Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 23.10.2023 11:33:04
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

_____ /М.Н. Лукьянов/

«01» 08 2022 г.

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

Москва
2022 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
Профессиональные компетенции		
ПК-4. Способен выполнить инженерные расчёты АТС.	ИПК-4.1. Обладание знаниями методов и программнотехнических 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. ИПК-4.2. Умение применять знания методов и программнотехнических 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. ИПК-4.3. владеет навыками выполнения инженерных расчётов АТС.	*Знание* возможностей, предоставляемых математическими моделями, основных положений физики и методов математики, применяемых для их построения, а также средств их реализации и исследования. *Умение* 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. *Владение* базовыми навыками по выбору рациональных методов математического описания технических систем с учётом особенностей их принципов действия и конструкций, а также по прогнозированию временны́х и трудовых затрат на построение, реализацию и исследование адекватной математической модели технической системы.

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 апериодического 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
Знание 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.
Умение 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.
Владение базовыми навыками по выбору рациональных методов математического описания технических систем с учётом особенностей их принципов действия и конструкций, а также по прогнозированию временны́х 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., Мищенкова 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)» (режин доступа: http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=Mkr/base.cou, проверено 24.09.2023).

в) электронно-образовательные ресурсы

ЭОР находится в разработке.

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 «Перспективные транспортные средства») на очной форме обучения.

Программу составил
доцент кафедры, к. т. н.:  / А. Е. Есаков /

Согласовано:

Заведующий кафедрой,
д. т. н., проф.:  / А. В. Келлер /

Приложение 1

**Структура и содержание дисциплины «Математическое моделирование технических систем»
направления подготовки 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства»
(профиль «Перспективные 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 – «Перспективные 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
2022 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.	*Знание* возможностей, предоставляемых математическими моделями, основных положений физики и методов математики, при-меняемых для их построения, а также средств их реализации и исследования. *Умение* 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. *Владение* базовыми навыка-ми по выбору рациональных методов математического описания технических систем с учётом особенностей их принципов действия и конструкций, а также по прогнозированию временны́х и трудовых затрат на построение, реализацию и исследование адекватной математической модели технической системы.	Лекции. Лабораторные занятия. Самостоятельная работа.	Устный опрос.	*Базовый уровень:* воспроизведение полученных знаний и навыков в ходе промежуточной аттестации. *Повышенный уровень:* применение полученных знаний и навыков к ситуациям, выходящих за рамки рассмотренных на аудиторных занятиях.

Вопросы к зачёту:

1) Понятие модели, объекта моделирования, предмета моделирования. Виды моделирования.
2) Взаимосвязь знакового, предметного и умозрительного моделирования. Модель, являющаяся симулякром.
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 механик 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.