

Документ подписан про...  
Информация о владельце:  
ФИО: Максимов Алексей Борисович  
Должность: директор департамента по образовательной политике  
Дата подписания: 02.10.2023 17:43:17  
Уникальный программный ключ:  
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Московский политехнический университет» («Московский Политех»)  
Кафедра «Наземные транспортные средства»

УТВЕРЖДАЮ

Декан транспортного факультета

/П. Итурралде/

« 28 » августа 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«Математическое моделирование технических систем»**  
Направление подготовки –  
23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства»  
Профиль – «Спортивные транспортные средства»  
Квалификация (степень) выпускника – инженер  
Форма обучения – очная

Москва  
2021 г.

## **1. Цели и задачи дисциплины**

Целью преподавания дисциплины «Математическое моделирование технических систем» является формирование у обучающегося концептуального представления о возможностях, которые предоставляет математическое моделирование для решения задач проектирования и исследования технических систем, методах построения математических моделей систем различного характера, а также современных средствах реализации и исследования этих моделей.

Достижение данной цели подразумевает необходимость в процессе обучения решения ряда задач, а именно:

- Рассмотрение основных математических методов, применяемых для моделирования технических систем.
- Освоение рационального подхода к выбору методов для построения математических моделей при решении конкретных задач.
- Овладении навыками работы с прикладным программным обеспечением, позволяющим реализовывать и проводить исследования математических моделей.

## **2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы (ООП) специалитета**

Дисциплина относится к обязательной части блока 1 ООП специалитета (Б.1.1.31). Содержательно и методически она связана со следующими входящими в ООП специалитета дисциплинами:

- Электротехника и электроника (Б1.1.06).
- Теоретическая механика (Б1.1.16).
- Теория механизмов и машин (Б1.1.17).
- Детали машин и основы конструирования (Б1.1.18.)
- Сопротивление материалов (Б1.1.19).
- Надёжность механических систем (Б1.1.20).
- Метод конечных элементов (Б1.1.21).
- Динамика и прочность машин (Б1.1.22).
- Прикладная теория колебаний (Б1.1.23).
- Современные средства программирования в задачах механики транспортных средств (Б1.1.24).
- Термодинамика и теплопередача (Б1.1.25).
- Энергетические установки наземных транспортных средств (Б1.1.26).
- Гидравлика и гидропневмопривод (Б1.1.27).
- Системный инжиниринг в автомобилестроении (Б1.1.32).
- Устройство автомобиля (Б1.1.34).
- Конструкция автомобиля (Б1.1.35).
- Теория автомобиля (Б1.1.36).
- Конструирование и расчёт автомобиля (Б1.1.37).
- Линейная алгебра (Б1.1.39.1).
- Математический анализ (Б.1.1.39.2).
- Физика (Б.1.1.39.3).
- Численные методы (Б1.1.39.5)

- Электрооборудование автомобиля (Б1.2.04).
- Автоматические системы автомобиля (Б1.2.11).
- Особенности конструкции электромобилей (Б.1.2.14).
- Автомобили с комбинированными энергетическими установками (Б1.2.15).
- Системы автоматизированного проектирования автомобиля (Б1.2.ЭД.2.1).
- Специализированный подвижной состав (Б1.2.ЭД.3.1).
- Специальные транспортные средства (Б1.2.ЭД.3.2).
- Конструкция колёсных и гусеничных транспортно-тяговых машин (Б1.2.ЭД.4.1).
- Конструкция многоцелевых колёсных машин (Б1.2.ЭД.4.2).
- Теория колёсных и гусеничных транспортно-тяговых машин (Б1.2.ЭД.5.1).
- Теория многоцелевых колёсных машин (Б1.2.ЭД.5.2).

**3. Перечень планируемых результатов освоения дисциплины, соотнесённые с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы нижеследующие компетенции с достижением соответствующих результатов:

Код и содержание компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Перечень планируемых результатов
<b>Профессиональные компетенции</b>		
ПК-4. Способен выполнить инженерные расчёты АТС.	<p>ИПК-4.1. Обладание знаниями методов и программно-технических средств выполнения расчётов, методик проведения расчётов систем АТС и их компонентов, физических и механических характеристик конструкционных материалов АТС и их компонентов для выполнения инженерных расчётов АТС.</p> <p>ИПК-4.2. Умение применять знания методов и программно-технических средств выполнения расчётов, методик проведения расчётов систем АТС и их компонентов, физических и механических характеристик конструкционных материалов АТС и их компонентов для выполнения инженерных расчётов АТС.</p> <p>ИПК-4.3. владеет навыками выполнения инженерных расчётов АТС.</p>	<p><i>Знание</i> возможностей, предоставляемых математическими моделями, основных положений физики и методов математики, применяемых для их построения, а также средств их реализации и исследования.</p> <p><i>Умение</i> определять перечень задач, решение которых необходимо для построения математической модели технической системы, исходя из имеющейся цели моделирования, применять упомянутые положения физики и методы математики для построения математических моделей конкретных технических систем.</p> <p><i>Владение</i> базовыми навыками по выбору рациональных методов математического описания технических систем с учётом особенностей их принципов действия и конструкций, а также по прогнозированию временных и трудовых затрат на построение, реализацию и исследование адекватной математической модели технической системы.</p>

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 2 зачётные единицы (72 академических часа). Из них 36 академических часов отводится на аудиторные занятия (в том числе 18 академических часов лекций и 18 академических часов лабораторных занятий) и 36 академических часов – на самостоятельную работу обучающегося.

Распределение лекционных, лабораторных и самостоятельных занятий по срокам и темам, приведено в приложении 1 к настоящей рабочей программе.

Содержание лекционного курса по разделам дисциплины:

- 1) Введение в дисциплину.  
Предмет, цель, задачи и содержание дисциплины. Связанные области знания. Краткая история развития методов и средств математического моделирования, его значение в современной технике и науке.
- 2) Базовые понятия математического моделирования.  
Понятия модели и моделирования. Многообразие объектов моделирования. Модель как средство изучения систем и прогнозирования. Адекватность модели и область её применимости. Виды моделирования и их взаимосвязь. Математический аппарат как наиболее универсальное средство построения моделей. Классификация математических моделей.
- 3) Экстремальные задачи в математическом моделировании.  
Суть экстремальных задач. Понятие целевой функции математической модели. Однокритериальные и многокритериальные задачи, краткий обзор методов их решения.
- 4) Современные средства реализации и исследования математических моделей.  
Современная вычислительная техника и прикладное программное обеспечение как средства реализации и исследования математических моделей. Табличные процессоры: «Excel», «Calc» и др. Среды программирования на языках высокого уровня: «Fortran», «Pascal», «C», «MATLAB», «Scilab» и др. Системы компьютерной математики: «Mathcad», «Maple», «Mathematica», «SMath Studio» и др. Средства графического программирования: «Simulink», «Xcos» и др. Средства имитационной визуализации математических моделей: «MapleSim» и др.
- 5) Система компьютерной математики «SMath Studio».  
Назначение и возможности системы «SMath Studio», её место среди прочих средств решения задач математического моделирования. Интерфейс системы «SMath Studio», основные её инструменты и приёмы работы с ними. Решение простейших математических задач в среде «SMath Studio».
- 6) Средство графического программирования «Xcos».  
Назначение и возможности среды программирования на языке высокого уровня «Scilab» её место среди прочих средств решения задач математического моделирования. Средство графического программирования «Xcos» среды «Scilab». Интерфейс средства «Xcos», основные его инструменты и приёмы работы с ними. Решение простейших математических задач в среде «Xcos».
- 7) Статические математические модели механических систем.  
Эквивалентная расчётная схема и рациональный выбор её структуры. Силовые воздействия и связи механических систем в статике, их представление на расчётных схемах. Использование методов статики и кинематики для построения математических моделей. Примеры статических математических моделей механических систем.
- 8) Динамические математические модели механических систем в инерциальных системах отсчёта.  
Использование методов классической механики для построения динамических математических моделей. Принцип Д'Аламбера – Лагранжа и диффе-

ренциальные уравнения движения. Применение принципа Д'Аламбера – Лагранжа к механическим системам с неголономными связями. Связи, силовые воздействия, силы и моменты инерции механических систем в динамике, их представление на расчётных схемах. Примеры динамических математических моделей механических систем в инерциальных системах отсчёта.

- 9) Динамические математические модели механических систем в неинерциальных системах отсчёта.

Особенности применения методов классической механики для построения математических моделей механических систем в неинерциальных системах отсчёта. Силы и моменты инерции, обусловленные неинерциальностью системы отсчёта, их представление на расчётных схемах. Примеры динамических математических моделей систем в неинерциальных системах отсчёта.

- 10) Регрессионные модели.

Регрессия как способ математического описания трудноформализуемых объектов. Методы построения регрессионных зависимостей. Полиномиальная регрессия. Аппроксимационная теорема Вейерштрасса. Особенности применения регрессионных моделей. Примеры регрессионных моделей технических систем.

- 11) Стохастические математические модели.

Проблемы, приводящие к необходимости построения стохастических математических моделей. Использование методов теории вероятностей и математической статистики для построения стохастических математических моделей. Моделирование случайных величин и случайных процессов. Примеры стохастических математических моделей технических систем.

- 12) Математическое моделирование гидравлических, пневматических, теплотехнических и электротехнических систем.

Особенности математического моделирования гидравлических, пневматических, теплотехнических и электротехнических систем. Основные методы соответствующих прикладных дисциплин, используемые для построения математических моделей. Примеры математических моделей гидравлических, пневматических, теплотехнических и электротехнических систем.

В рамках лабораторных занятий обучающимися совместно с преподавателем прорабатываются конкретные примеры построения, реализации и исследования математических моделей технических систем.

Содержание курса лабораторных занятий:

- 1) Решение задач Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений в системах компьютерной математики.
- 2) Моделирование аperiodического процесса.
- 3) Исследование колебательных процессов.
- 4) Моделирование вынужденных колебаний двухмассовой системы.
- 5) Моделирование электрических цепей.

## **5. Образовательные технологии**

Преподавание дисциплины подразумевает проведение наряду с занятиями лекционного типа лабораторных занятий.

В рамках первых используются способствующие усвоению курса интерактивные презентации.

Вторые проводятся по мере освоения лекционного курса с целью углубления и конкретизации полученных знаний. При проведении лабораторных занятий реализуется ступенчатый подход к выполнению поставленных задач с использованием сквозного обучения.

Для проведения лабораторных занятий используется свободно распространяемое прикладное программное обеспечение для персональных компьютеров «SMath Studio» и «Scilab» (модуль «Xcos»), посредством которого реализуются и исследуются математические модели.

Самостоятельная работа обучающихся имеет целью совершенствование знаний и навыков, приобретённых в рамках аудиторных занятий, и предполагает проработку конспекта лекций и литературных источников, а также подготовку к лабораторным занятиям.

## **6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

Формой текущего контроля над успеваемостью является защита обучающимся лабораторных работ, проводящаяся ведущим курс лабораторных занятий преподавателем по результатам выполнения таковых в форме индивидуальных устных опросов.

Формой промежуточной аттестации по дисциплине является зачёт.

Промежуточная аттестация проводится по результатам выполнения всех предусмотренных в течение семестра видов учебной работы при условии успешной защиты самостоятельно выполненных лабораторных работ. Оценка степени достижения обучающимся планируемых результатов обучения дисциплине проводится преподавателем, ведущим лекционные занятия по дисциплине, в ходе устного опроса методом экспертной оценки. Билет к зачёту состоит из двух вопросов, список которых приведён в приложении 1 к настоящей рабочей программе.

По итогам промежуточной аттестации обучающемуся выставляется одна из следующих оценок: «зачтено» или «не зачтено». Критерии оценивания по данной шкале, сопоставленные с показателями, сведены в нижеследующую таблицу.

ПК-4. Способен выполнить инженерные расчёты АТС.		
Показатель	Критерии оценивания	
	Не зачтено	Зачтено
<i>Знание</i> возможностей, предоставляемых математическими моделями, основных положений физики и методов математики, применяемых для их построения, а также средств их реализации и исследования.	Обучающийся демонстрирует отсутствие знаний или неверные знания о возможностях, предоставляемых математическими моделями, основных положениях физики и методах математики, применяемых для их построения а также средствах их реализации и исследования.	Обучающийся демонстрирует достаточно полные знания о возможностях, предоставляемых математическими моделями, основных положениях физики и методах математики, применяемых для их построения а также средствах их реализации и исследования.
<i>Умение</i> определять перечень задач, решение которых необходимо для построения математической модели технической системы, исходя из имеющейся цели моделирования, применять упомянутые положения физики и методы математики для построения математических моделей конкретных технических систем.	Обучающийся не демонстрирует умение, исходя из имеющейся цели, определять перечень задач, чьё решение необходимо для построения математической модели технической системы, и применять упомянутые положения физики и методы математики для построения математических моделей конкретных технических систем.	Обучающийся демонстрирует умение, исходя из имеющейся цели, определять перечень задач, чьё решение необходимо для построения математической модели технической системы, и применять упомянутые положения физики и методы математики для построения математических моделей конкретных технических систем.
<i>Владение</i> базовыми навыками по выбору рациональных методов математического описания технических систем с учётом особенностей их принципов действия и конструкций, а также по прогнозированию временных и трудовых затрат на построение, реализацию и исследование адекватной математической модели технической системы.	Обучающийся не демонстрирует навыки по выбору рациональных методов математического описания технических систем с учётом особенностей их принципов действия и конструкций и способность к сравнительной оценке трудоёмкости реализации и исследованию математической модели технической системы различными методами и средствами.	Обучающийся демонстрирует навыки по выбору рациональных методов математического описания технических систем с учётом особенностей их принципов действия и конструкций и способность к сравнительной оценке трудоёмкости реализации и исследованию математической модели технической системы различными методами и средствами.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Учебно-методическое обеспечение дисциплины составляет следующая рекомендуемая литература:

а) Основная:

1. Тарасик В. П. Математическое моделирование технических систем: Учеб. для вузов. – Минск: Дизайн ПРО, 2009. – 640 с.

б) Дополнительная:

1. Алиев А. В., Мищенко О. В. Математическое моделирование в технике. – М. – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2012. – 476 с.



2. Горлач Б. А., Шахов В. Г. Математическое моделирование. Построение моделей и численная реализация: Учеб. пособие. – СПб.: Лань, 2016. – 292 с.
3. Морозов К. Е. Математическое моделирование в научном познании. – М.: Мысль, 1969. – 212 с.
4. Осташков В. Н. Практикум по решению инженерных задач математическими методами: Учеб. пособие. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. – 200 с.

Информационное обеспечение дисциплины составляет используемое в рамках занятий свободно распространяемое прикладное программное обеспечение для персональных компьютеров «SMath Studio» и «Scilab» (модуль «Xcos») актуальных версий, предназначенное для компьютерной реализации математических моделей их исследования и визуализации полученных результатов (официальные адреса в глобальной информационно-телекоммуникационной компьютерной сети «Internet»: <http://ru.smath.info> и <http://www.scilab.org> соответственно, проверено 24.09.2023). Кроме того в состав информационного обеспечения дисциплины входят следующие, представленные для свободного доступа в глобальной информационно-телекоммуникационной компьютерной сети «Internet» электронные ресурсы:

1. «Введение в математическое моделирование» (режим доступа: <http://www.intuit.ru/studies/courses/2260/156/info>, проверено 24.09.2023).
2. «Моделирование систем с сосредоточенными параметрами (базовый курс)» (режим доступа: <http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=Mod/base.cou>, проверено 24.09.2023).
3. «Моделирование систем с распределёнными параметрами (базовый курс)» (режим доступа: <http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=Mkr/base.cou>, проверено 24.09.2023).

)

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Лекционные занятия проводятся в аудиториях Н-203, Н-205, Н-221, оборудованных помимо традиционных средств обеспечения учебного процесса техническими средствами для демонстрации интерактивных презентаций (системными блоками с необходимыми периферийными устройствами, а также системным и прикладным программным обеспечением, активными динамиками, мультимедиа-проекторами, экранами, интерактивными досками).

Лабораторные занятия проводятся в специализированных аудиториях Н-206 и Н-306, оборудованных помимо традиционных средств обеспечения учебного процесса компьютеризированными рабочими местами с необходимыми периферийными устройствами, а также системным и прикладным программным обеспечением, активными динамиками, мультимедиа-проекторами, экранами и интерактивными досками.

Программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования и учебным планом подготовки инженеров по направлению 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства» (профиль «Спортивные транспортные средства») на очной форме обучения.

Программу составил  
доцент кафедры, к. т. н.:



---

/ А. Е. Есаков /

:

Заведующий кафедрой,  
д. т. н., проф.:



/ А. В. Келлер /

**Структура и содержание дисциплины «Математическое моделирование технических систем»  
направления подготовки 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства»  
(профиль «Спортивные транспортные средства», очная форма обучения)**

Раздел	Семестр	Неделя семестра	Трудоёмкость учебной работы по видам, академические часы					Виды самостоятельной работы обучающегося				Формы аттестации	
			Л	ПЗ / С	ЛР	СРС	КСР	КП	РГР	Р	КР	З	Э
1) Введение в дисциплину	8	1	1	0	0	2	0	—	—	—	—	+	—
2) Базовые понятия математического моделирования		1	1	0	0	2	0						
3) Экстремальные задачи в математическом моделировании		2	2	0	0	4	0						
4. Современные средства реализации и исследования математических моделей		3 – 4	2	0	2	2	0						
5) Система компьютерной математики «SMath Studio»		5 – 6	1	0	2	4	0						
6) Средство графического программирования «Xcos»		6 – 7	1	0	2	4	0						

Раздел	Семестр	Неделя семестра	Трудоёмкость учебной работы по видам, академические часы					Виды самостоятельной работы обучающегося				Формы аттестации	
			Л	ПЗ / С	ЛЗ	СРС	КСР	КП	РГР	Р	КР	З	Э
7) Статические математические модели механических систем	8	8 – 9	2	0	2	4	0	—	—	—	—	+	—
8) Динамические математические модели механических систем в инерциальных системах отсчёта		10 – 11	1	0	2	4	0						
9) Динамические математические модели механических систем в неинерциальных системах отсчёта		11 – 12	1	0	2	4	0						
10) Регрессионные модели		13 – 14	2	0	2	2	0						
11) Стохастические математические модели		15 – 16	2	0	2	2	0						
12) Математическое моделирование гидравлических, пневматических, теплотехнических и электротехнических систем		17 – 18	2	0	2	2	0						
Итого		18	18	0	18	36	0	—	—	—	—	+	—

Л – лекции; ПЗ / С – практические занятия или семинары; ЛЗ – лабораторные занятия; СРС – самостоятельная работа обучающегося; КСР – контроль самостоятельной работы; КП – курсовой проект; РГР – расчётно-графическая работа; Р – реферат; КР – курсовая работа; З – зачёт; Э – экзамен.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Московский политехнический университет» («Московский Политех»)

Направление подготовки –  
23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства»  
Профиль – «Спортивные транспортные средства»  
Квалификация (степень) выпускника – инженер  
Вид профессиональной деятельности – в соответствии с ФГОС ВО

Кафедра «Наземные транспортные средства»

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
**по дисциплине**  
**«Математическое моделирование технических систем»**

Составитель – к. т. н. Есаков А. Е.

Москва  
2021 г.

### Показатели уровня сформированности компетенций

Формируемые и демонстрируемые обучающимся компетенции		Перечень компонентов	Технологии формирования компетенций	Формы оценочных средств	Уровни освоения компетенций
Код	Формулировка				
ПК-4	Способен выполнить инженерные расчёты АТС.	<p><i>Знание</i> возможностей, предоставляемых математическими моделями, основных положений физики и методов математики, применяемых для их построения, а также средств их реализации и исследования.</p> <p><i>Умение</i> определять перечень задач, решение которых необходимо для построения математической модели технической системы, исходя из имеющейся цели моделирования, применять упомянутые положения физики и методы математики для построения математических моделей конкретных технических систем.</p> <p><i>Владение</i> базовыми навыками по выбору рациональных методов математического описания технических систем с учётом особенностей их принципов действия и конструкций, а также по прогнозированию временных и трудовых затрат на построение, реализацию и исследование адекватной математической модели технической системы.</p>	<p>Лекции.</p> <p>Лабораторные занятия.</p> <p>Самостоятельная работа.</p>	Устный опрос.	<p><i>Базовый уровень:</i> воспроизведение полученных знаний и навыков в ходе промежуточной аттестации.</p> <p><i>Повышенный уровень:</i> применение полученных знаний и навыков к ситуациям, выходящих за рамки рассмотренных на аудиторных занятиях.</p>

Вопросы к зачёту:

- 1) Понятие модели, объекта моделирования, предмета моделирования. Виды моделирования.
- 2) Взаимосвязь знакового, предметного и умозрительного моделирования. Модель, являющаяся симулятором.
- 3) Понятие математической модели. Математическое моделирование и симуляция. Классификация математических моделей.
- 4) Цели математического моделирования и возможности, им предоставляемые. Большие системы как объект математического моделирования. Адекватность математической модели и область её применимости.
- 5) Структурные и функциональные математические модели. Объекты моделирования типа «белый ящик», «чёрный ящик» и «серый ящик».
- 6) Особенности построения математических моделей для решения экстремальных задач.
- 7) Классификация современных средств реализации и исследования математических моделей, и их сравнительная характеристика.
- 8) Способы визуального представления результатов симуляции.
- 9) Система компьютерной математики «SMath Studio», её назначение, концепция и основные возможности.
- 10) Средство графического программирования «Xcos», его назначение, концепция и основные возможности.
- 11) Области применения классической, релятивистской и квантовой механики при построении математических моделей.
- 12) Эквивалентные расчётные схемы механических систем. Связи, силовые воздействия, силы инерции.
- 13) Методы математического моделирования механических систем с сосредоточенными и распределёнными параметрами.
- 14) Механические системы материальных точек и абсолютно твёрдых тел, как объекты математического моделирования Статические и динамические математические модели механических систем.
- 15) Использование методов статики и кинематики для построения математических моделей механических систем.
- 16) Дифференциальные уравнения как математический аппарат описания динамических систем. Виды связанных с ними задач. Методы решения таковых.
- 17) Составление уравнений движения для систем с голономными связями.
- 18) Составление уравнений движения для систем с неголономными связями.
- 19) Особенности математического моделирования динамических систем в неинерциальных системах отсчёта.
- 20) Регрессионные модели технических систем, область их применения и особенности построения.
- 21) Полиномиальная регрессия. Аппроксимационная теорема Вейерштрасса. Суть метода наименьших квадратов.
- 22) Детерминированные и стохастические математические модели. Математическое моделирование случайных величин и случайных процессов.
- 23) Особенности синтеза целевой функции в стохастических экстремальных задачах математического моделирования.

- 24) Особенности математического моделирования гидравлических и пневматических систем.
- 25) Особенности математического моделирования теплотехнических систем.
- 26) Особенности моделирования электротехнических систем.