

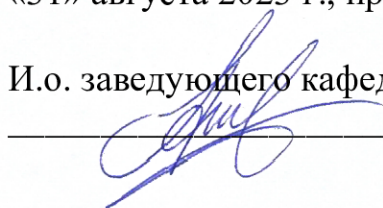
**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Тульский государственный университет»**

**Институт Политехнический  
Кафедра «Транспортно-технологические машины и процессы»**

Утверждено на заседании кафедры  
«Транспортно-технологические машины и  
процессы»  
«31» августа 2023 г., протокол № 1

И.о. заведующего кафедрой



В.Ю. Анцев

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
«Математическое моделирование»**

**основной профессиональной образовательной программы  
высшего образования – программы специалитета**

по специальности

**23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства  
со специализацией**

**Подъемно-транспортные, строительные, дорожные средства и оборудование**

Форма(ы) обучения: очная

Идентификационный номер образовательной программы: 230501-01-21

Тула 2023 год

**ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ**  
**рабочей программы дисциплины**

**Разработчик:**

Анцев Виталий Юрьевич,  
профессор каф. ТТМиП, д.т.н., проф.

A handwritten signature in blue ink, written over a horizontal line. The signature is stylized and appears to be 'Antsev'.

## 1 Цель и задачи освоения дисциплины (модуля)

**Целью** изучения дисциплины (модуля) является развитие у студентов личностных качеств, формирование профессиональных компетенций в области математического моделирования, применительно к описанию процессов, происходящих при проектировании, производстве, эксплуатации подъемно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования и их контроле.

**Задачами** освоения дисциплины (модуля) являются:

- изучение методов планирования, постановки и проведения теоретических и экспериментальных научных исследований по поиску и проверке новых идей совершенствования подъемно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования, и создания комплексов на их базе;
- изучение методов разработки вариантов решения проблемы производства и модернизации подъемно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования, анализа этих вариантов, прогнозирования последствий, нахождения компромиссных решений в условиях многокритериальности и неопределенности;
- освоение методики обработки экспериментальных данных с проверкой различных гипотез;
- изучение методов одномерной минимизации целевых функций задач моделирования конструкций подъемно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования;
- изучение метода имитационного моделирования.

## 2 Место дисциплины (модуля) в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина (модуль) относится к обязательной части основной профессиональной образовательной программы.

Дисциплина (модуль) изучается в пятом семестре.

## 3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной профессиональной образовательной программы (формируемыми компетенциями) и индикаторами их достижения, установленными в общей характеристике основной профессиональной образовательной программы, приведён ниже.

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен:

### **Знать:**

- 1) компьютерные и информационные технологии, используемые при разработке математических моделей наземных транспортно-технологических средств (код компетенции – ОПК-5, код индикатора – ОПК-5.1);

### **Уметь:**

- 1) проводить теоретические и экспериментальные научные исследования по поиску и проверке новых идей совершенствования наземных транспортно-технологических средств, их технологического оборудования и комплексов на их базе (код компетенции – ОПК-5, код индикатора – ОПК-5.2);

### **Владеть:**

1) методами применения современного прикладного программного обеспечения для моделирования и проектирования систем и процессов (код компетенции – ОПК-5, код индикатора – ОПК-5.3).

Полные наименования компетенций и индикаторов их достижения представлены в общей характеристике основной профессиональной образовательной программы.

#### 4 Объем и содержание дисциплины (модуля)

##### 4.1 Объем дисциплины (модуля), объем контактной и самостоятельной работы обучающегося при освоении дисциплины (модуля), формы промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

Номер семестра	Формы промежуточной аттестации	Общий объем в зачетных единицах	Общий объем в академических часах	Объем контактной работы в академических часах						Объем самостоятельной работы в академических часах
				Лекционные занятия	Практические (семинарские) занятия	Лабораторные работы	Клинические практические занятия	Консультации	Промежуточная аттестация	
Очная форма обучения										
5	Э	4	144	16	16	16	–	2	0,25	93,75
Итого	–	4	144	16	16	16	–	2	0,25	93,75

Условные сокращения: Э – экзамен, ЗЧ – зачет, ДЗ – дифференцированный зачет (зачет с оценкой), КП – защита курсового проекта, КР – защита курсовой работы.

##### 4.2 Содержание лекционных занятий

###### Очная форма обучения

№ п/п	Темы лекционных занятий
<b>5 семестр</b>	
1	Методы теоретического исследования в точных науках. Математическое моделирование – основной метод современного теоретического исследования в точных науках. Понятие математической модели. Структура математической модели. Функции моделей. Классификация математических моделей. Требования к математической модели. Этапы построения математической модели. Системный анализ и математическое моделирование. Понятие системы и системного подхода к исследованию. Основные положения системного анализа. Некоторые особенности поведения сложных систем. Системные модели. Области использования и особенности некоторых разновидностей математических моделей. Простейшие алгебраические и геометрические модели. Дифференциальные модели.
2	Метод наименьших квадратов. Краткие сведения из теории вероятностей. Линейная одномерная регрессия. Нелинейная одномерная регрессия. Общая схема метода наименьших квадратов. Линейная многомерная регрессия. Понятие о планировании эксперимента.

№ п/п	Темы лекционных занятий
3	<p>Статистическое моделирование случайных величин. Что такое статистическое моделирование. Задача Бюффона. Особенности метода статистического моделирования. Задачи, решаемые методом статистического моделирования. Моделирование случайности. Методы моделирования случайности. Генерация псевдослучайных чисел. Моделирование дискретных случайных величин. Моделирование случайного события. Общая схема моделирования. Распределение Пуассона. Биномиальное распределение. Геометрическое распределение. Дискретное распределение Паскаля. Гипергеометрическое распределение. Специальные алгоритмы моделирование дискретных случайных величин. Равномерное дискретное распределение. Биномиальное распределение. Геометрическое распределение. Гипергеометрическое распределение. Моделирование непрерывных случайных величин. Равномерное распределение. Моделирование случайной величины, заданной гистограммой. Метод обратной функции. Общая схема метода. Показательное распределение. Распределение Вейбулла. Нормальное распределение. Треугольное распределение. Метод Неймана. Общая схема метода. Моделирование трапециидального распределения. Метод суммирования. Распределения Симпсона. Трапецеидальное распределение. Нормальное распределение. Логарифмически нормальное распределение. Специальное распределение Эрланга. Общее распределение Эрланга. Специальные методы моделирования случайных величин. Экономичный метод моделирования показательного распределения. Гамма-распределение. Бета-распределение. Степенное распределение. Моделирование распределений Бесселя. Моделирование смеси (суперпозиции) случайных величин. Общее распределение Эрланга. Моделирование взвешенной суммы случайных величин.</p>
4	<p>Основы теории массового обслуживания. Введение в теорию массового обслуживания. Предмет и задачи теории массового обслуживания. Массовое обслуживание в производственной деятельности. Моделирование систем массового обслуживания. Потоки событий. Комплекс массового обслуживания и его элементы. Характеристики основных элементов комплекса массового обслуживания и их классификация. Системы массового обслуживания.</p>
5	<p>Характеристики комплекса массового обслуживания. Организации процессов массового обслуживания. Механизм обслуживания. Дисциплины обслуживания. Процессы массового обслуживания. Классификация характеристик комплекса массового обслуживания. Количественные характеристики процессов массового обслуживания. Классификация критериев эффективности процессов массового обслуживания. Некоторые рекомендации по выбору критериев эффективности. Методы исследования процессов массового обслуживания. Математический аппарат.</p>
6	<p>Основные задачи анализа процессов и комплексов массового обслуживания. Входящий поток требований. Стационарность. Ординарность. Последствия. Ограниченное последствие. Интенсивность. Ведущая функция. Марковские процессы массового обслуживания. Анализ марковского процесса общего вида. Рабочие формулы для модели марковского процесса. Анализ процесса с абсолютными приоритетами с потерями.</p>
7	<p>Имитационное моделирование сложных систем. Понятие имитационного моделирования. Условия целесообразности использования имитационного моделирования. Разновидности имитационного моделирования. Аналоговое моделирование. Цифровое имитационное моделирование. Имитационное моделирование транспортной системы с помощью алгоритмического языка высокого уровня. Моделирование на GPSS. Общие сведения о системе имитационного моделирования GPSS. Блок-диаграммы. Динамические элементы моделей GPSS (сообщения, транзакты). Модельное время. Основные сведения о блоках GPSS-моделей. Кодирование операторов и адресация в GPSS.</p>

№ п/п	Темы лекционных занятий
8	Составление имитационных моделей на GPSS. Внесение транзактов в модель. Блок GENERATE. Удаление транзактов из модели. Блок TERMINATE. Управление временем моделирования. Моделирование одноканальных обслуживающих устройств. Элементы, символизирующие обслуживающие устройства. Занятие свободных приборов. Блок SEIZE. Освобождение приборов. Блок RELEASE. Временной интеграл использования устройства. Реализация задержки во времени. Блок ADVANCE. Моделирование очередей. Общая характеристика очередей. Блок QUEUE. Блок DEPART. Внутренняя организация системы GPSS. Списки транзактов. Общая внутренняя последовательность событий. Управляющие карты GPSS. Моделирование многоканальных устройств. Оператор описания многоканального устройства. Блок ENTER. Блок LEAVE. Блоки, изменяющие порядок прохождения блоков сообщениями. Блок TRANSFER. Организация циклов в GPSS. Блок LOOP. Проверка числовых выражений. Блок TEST. Проверка состояния логических переключателей. Блок GATE.

### 4.3 Содержание практических (семинарских) занятий

#### Очная форма обучения

№ п/п	Темы практических (семинарских) занятий
<b>5 семестр</b>	
1	Оценка параметров функции распределения и построение гистограммы по опытным данным
2	Построение линейной функции регрессии по опытным данным
3	Построение полиномиальной функции регрессии по опытным данным
4	Многоканальная система массового обслуживания с отказами в обслуживании
5	Одноканальная система массового обслуживания с ограниченной длиной очереди

### 4.4 Содержание лабораторных работ

#### Очная форма обучения

№ п/п	Наименования лабораторных работ
<b>5 семестр</b>	
1	Определение функции надежности объекта по опытным данным
2	Статистические методы в среде электронных таблиц Excel
3	Основы работы с системой имитационного моделирования GPSS World
4	Анализ стандартной выходной статистики системы имитационного моделирования GPSS World
5	Моделирование подъемно-транспортного оборудования с помощью системы имитационного моделирования GPSS World

### 4.5 Содержание клинических практических занятий

Занятия указанного типа не предусмотрены основной профессиональной образовательной программой.

### 4.6 Содержание самостоятельной работы обучающегося

### Очная форма обучения

№ п/п	Виды и формы самостоятельной работы
<b>5 семестр</b>	
1	Подготовка к практическим занятиям
2	Изучение дополнительного материала по темам лекционных занятий
3	Подготовка к промежуточной аттестации и ее прохождение

### 5 Система формирования оценки результатов обучения по дисциплине (модулю) в рамках текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося

#### Очная форма обучения

Мероприятия текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося			Максимальное количество баллов
<b>5 семестр</b>			
Текущий контроль успеваемости	Первый рубежный контроль	<b>Оцениваемая учебная деятельность обучающегося:</b>	
		Посещение лекционных занятий	5
		Работа на практических (семинарских) занятиях	5
		Выполнение лабораторной работы №1	4
		Выполнение лабораторной работы №2	4
		Выполнение лабораторной работы №3	2
		Выполнение теста в рамках текущего контроля успеваемости	10
		Итого	30
	Второй рубежный контроль	<b>Оцениваемая учебная деятельность обучающегося:</b>	
		Посещение лекционных занятий	5
		Работа на практических (семинарских) занятиях	5
		Выполнение лабораторной работы №4	5
		Выполнение лабораторной работы №5	5
		Выполнение теста в рамках текущего контроля успеваемости	10
		Итого	30
Промежуточная аттестация	Экзамен		40 (100*)

\* В случае отказа обучающегося от результатов текущего контроля успеваемости

### Шкала соответствия оценок в стобальной и академической системах оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

Система оценивания результатов обучения	Оценки			
Стобальная система оценивания	0 – 39	40 – 60	61 – 80	81 – 100



Система оценивания результатов обучения	Оценки			
Академическая система оценивания (экзамен, дифференцированный зачет, защита курсового проекта, защита курсовой работы)	Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Академическая система оценивания (зачет)	Не зачтено	Зачтено		

## 6 Описание материально-технической базы (включая оборудование и технические средства обучения), необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю) требуется учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная специализированной мебелью: столы и стулья обучающихся, стол и стул преподавателя, демонстрационным оборудованием: компьютер, проектор, экран, меловая доска.

Для самостоятельной работы проведения по дисциплине (модулю) требуется аудитория, оснащенная специализированной мебелью: столы и стулья обучающихся, стол и стул преподавателя, компьютерами с подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду.

Для выполнения лабораторных работ и проведения практических занятий по дисциплине требуется компьютерный класс, оснащенный персональными компьютерами типа Pentium количеством не менее 10 шт.

## 7 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

### 7.1 Основная литература

1. Павловский Ю. Н. Имитационное моделирование: учеб. пособие для вузов / Ю.Н. Павловский, Н.В. Белотелов, Ю.И. Бродский. – М.: Академия, 2008. – 236 с.
2. Кознов Д.В. Основы визуального моделирования: учеб. пособие для вузов / Д.В. Кознов. – М.: Интернет-Ун-т информ. технологий: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. – 246 с.
3. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения: учеб. пособие для вузов / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. – 4-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2007. – 491 с.
4. Пасько Н.И. Статистическое моделирование процессов и систем : учеб. пособие для вузов / Н.И. Пасько, А.Н. Иноземцев, С.Г. Зайков; ТулГУ. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2008. – 112 с.
5. Салмина Н.Ю. Имитационное моделирование [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Салмина Н.Ю. – Электрон. текстовые данные. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Эль Контент, 2015. – 118 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/70012.html>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю.

### 7.2 Дополнительная литература

1. Советов Б.Я. Моделирование систем: учебник для вузов / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. – 4-е изд. – М.: Высш. шк., 2005. – 342 с.
2. Кудрявцев Е.М. Основы работы с универсальной системой моделирования GPSS World: учеб. пособие для вузов / Е.М. Кудрявцев, А.В. Добровольский. – М.: АСВ, 2005. – 256 с.
3. Кудрявцев Е.М. GPSS World. Основы имитационного моделирования различных систем. – М.: ДМК Пресс, 2004. – 320 с.



4. Кудрявцев Е.М. Комплексная механизация строительства. – 2-е изд. – М.: Издательство ассоциации строительных вузов, 2005. – 424 с.
5. Гмурман, В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. пособие для вузов / В.Е. Гмурман. – 12-е изд., перераб. – М.: Высш. образование, 2008. – 479 с.
6. Дреус, Ю.Г. Имитационное моделирование [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов / Ю.Г. Дреус, В.В. Золотарёв. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2019. – 142 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-11385-3. – Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru/bcode/445193>, по паролю. – ЭБС Юрайт

## **8 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

1. [www.imamod.ru](http://www.imamod.ru) – Официальный сайт Института математического моделирования Российской Академии Наук.
2. <https://tsutula.bibliotech.ru/> – Электронный читальный зал «БИБЛИОТЕХ»: учебники авторов ТулГУ по всем дисциплинам.
3. <http://www.iprbookshop.ru/> – ЭБС IPRBooks универсальная базовая коллекция изданий.
4. <http://elibrary.ru/> – Научная Электронная Библиотека eLibrary – библиотека электронной периодики.
5. <http://cyberleninka.ru/> – НЭБ КиберЛенинка научная электронная библиотека открытого доступа.
6. <https://e.lanbook.com> – ЭБС "Лань".
7. <http://www.studmedlib.ru/> – ЭБС "Book.ru": электронная библиотека издательства "Кно-рус".
8. <https://biblio-online.ru/> – ЭБС Юрайт: электронная библиотека для вузов и ссузов.

## **9 Перечень информационных технологий, необходимых для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

### **9.1 Перечень необходимого ежегодно обновляемого лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства**

1. Windows 7 Professional N and KN.
2. Студенческая версия GPSS World.
3. Пакет офисных приложений «МойОфис Профессиональный»: «МойОфис Презентация», «МойОфис Текст», «МойОфис Таблица».
4. Антивирусное средство Dr. Web Security Desktop
5. Браузеры Google Chrome/Mozilla Firefox
6. Архиватор 7-zip
7. Adobe Acrobat DC/ Adobe Reader

### **9.2 Перечень необходимых современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем**

1. Компьютерная справочная правовая система Консультант Плюс.