | |
|---|--|---|---|---|----|-----|
| 7 | Аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи в Ngspice. | 2 | - | 0 | 2 | 4 |
| 8 | Методология моделирования ЖАТ | 0 | - | 0 | 6 | 6 |
| 9 | Моделирование цифровых элементов. | 2 | - | - | 12 | 16 |
| 10 | Модели реле на основе элементов библиотеки NGSPICE. | 2 | - | - | 6 | 18 |
| 11 | Модели реле на основе подсхем. | 2 | - | - | 8 | 38 |
| | Итого | 8 | - | 4 | 92 | 104 |
| Контроль | | | | | | 4 |
| Всего (общая трудоемкость, час.) | | | | | | 108 |

6. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Оценочные материалы по дисциплине является неотъемлемой частью рабочей программы и представлены отдельным документом, рассмотренным на заседании кафедры и утвержденным заведующим кафедрой.

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Порядок изучения дисциплины следующий:

1. Освоение разделов дисциплины производится в порядке, приведенном в разделе 5 «Содержание и структура дисциплины». Обучающийся должен освоить все разделы дисциплины, используя методические материалы дисциплины, а также учебно-методическое обеспечение, приведенное в разделах 8 рабочей программы.

2. Для формирования компетенций обучающийся должен представить выполненные типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, предусмотренные текущим контролем успеваемости (см. оценочные материалы по дисциплине).

3. По итогам текущего контроля успеваемости по дисциплине, обучающийся должен пройти промежуточную аттестацию (см. оценочные материалы по дисциплине).

8. Описание материально-технического и учебно-методического обеспечения, необходимого для реализации программы специалитета по дисциплине

8.1. Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой специалитета, укомплектованные специализированной учебной мебелью и оснащенные необходимым оборудованием и техническими средствами обучения.

Все помещения, используемые для проведения учебных занятий и самостоятельной работы, соответствуют действующим санитарным и противопожарным нормам и правилам.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

8.2. Университет обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства:

- операционная система Windows;
- MS Office;
- Антивирус Касперского;
- NGSPICE;
- TinyCAD.

8.5. Перечень печатных изданий, используемых в образовательном процессе:

1. Математическое моделирование систем и процессов: Учеб. для вузов ж.-д. трансп. /Вл.В. Сапожников, Б.Н. Елкин, И.М. Кокурин, Л.Ф. Кондратенко, В.А. Кононов; Под редакцией Вл.В. Сапожникова. – М.: Транспорт, 2000. – 432 с.
2. Сапожников В.В., Кононов В.А. Электрическая централизация стрелок и светофоров: Учебное иллюстрированное пособие для вузов ж.-д. транспорта/
3. Журнал «Автоматика, связь, информатика», www.asi-rzd.ru
4. Журнал Железные дороги мира.
5. Журнал «Известия Петербургского университета путей сообщения».
6. Журнал «Транспорт Российской Федерации»

Разработчик рабочей программы,
доцент
«12» февраля 2025 г.

А.М. Горбачев