

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Механико-математический факультет

УТВЕРЖДЕНО:
Декан ММФ ТГУ
Л.В. Гензе

Оценочные материалы по дисциплине

Устойчивость и управление движением

по направлению подготовки

01.03.03 Механика и математическое моделирование

Направленность (профиль) подготовки:

**Основы научно-исследовательской деятельности в области механики и
математического моделирования**

Форма обучения

Очная

Квалификация

Бакалавр

Год приема

2023

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ОП
Л.В. Гензе

Председатель УМК
Е.А. Тарасов

Томск – 2023

1. Компетенции и индикаторы их достижения, проверяемые данными оценочными материалами

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания в области математического анализа, комплексного и функционального анализа, алгебры, аналитической геометрии, дифференциальной геометрии и топологии, дифференциальных уравнений, дискретной математики и математической логики, теории вероятностей, математической статистики и случайных процессов, численных методов, теоретической механики как для использования в профессиональной деятельности, так и для консультирования.

ОПК-8 Способен использовать в педагогической деятельности научные знания в сфере математики, механики, компьютерных наук и информатики.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 1.1 Демонстрирует навыки работы с профессиональной литературой по основным естественнонаучным и математическим дисциплинам

ИОПК 1.2 Демонстрирует навыки выполнения стандартных действий, решения типовых задач с учетом основных понятий и общих закономерностей, формулируемых в рамках базовых математических и естественнонаучных дисциплин

ИОПК 1.3 Владеет фундаментальными знаниями, полученными в области математических и (или) естественных наук

ИОПК 8.1 Демонстрирует способность подготовить конспект или план занятия по теме из области математики, механики, компьютерных наук или информатики.

ИОПК 8.2 Выбирает подходящие источники информации для подготовки конспекта или плана занятия по выбранной теме.

2. Оценочные материалы текущего контроля и критерии оценивания

Элементы текущего контроля:

- вопросы коллоквиумов;
- индивидуальные задания;

2.1 Вопросы коллоквиумов

В конце каждого из 3 разделов дисциплины студенты пишут коллоквиум, который максимально оценивается в 30 баллов. Система оценки ответов на вопросы в коллоквиуме идентична для всех трех коллоквиумов. Первые шесть вопросов в коллоквиуме оцениваются по 1 баллу за каждый правильный ответ. Вопросы с 7 по 12 оцениваются в зависимости от полноты ответа на вопрос до 3 или 5 баллов. Коллоквиумы позволяют оценить формируемые компетенции ИОПК 1.2 и ИОПК 1.3 по соответствующим разделам.

Коллоквиум по теме «Общая теория устойчивости»

Вариант 1.

Вопрос №1.

Какой критерий устойчивости не является алгебраическим?

- а) кр. Гурвица б) кр. Рауса в) кр. Найквиста-Михайлова г) кр. Сильвестра

Вопрос №2.

Кто показал, что требования, налагаемые на функцию Ляпунова и её производные для Теоремы Ляпунова об асимптотической устойчивости, могут быть ослаблены:

- а) Колмогоров б) сам Ляпунов в) Четаев г) Красовский

Вопрос №3.

Неустойчивое равновесие связано с:

- а) областью локального максимума потенциальной энергии
б) областью, где потенциальная энергия не варьируется

в) областью локального минимума потенциальной энергии

Вопрос №4.

Выберите правильное утверждение:

- а) Равновесие системы с несколькими степенями свободы будет устойчиво, если оно устойчиво хотя бы по одному направлению (оси \ вещественной переменной)
- б) Равновесие системы с несколькими степенями свободы устойчиво только в случае устойчивости по всем направлениям.
- в) Равновесие системы с несколькими степенями свободы устойчиво в случае, когда все вещественные переменные, связанные с макропараметрами системы устойчивы при любых временах t .

Вопрос №5.

Функция Ляпунова вида $V = 3x_1^4 + 7x_2^2$ является:

- а) Определенно-положительной б) Определенно-отрицательной
- в) Знакопеременной г) Знакопостоянной отрицательной

Вопрос №6.

«Отец-основатель» общей теории устойчивости

- а) Красовский б) Ляпунов в) Лагранж г) Максвелл

Вопрос №7.

Что такое фазовое пространство (определение, применимое в математике и физике)?

Вопрос №8.

Сформулируйте понятие механического равновесия тела.

Вопрос №9.

Что такое изображающая точка M_0 ? Связь с изучаемой на устойчивость динамической системой.

Вопрос №10.

Сформулируйте разницу между понятиями устойчивости и асимптотической устойчивости.

Вопрос №11.

Физический смысл траектории гамма в n -мерном фазовом пространстве

Вопрос №12.

Что изучает общая теория устойчивости?

Коллоквиум по теме «Общая теория устойчивости»

Вариант 2.

Вопрос №1.

В чем основное отличие критерия Найквиста-Михайлова от остальных критериев устойчивости?

- а) Он не является частотным б) Он не является алгебраическим в) Он относится к эмпирическим критериям

Вопрос №2.

Условия теоремы Ляпунова о неустойчивости движения могут быть ослаблены. Кто сформулировал это ослабление?

- а) сам Ляпунов б) Четаев в) Красовский

Вопрос №3.

Устойчивое равновесие связано с:

- а) областью локального максимума потенциальной энергии
- б) областью, где потенциальная энергия не варьируется
- в) областью локального минимума потенциальной энергии

Вопрос №4.

Выберите пример неустойчивого равновесия системы

- а) шар на дне ямы б) мяч на горном перевале (седловине) в) геостационарный спутник

Вопрос №5.

Функция Ляпунова вида $V = 6x_1^4 - 3x_2^3$ является:

- а) Определенно-положительной б) Определенно-отрицательной

в) Знакопеременной г) Знакопостоянной отрицательной

Вопрос №6.

Связь точки на фазовом пространстве с динамической системой, изучаемой на предмет устойчивости, заключается в том, что:

- а) точка отвечает положению системы в декартовом пространстве,
- б) точка отвечает состоянию системы (значениям вещественных переменных, описывающих систему) в определенный момент времени,
- в) точка отвечает изменению характеристик устойчивости системы

Вопрос №7.

Сформулируйте понятие безразличного равновесия системы

Вопрос №8.

Что такое изображающая точка M ? Связь с изучаемой на устойчивость динамической системой.

Вопрос №9.

Сформулируйте понятие механического равновесия системы.

Вопрос №10.

Что такое фазовая плоскость (определение, применимое в математике и физике)?

Вопрос №11.

Что такое «прямой метод Ляпунова»?

Вопрос №12.

Сформулируйте понятие устойчивой системы

Коллоквиум по теме «Гидродинамическая теория устойчивости и модели турбулентности»

Вопрос №1.

Выберите правильный вариант примера ламинарного течения

- а) Движение вихрей в атмосфере б) Движение крови в капиллярах в) Течение горной реки г) Кварк-глюонная плазма

Вопрос №2.

В честь кого назван критерий подобия течения вязкой жидкости:

- а) О. Рейнольдса б) В. Нуссельта в) Э.Маха г) М. Кнудсена

Вопрос №3.

Какое из этих течений не является ламинарным

- а) Течение Пуаззеля
- б) Течение Прантля
- в) Течение Куэтта

Вопрос №4.

Выберите правильное утверждение:

- а) Лучшей по точности получаемых решений (при бесконечных вычислительных мощностях) является DNS метод
- б) Семейство $k-\omega$ моделей было создано Осборном Рейнольдсом
- в) DES-метод также называют Методом крупных вихрей

Вопрос №5.

Что обозначает индекс SGS у различных членов уравнения в моделях

- а) Временное осреднение соответствующей переменной
- б) Переменная, связанная с подсеточным слоем
- в) Переход к системе единиц измерения СГС

Вопрос №6.

В каком веке были созданы самые часто используемые модели турбулентности

- а) XX век б) XIX век в) XXV век г) XXI век

Вопрос №7.

Физический смысл числа Рейнольдса?

Вопрос №8.

Что описывает уравнение Орра-Зоммерфельда?

Вопрос №9.

Оказывает ли влияние на режим течения сужение канала, в котором протекает жидкость?

Вопрос №10.

Какие области рассчитывают с помощью Метода отсоединенных вихрей?

Вопрос №11.

Почему модели k- ω и k- ϵ называются полуэмпирическими?

Вопрос №12.

Какие поправки к модели Спаларта-Аллмараса вы знаете? В чем они заключаются?

Коллоквиум по теме «Управление движением динамических систем»**Вопрос №1.**

Что такое $\{y_c(t); u_c(t); t \in [t_0, \infty)\}$.

а) Стационарный управляемый процесс, б) Решение задачи слежения, в) Процесс движения

Вопрос №2.

Приведите три примера движущейся динамической системы:

Вопрос №3.

Как в рамках курса мы обозначали реальное движение?

а) $y(t)$ б) $y^n(t)$ в) $y^c(t)$

Вопрос №4.

Выберите правильное утверждение:

- а) Система позиционного автоматического управления работает только с влиянием возмущающих внешних сил и моментов
- б) Выбор программного управляемого процесса первичен по отношению к выбору позиционного управления
- в) Первичная информация нужна для выбора программного управляемого процесса

Вопрос №5.

Что такое $P_{II} = \{x_{II}(t); s_{II}(t) \equiv s_{II}; t \in [t_0, t_1)\}$.

а) Программный процесс, б) Процесс управления, в) Процесс слежения

Вопрос №6.

В рамках рассмотрения математической модели управления ростом биомассы была получена система вида:

$$\begin{cases} \dot{x} = (\mu(s) - u)x, \\ \dot{s} = -K_1\mu(s)x + (\sin - s)u, \\ z = K_2\mu(s)x. \end{cases}$$

За что отвечает третье уравнение

а) Первичная информация б) Скорость роста биомассы в) Управление ростом биомассы

Вопрос №7.

Какие два процесса имеют место при рассмотрении управляемой динамической системы?

Вопрос №8.

За что отвечает позиционное управление?

Вопрос №9.

Приведите формулу расчета текущих отклонений системы $x(t)$ для движущейся динамической системы

Вопрос №10.

Что такое обратная связь?

Вопрос №11.

Что такое программное движение?

Вопрос №12.

Изобразите простейшую управляемую динамическую систему в виде блок-схемы с пояснениями

2.2 Индивидуальные задания

Индивидуальное задание №1: Темы научной работы.

Целью этого задания является получение преподавателем представлений о выбранных студентами направлениях научной деятельности и учет этого в процессе чтения курса. Студент должен в указанный срок заполнить форму, в которой он указывает фамилию руководителя, тему курсовой работы, выполненную на третьем курсе, и по возможности тему бакалаврской работы, если она уже обсуждалась с руководителем.

Задание оценивается в два балла. Один балл студент получает за выполнение задания и второй балл, если делает это в срок, указанный преподавателем.

Индивидуальное задание №2: Критерии устойчивости

Формируемые индикаторы – ИОПК 1.1, ИОПК 1.3

Целью индивидуального задания №2 является подготовка блока информации на тему "Критерии устойчивости" с целью комплексной оценки умения студентов находить и использовать материал в рамках раздела "Общая теория устойчивости". Перечень критериев: Критерий Найквиста-Михайлова, Критерий Гурвица, Критерий Рауса. Для успешного прохождения задания необходимо:

1. Воспользоваться доступными источниками информации.
2. Подготовить презентацию или конспект.
3. Выложить презентацию или конспект в созданный элемент на платформе modle.tsu до истечения срока, указанного преподавателем.

Критерии оценивания И.З. №2:

	0 баллов	1 балл	2 балла	3 балла
Работа сдана	Позже срока	В срок	-	-
Использованные источники	Нет данных	Приведены один или два источника	Приведены три и более	-
Логика изложения материала	Отсутствует	Нарушается в ходе представления материала	Материал представлен логично	-
Формулировка критерия	-	Представлен только критерий	Представлен критерий и описание	Представлен критерий, его описание и примеры использования

Индивидуальное задание №3: Отчет по научной англоязычной статье, связанной с курсом «Устойчивость и управление движением».

Формируемые индикаторы – ИОПК 1.1

Целью задания является подготовка отчета по выбранной научной англоязычной статье, в которой описано использование какой-либо модели турбулентности с целью комплексной оценки умения студентов находить и перерабатывать материал в рамках раздела "Гидродинамическая устойчивость и модели турбулентности". Работы будет

оцениваться на основе отчета и беседы со студентом по статье. Для успешного прохождения задания необходимо:

1. Воспользоваться доступными источниками информации для поиска подходящей статьи.

2. Подготовить отчет по структуре соответствующий найденной статье (структура отчета должна совпадать со структурой статьи, но отчет не должен быть простым переводом, необходимо коротко сформулировать описанное в разделах статьи на русском языке)

3. Выложить найденную статью (в формате PDF) и отчет в специально созданный элемент Индивидуальное задание №3 в курсе на платформе moodle.tsu до указанной преподавателем даты.

Критерии оценивания И.З. №3:

	0 баллов	1 балл	2 балла
Работа сдана	Позже срока	В срок	-
Использованные источники	Нет данных	Приведены один или два источника	Приведены три и более
Логика изложения материала	Отсутствует	Нарушается в ходе представления материала	Материал представлен логично

Индивидуальное задание №4: Эссе на открытый онлайн курс по выбору студента, в соответствии с выбранной им областью, имеющей связь с курсом Устойчивость и управление движением.

Формируемые индикаторы – ИОПК 1.1, ИОПК 1.2, ИОПК 1.3, ИОПК 8.1, ИОПК 8.2

Цель задания состоит в вовлечении студентов в процесс подбора интересных и полезных источников информации для обеспечения учебной дисциплины, на примере дисциплины Устойчивость и управление движением. Студенту необходимо самостоятельно найти Массовый Открытый Онлайн Курс(МООК), тематика которого позволяет лучше понять любую тему из курса «Устойчивость и управление движением» или же помогающий в выполнении научных изысканий по тематике его выпускной квалификационной работы бакалавра по направлению Механика и математическое моделирование. Курс следует полностью пройти, подготовить конспект по курсу, а после этого написать эссе, объемом 1-2 листа А4, в котором развернуто (обоснованно и, по возможности, с примерами) излагаются причины, по которым студент считает, что данный МООК будет полезен для освоения учебной дисциплины или написания ВКР. Кроме того, студенту следует (желательно подробно) описать возникшие при прохождении сложности, попытаться их проанализировать и предложить варианты, как эти сложности можно решить.

Критерии оценивания И.З. №4:

	Критерий оценивания	Баллы	Расшифровка
1	Аргументация полезности курса	1-9	Оценивается степень аргументации и описания причин, по которым студент рекомендует данный МООК для освоения.
2	Описание сложностей	1-3	Оценивается глубина рефлексии (самостоятельного обдумывания возникших трудностей и их причин) процесса прохождения курса
3	Анализ и проработка решения описанных сложностей	1-3	Оценивается оригинальность и удачность предложенных решений
	Всего:	15	

3. Оценочные материалы итогового контроля (промежуточной аттестации) и критерии оценивания

Методические материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине.

3.1 Зачет

Зачет в седьмом семестре студент получается согласно рейтингу и набранным в семестре баллам. Проверяемые индикаторы компетенций - ИОПК 1.1, ИОПК 1.2, ИОПК 1.3 в части разделов 1 и 2.

Таблица 1. Перевод баллов в оценку в 7 семестре

№	Баллы	Оценка
1	0-59	Незачтено
2	60-75	Зачтено

Вопросы к зачету

Вопросы по теме «Общая теория устойчивости»

- 1.1 Типы равновесия механических и термодинамических систем, связь с потенциальной энергией системы и устойчивостью, равновесие систем с n степенями свободы
- 1.2 Проблема устойчивости.
- 1.3 Фазовое пространство, изображающая точка, связь с механическими системами.
- 1.4 Постановка задачи об устойчивости по Ляпунову, функции Ляпунова.
- 1.5 Теорема Ляпунова об устойчивости движения.
- 1.6 Теорема Барбашина – Красовского.
- 1.7 Критерии устойчивости, алгебраические, частотные.
- 1.8 Теорема Ляпунова об асимптотической устойчивости.
- 1.9 Теорема Четаева.
- 1.10 Критерий Гурвица.

Вопросы по теме «Гидродинамическая теория устойчивости и модели турбулентности»

- 2.1 Ламинарные и турбулентные течения, определение, свойства, примеры.
- 2.2 Модели турбулентности. Виды, особенности, границы применимости.
- 2.3 Модель Буссинеска.
- 2.4 Модель Спаларта-Аллмараса. Поправки к модели.
- 2.5 Семейство k - ϵ моделей турбулентности.
- 2.6 k - ω модель Саффмана – Вилкокка.
- 2.7 Методы LES, DES.
- 2.8 Уравнение Орра-Зоммерфельда.
- 2.9 Устойчивость в пограничном слое.
- 2.10 Уравнение Навье-Стокса. Критическое число Рейнольдса. Течение Пуазейля.
- 2.11 Метод DNS, сущность, перспективы, сложности.

Вопросы по теме «Управление движением динамических систем»

- 3.1 Проблема управления движением динамических систем.
- 3.2 Построение программного управления для маятника.
- 3.3 Управляемая динамическая система, понятие обратной связи.
- 3.4 Задача слежения.
- 3.5 Два уровня управления движением динамических систем.

3.2 Экзамен

Экзамен по курсу Устойчивость и управление движением представляет собой итоговую (промежуточную) аттестацию. Экзамен по курсу проводится в 8 семестре. Проверяемые индикаторы компетенций - ИОПК 1.1, ИОПК 1.2, ИОПК 1.3 по всему материалу дисциплины. Студенту предлагается два варианта сдачи экзамена:

- Первый вариант представляет собой классический экзамен, студент получает случайный билет с тремя вопросами, в течении 45 минут готовит ответ, без использования дополнительных материалов, затем отвечает на вопросы экзаменатора. Экзаменатор имеет право задать студенту до 3 дополнительных вопросов по курсу. Итоговая оценка представляет собой сумму баллов, где каждый балл это уверенный ответ на один из вопросов билета. В случае отсутствия

уверенного ответа на основной вопрос, дополнительный вопрос дает студенту возможность заработать половину балла. Например – студент дал уверенные ответы на 1ый и 3ий вопросы билета, с ответом на 2ой вопрос он испытывает затруднения, но уверенно ответив на два дополнительных вопроса он получает последний балл, необходимый для оценки «отлично». В случае небольших затруднений при ответе на все 3 основных вопроса, но уверенных ответах на все дополнительные вопросы студент получит оценку «хорошо». Уверенный ответ на один из вопросов билета и уверенные ответы на дополнительные вопросы означают, что студент может взять второй билет и повторить попытку ответа или получить оценку «удовлетворительно». Отсутствие каких-либо попыток ответить на вопросы билета не считается затруднениями, а студенту ставится оценка «неудовлетворительно».

- Второй вариант представляет собой экзамен для студентов, показавших высокий уровень ответственного отношения к учебе и отличные успехи в самостоятельном изучении представленных материалов в течении учебного года. Студентам предлагается самостоятельно выбрать тему, связанную с содержанием курса «Устойчивость и управление движением», до прихода на экзамен подготовить опорный конспект на чистых листах А4 и прийти с ними на экзамен. Ответом будет дискуссия с экзаменатором по выбранной теме, причем вопросы экзаменатора могут быть заданы как на глубину понимания выбранной темы, так и на широту знаний студента. В ходе дискуссии экзаменатор имеет право задать студенту любое количество дополнительных вопросов по выбранной теме. Итоговая оценка представляет собой субъективное мнение экзаменатора, но не может быть ниже оценки «удовлетворительно».

Билеты на экзамен

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Национальный исследовательский
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Механико-математический факультет

Теория устойчивости и управление движением

Билет № 1

1. Теорема Ляпунова об устойчивости движения.
2. Ламинарные и турбулентные течения, определение, свойства, примеры.
3. Задача слежения.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Национальный исследовательский
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Механико-математический факультет

Теория устойчивости и управление движением

Билет № 2

1. Теорема Барбашина – Красовского.
2. Методы LES, DES.
3. Проблема управления движением динамических систем.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Национальный исследовательский
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Механико-математический факультет
Теория устойчивости и управление движением

Билет № 3

1. Проблема устойчивости.
2. Устойчивость в пограничном слое.
3. Управляемая динамическая система, понятие обратной связи.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Национальный исследовательский
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Механико-математический факультет
Теория устойчивости и управление движением

Билет № 4

1. Фазовое пространство, изображающая точка, связь с механическими системами.
2. Модели турбулентности. Виды, особенности, границы применимости.
3. Построение программного управления для маятника.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Национальный исследовательский
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Механико-математический факультет
Теория устойчивости и управление движением

Билет № 5

1. Типы равновесия механических и термодинамических систем, связь с потенциальной энергией системы и устойчивостью, равновесие систем с n степенями свободы
2. Метод DNS, сущность, перспективы, сложности.
3. Два уровня управления движением динамических систем.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Национальный исследовательский
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Механико-математический факультет
Теория устойчивости и управление движением

Билет № 6

1. Постановка задачи об устойчивости по Ляпунову, функции Ляпунова.
2. Семейство κ - ε моделей турбулентности.
3. Два уровня управления движением динамических систем.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Национальный исследовательский
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Механико-математический факультет
Теория устойчивости и управление движением

Билет № 7

1. Теорема Ляпунова об асимптотической устойчивости.
2. Модель Буссинеска.
3. Построение программного управления для маятника.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Национальный исследовательский
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Механико-математический факультет
Теория устойчивости и управление движением

Билет № 8

1. Критерий Гурвица.
2. Уравнение Навье-Стокса. Критическое число Рейнольдса. Течение Пуазёйля.
3. Проблема управления движением динамических систем.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Национальный исследовательский
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Механико-математический факультет
Теория устойчивости и управление движением

Билет № 9

1. Критерии устойчивости, алгебраические, частотные.
2. Модель Спаларта-Аллмараса. Поправки к модели.
3. Управляемая динамическая система, понятие обратной связи.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Национальный исследовательский
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Механико-математический факультет
Теория устойчивости и управление движением

Билет № 10

1. Теорема Четаева.
2. κ - ω модель Саффмана – Вилкокса.
3. Задача слежения.

**4. Оценочные материалы для проверки остаточных знаний
(сформированности компетенций)**

Аттестация по дисциплине проводится в 8 семестре, проверка остаточных знаний не подразумевается по причине завершения обучения.

Информация о разработчиках

Тарасов Егор Александрович, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры теоретической механики.