

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

Кафедра «Электрическая связь»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

Б1.О.13 «МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ И ПРОЦЕССОВ»

для специальности

23.05.05 «Системы обеспечения движения поездов»

по специализациям

«Телекоммуникационные системы и сети железнодорожного транспорта»,

«Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте»,

«Электроснабжение железных дорог»

Форма обучения – очная, заочная

Санкт-Петербург
2023

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «Электрическая связь»
Протокол № 8 от 30 03 2023г.

Заведующий кафедрой
«Электрическая связь»
30 03 2023г.



Е.В. Казакевич

СОГЛАСОВАНО

Руководитель ОПОП ВО
по специализации
«Автоматика и телемеханика
на железнодорожном транспорте»
30 03 2023г.



А.Б. Никитин

Руководитель ОПОП ВО
по специализации
«Электроснабжение железных
дорог»
30 03 2023г.



А.В. Агунов

Руководитель ОПОП ВО
по специализации
«Телекоммуникационные системы и сети
железнодорожного транспорта»
30 03 2023г.



Е.В. Казакевич

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» (далее – ФГОС ВО), утвержденного 27 марта 2018 г., приказ Минобрнауки России № 217.

Целью изучения дисциплины является получение студентами знаний о базовых методах математического моделирования телекоммуникационных систем и сетей, в том числе мультисервисных сетей связи, а также обеспечить развитие навыков и способностей к построению моделей, их анализу и расчету вероятностно-временных характеристик.

Для достижения цели дисциплины решаются следующие задачи:

- формирование знаний об основных принципах системного подхода и методов системного анализа, основных методов теоретического и экспериментального исследования объектов, процессов и явлений.
- выработка навыков решения инженерных и научно-технических задач в профессиональной деятельности с использованием математического анализа и моделирования;
- приобретение опыта разработки и обоснования плана действий по решению инженерных и научно-технических задач на основе системного подхода.

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

Планируемыми результатами обучения по дисциплине (модулю) является формирование у обучающихся компетенций и/или части компетенций. Сформированность компетенций и/или части компетенций оценивается с помощью индикаторов достижения компетенций.

Индикаторы достижения компетенций	Результаты обучения по дисциплине (модулю)
УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	
УК-1.3.1. Умеет структурировать проблему и разрабатывать стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов	Обучающийся умеет: – структурировать проблему – разрабатывать стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов
УК-1.3.2. Владеет разработкой и обоснованием плана действий по решению проблемной ситуации	Обучающийся владеет: – разработкой и обоснованием плана действий по решению проблемной ситуации.
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 профессиональной	Обучающийся знает: – основы моделирования электротехнических схем; – модель работы станции; – модель проекта железнодорожной автоматики и телемеханики;

Индикаторы достижения компетенций	Результаты обучения по дисциплине (модулю)
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	Обучающийся умеет: – моделирование в среде 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	Обучающийся владеет: – применением математических моделей в форме систем линейных алгебраических уравнений; – применением математических моделей в форме нелинейных алгебраических и трансцендентных уравнений; – применением математических моделей 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	Обучающийся имеет навыки: – в решении задач по математическому моделированию объектов энергетической инфраструктуры транспорта.

3. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина относится к обязательной части блока 1 «Дисциплины (модули)».

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Для очной формы обучения:

Вид учебной работы	Всего часов
Контактная работа (по видам учебных занятий)	48
В том числе:	
– лекции (Л)	32
– практические занятия (ПЗ)	-
– лабораторные работы (ЛР)	16
Самостоятельная работа (СРС) (всего)	20
Контроль	4
Форма контроля (промежуточной аттестации)	3
Общая трудоемкость: час / з.е.	72/2

Для заочной формы обучения:

Вид учебной работы	Всего часов	Курс
		3
Контактная работа (по видам учебных занятий)	12	12
В том числе:		
– лекции (Л)	8	8
– практические занятия (ПЗ)	-	-
– лабораторные работы (ЛР)	4	4
Самостоятельная работа (СРС) (всего)	56	56
Контроль	4	4
Форма контроля (промежуточной аттестации)	3	3
Общая трудоемкость: час / з.е.	72 / 2	72 / 2

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и содержание рассматриваемых вопросов

Для очной формы обучения:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
1	Основные понятия моделирования	Лекция 1. Моделирование как метод научного познания. Принципы системного подхода в моделировании (2 ч)	УК-1.3.1, ОПК-1.2.1, ОПК-1.2.2
		Лекция 2. Общая характеристика проблемы моделирования. Классификация видов моделирования (2 ч)	
		Самостоятельная работа. (источники информации: см. п. 8.5)	
2	Основные виды математических моделей	Лекция 3. Непрерывно-детерминированные модели. Дискретно-детерминированные модели (2 ч)	УК-1.3.1, УК-1.3.2, ОПК-1.2.1, ОПК-1.2.2, 10.3.1.
		Лекция 4. Дискретно-стохастические модели. Непрерывно-стохастические модели. Обобщенные модели (2 ч)	
		Лабораторная работа 1. Математические модели случайных величин с заданным законом распределения	
		Самостоятельная работа. (источники информации: см. п. 8.5)	
3	Моделирование методами теории графов	Лекция 5. Ориентированные и неориентированные графы, их виды, свойства и методы формального описания. Методы формального описания графов в векторном пространстве (2 ч)	УК-1.3.1, УК-1.3.2, ОПК-1.2.1, ОПК-1.2.2
		Лекция 6. Задача о максимальном потоке. Синтез сетей с максимальной связностью (2 ч)	
		Самостоятельная работа. (источники информации: см. п. 8.5)	

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
4	Формализация и алгоритмизация процесса функционирования систем.	Лекция 7. Последовательность разработки моделей систем. Построение концептуальной модели (2 ч)	УК-1.3.1, УК-1.3.2, ОПК-1.2.1, ОПК-1.2.2
		Лекция 8. Алгоритмизация модели. Получение и интерпретация результатов моделирования (2 ч)	
		Самостоятельная работа. (источники информации: см. п. 8.5)	
5	Моделирование процессов функционирования систем.	Лекция 9. Метод статистического моделирования систем. Общая характеристика метода статистического моделирования. Псевдослучайные числа и процедуры их машинной генерации. Проверка качества последовательностей псевдослучайных чисел. Моделирование случайных воздействий на системы. Моделирование преднамеренных воздействий на системы. Метод топологического преобразования стохастических сетей. Стохастические сети и их элементы. Виды стохастических сетей. Методы определения вероятностно-временных характеристик. Основные характеристики случайного процесса, представленного в виде стохастической сети (2 ч)	УК-1.3.1, УК-1.3.2, ОПК-1.2.1, ОПК-1.2.2, 10.3.1.
		Лекция 10. Общие правила моделирования процессов, протекающих в сетях связи. Моделирование сетей связи, функционирующих в условиях антагонистических воздействий. Метод сетевого планирования и управления связью. Основные понятия и определения. Порядок построения сетевого графа. Определение критического пути и расчет наиболее раннего и позднего сроков наступления событий. Расчет математического ожидания и дисперсии времени реализации событий. Расчет вероятности реализации события в намеченный срок (2 ч)	
		Лабораторная работа № 2. Исследование моделей авторегрессии и скользящего среднего первого и второго порядков	

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
		Самостоятельная работа. (источники информации: см. п. 8.5)	
6	Планирование экспериментов с моделями систем.	Лекция 11. Методы планирования экспериментов (2 ч)	УК-1.3.1, УК-1.3.2. ОПК-1.2.1, ОПК-1.2.2
		Лекция 12. Стратегическое планирование экспериментов с моделями систем. Тактическое планирование экспериментов с моделями систем (2 ч)	
		Самостоятельная работа. (источники информации: см. п. 8.5)	
7	Обработка и анализ результатов моделирования систем.	Лекция 13. Особенности фиксации и статистической обработки результатов моделирования систем. Анализ и интерпретация результатов моделирования систем (2 ч)	УК-1.3.1, УК-1.3.2. ОПК-1.2.1, ОПК-1.2.2, 10.3.1.
		Лекция 14. Особенности обработки результатов моделирования при синтезе систем (2 ч)	
		Лабораторная работа № 3. Анализ помехоустойчивости системы цифровой связи при наличии помех и замираний в канале связи	
		Самостоятельная работа. (источники информации: см. п. 8.5)	
8	Методы моделирования автоматизированных систем управления.	Лекция 15. Общие принципы построения и правила реализации моделей систем. Моделирование при разработке обеспечивающих подсистем (2 ч)	УК-1.3.1, УК-1.3.2. ОПК-1.2.1, ОПК-1.2.2, 10.3.1.
		Лекция 16. Моделирование при разработке функциональных подсистем. Особенности моделирования систем при управлении в реальном масштабе времени (2 ч)	
		Лабораторная работа № 4. Моделирование случайных потоков и систем массового обслуживания с отказами	
		Самостоятельная работа. (источники информации: см. п. 8.5)	

Для заочной формы обучения:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
1	Основные понятия моделирования. Основные виды математических	Лекция 1. Моделирование как метод научного познания. Принципы системного подхода в моделировании. Общая характеристика проблемы моделирования (1 ч)	УК-1.3.1, ОПК-1.2.1, ОПК-1.2.2

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
	моделей	<p>Лекция 2. Дискретно-стохастические модели. Непрерывно-стохастические модели. Обобщенные модели (1 ч)</p> <p>Лабораторная работа №1. Математические модели случайных величин с заданным законом распределения</p> <p>Самостоятельная работа. Классификация видов моделирования. Непрерывно – детерминированные модели. Дискретно-детерминированные модели. (источники информации: см. п. 8.5)</p>	
2	Моделирование методами теории графов. Формализация и алгоритмизация процесса функционирования сетей связи	<p>Лекция 3. Ориентированные и неориентированные графы, их виды, свойства и методы формального описания. Построение концептуальной модели. Алгоритмизация модели. Получение и интерпретация результатов моделирования (1 ч)</p> <p>Самостоятельная работа. Методы формального описания графов в векторном пространстве. Задача о максимальном потоке. Синтез сетей с максимальной связностью. Последовательность разработки моделей систем. (источники информации: см. п. 8.5)</p>	УК-1.3.1, УК-1.3.2. ОПК-1.2.1, ОПК-1.2.2
3	Моделирование процессов функционирования сетей связи	<p>Лекция 4. Метод статистического моделирования сетей связи. Общая характеристика метода статистического моделирования. Псевдослучайные числа и процедуры их машинной генерации. Проверка качества последовательностей псевдослучайных чисел. Моделирование случайных воздействий на сети связи. Моделирование преднамеренных воздействий на системы. Метод топологического преобразования стохастических сетей. Стохастические сети и их элементы. Виды стохастических сетей (1 ч)</p> <p>Лабораторная работа №2. Исследование моделей авторегрессии и скользящего среднего первого и второго порядков</p> <p>Самостоятельная работа. Методы определения вероятностно-временных характеристик. Основные характеристики случайного процесса, представленного в виде стохастической сети. Общие правила моделирования процессов, протекающих в системе. Моделирование систем, функционирующих в условиях</p>	УК-1.3.1, УК-1.3.2. ОПК-1.2.1, ОПК-1.2.2, 10.3.1.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
		антагонистических воздействий. Метод сетевого планирования и управления связью. Основные понятия и определения. Порядок построения сетевого графа. Определение критического пути и расчет наиболее раннего и позднего сроков наступления событий. Расчет мат. ожидания и дисперсии времени реализации событий. Расчет вероятности реализации события в намеченный срок. (источники информации: см. п. 8.5)	
4	Планирование экспериментов с моделями радиоэлектронных систем.	Лекция 5. Методы планирования экспериментов (1 ч)	УК-1.3.1, УК-1.3.2. ОПК-1.2.1, ОПК-1.2.2
Лекция 6. Стратегическое планирование экспериментов с моделями систем. Тактическое планирование экспериментов с моделями систем (1 ч)			
Самостоятельная работа. (источники информации: см. п. 8.5)			
5	Обработка и анализ результатов моделирования радиоэлектронных систем. Методы моделирования автоматизированных систем управления	Лекция 7. Особенности фиксации и статистической обработки результатов моделирования систем. Анализ и интерпретация результатов моделирования систем. Особенности обработки результатов моделирования при синтезе систем (2 ч)	УК-1.3.1, УК-1.3.2. ОПК-1.2.1, ОПК-1.2.2, 10.3.1.
Лабораторная работа №3. Анализ помехоустойчивости системы цифровой связи при наличии помех и замираний в канале связи			
Лабораторная работа №4. Моделирование случайных потоков и систем массового обслуживания с отказами			
Самостоятельная работа. Общие принципы построения и правила реализации моделей систем. Моделирование при разработке обеспечивающих подсистем. Моделирование при разработке функциональных подсистем. Особенности моделирования систем при управлении в реальном масштабе времени. (источники информации: см. п. 8.5)			

5.2. Разделы дисциплины и виды занятий

Для очной формы обучения:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	СРС	Всего
1	Основные понятия моделирования	4	-	-	1	5
2	Основные виды математических моделей	4	-	4	3	11
3	Моделирование методами теории графов	4	-	-	2	6

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	СРС	Всего
4	Формализация и алгоритмизация процесса функционирования сетей связи	4	-	-	3	7
5	Моделирование процессов функционирования систем.	4	-	4	3	11
6	Планирование экспериментов с моделями радиоэлектронных систем	4	-	-	2	6
7	Обработка и анализ результатов моделирования систем	4	-	4	3	11
8	Методы моделирования автоматизированных систем управления	4	-	4	3	11
	Итого	32	-	16	20	68
Контроль						4
Всего (общая трудоемкость, час.)						72

Для заочной формы обучения:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	СРС	Всего
1	Основные понятия моделирования. Основные виды математических моделей.	2	-	1	10	13
2	Моделирование методами теории графов. Формализация и алгоритмизация процесса функционирования систем.	1	-	-	10	11
3	Моделирование процессов функционирования систем	1	-	1	14	16
4	Планирование экспериментов с моделями радиоэлектронных систем	2	-	-	10	12
5	Обработка и анализ результатов моделирования радиоэлектронных систем. Методы моделирования автоматизированных систем управления	2	-	2	12	16
	Итого	8	-	4	56	68
Контроль						4
Всего (общая трудоемкость, час.)						72

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

Оценочные материалы по дисциплине являются 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 разделе 8 рабочей программы.

2. Для формирования компетенций обучающийся должен представить выполненные задания, 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 образовательной программы по дисциплине

8.1. Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой специалитета, укомплектованные специализированной учебной мебелью и оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: настенным экраном (стационарным или переносным), маркерной доской и (или) меловой доской, мультимедийным проектором (стационарным или переносным).

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:

- MS Office;
- Операционная система Windows;
- Антивирус Касперский;
- Программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах «Антиплагиат.ВУЗ».

8.3. Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ) к современным профессиональным базам данных:

- Электронно-библиотечная система издательства «Лань». [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/> — Режим доступа: для авториз. пользователей;
- Электронно-библиотечная система ibooks.ru («Айбукс»). – URL: <https://ibooks.ru/> — Режим доступа: для авториз. пользователей;
- Электронная библиотека ЮРАЙТ. – URL: <https://urait.ru/>— Режим доступа: для авториз. пользователей;
- Единое окно доступа к образовательным ресурсам - каталог образовательных интернет-ресурсов и полнотекстовой электронной учебно-методической библиотеке для общего и профессионального образования». – URL: <http://window.edu.ru/> — Режим доступа: свободный.
- Словари и энциклопедии. – URL: <http://academic.ru/> — Режим доступа: свободный.

– Научная электронная библиотека "КиберЛенинка" - это научная электронная библиотека, построенная на парадигме открытой науки (Open Science), основными задачами которой является популяризация науки и научной деятельности, общественный контроль качества научных публикаций, развитие междисциплинарных исследований, современного института научной рецензии и повышение цитируемости российской науки.
– URL: <http://cyberleninka.ru/> — Режим доступа: свободный.

8.4. Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ) к информационным справочным системам:

– Национальный Открытый Университет "ИНТУИТ". Бесплатное образование. [Электронный ресурс]. – URL: <https://intuit.ru/> — Режим доступа: свободный.

8.5. Перечень печатных и электронных изданий, используемых в образовательном процессе:

1. Баушев А. Н., Гадасина Л. В. Оптимизационные задачи на сетях. Учебное пособие, ПГУПС, 2012.-108 с.

2. Копылов В. И. Курс дискретной математики [Электронный ресурс]. - СПб. Лань, 2011. - 208 с.

<http://e.lanbook.com/books/element.php7pl1id=1798>

3. Кузнецов О. П. Дискретная математика для инженера [Электронный ресурс]. - СПб. Лань, 2009. - 368 с. <http://e.lanbook.com/books/element.php7pll id=220>

4. Н. В. Голубева. Математическое моделирование систем и процессов. [Электронный ресурс]. Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2016. 2-е изд., стер. — 192с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/76852>

6. Т.И.Бояринцева., А.А. Мاستихина. Теория графов [Электронный ресурс : метод.указания — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2017. — 37 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/58426>]

7.Сапожников В.В. Надежность систем железнодорожной автоматики, телемеханики и связи: учебное пособие для вузов ж.д. транспорта / В.В. Сапожников, Вл.В. Сапожников,

8.В.И. Шаманов; под ред. Вл.В.Сапожникова. - М.: Маршрут, 2003. - 263 с.

9.Ряды. Уч. пособие / В. В. Гарбарук, Е.И.Спиридонов, М. А. Шварц. - Санкт-Петербург: ПГУПС,2010 г. - 49 с.

10.Привалов А.А. Математические модели случайных величин с заданным законом распределения// Метод. указания: Электронный вариант, 2014 – 5 с.

11.Привалов А.А. Исследование моделей авторегрессии и скользящего среднего первого и второго порядков// Метод. указания: Электронный вариант, 2014 – 6 с.

12.Привалов А.А. Анализ помехоустойчивости системы связи при наличии в канале связи помех и замираний// Метод. указания: Электронный вариант, 2014 –7с.

13.Привалов А.А. Моделирование случайных потоков и систем массового обслуживания с отказами// Метод. указания: Электронный вариант, 2014 – 10 с.

8.6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых в образовательном процессе:

– Личный кабинет ЭИОС [Электронный ресурс]. – URL: my.pgups.ru — Режим доступа: для авториз. пользователей;

– Электронная информационно-образовательная среда. [Электронный ресурс]. – URL: <https://sdo.pgups.ru> — Режим доступа: для авториз. пользователей;

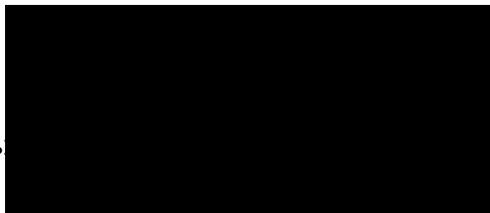
– Официальный сайт информационной сети журнала «Автоматика, связь, информатика» [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.asi-rzd.ru/>, свободный;

– Официальный сайт информационной сети журнала «Фотон-Экспресс» [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.fotonexpress.ru/>, свободный;

– NetCracker — программное средство моделирования сетей связи[Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.mtuci.ru/structure/faculty/base/>, свободный;

- Программное средство моделирования сетей связи [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.booksgid.com/network_technologi/, свободный;
- Официальный сайт информационной сети журнала «Альтернативная энергетика» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://alternativenergy.ru/>, свободный;
- Учебное пособие "Математическое моделирование систем связи" [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.sernam.ru/book_mm.php/, свободный.

Разработчик рабочей программы,
профессор кафедры «Электрическая связь»
29.03.2023 г.



. Привалов