

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

Механико-математический факультет

УТВЕРЖДЕНО:

Декан

Л. В. Гензе

Оценочные материалы по дисциплине

Устойчивость и управление движением

по направлению подготовки / специальности

**01.03.03 Механика и математическое моделирование**

Направленность (профиль) подготовки/ специализация:  
**Теоретическая, вычислительная и экспериментальная механика**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Механик. Преподаватель физико-математических дисциплин**

Год приема

**2024, 2025**

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

Л.В. Гензе

Председатель УМК

Е.А. Тарасов

Томск – 2024

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

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических наук и механики в профессиональной деятельности.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

РООПК-1.1 Знает типовые постановки задач математики и механики, классические методы решения, теоретические основы методов и границы их применимости

РООПК-1.2 Способен адаптировать известные математические методы для решения поставленной задачи в области математики и механики

РООПК-1.3 Способен провести решение поставленной задачи в области математики и механики с использованием полученных фундаментальных знаний и получить результат

## 2. Оценочные материалы текущего контроля и критерии оценивания

Элементы текущего контроля:

- вопросы коллоквиумов;
- индивидуальные задания;

В конце каждого из 2 разделов дисциплины студенты пишут коллоквиум, который максимально оценивается в 30 баллов. Система оценки ответов на вопросы в коллоквиуме идентична для всех 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 РООПК-1.1 по соответствующим разделам.

*Примеры вариантов коллоквиума:*

### **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 M0? 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 «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)  $y''(t)$  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: Отчет по научной англоязычной статье, связанной с курсом «Устойчивость и управление движением».**

Формируемые индикаторы – РООПК 1.3

Целью задания является подготовка отчета по реализации задачи управления движением из выбранной научной англоязычной статьи, в которой такая задача была представлена с целью комплексной оценки умения студентов находить, перерабатывать и реализовывать решения по имеющемуся материалу в рамках раздела "Управление движением". Работы будут 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. Реализовать задачу и её решение на любом языке программирования или с использованием вычислительных пакетов.
3. Подготовить отчет по проделанной работе.
4. Выложить найденную статью (в формате PDF) и отчет в специально созданный элемент Индивидуальное задание №1 в курсе на платформе lms.tsu до указанной преподавателем даты.

Критерии оценивания И.З. №1:

	<b>0 баллов</b>	<b>1 балл</b>	<b>2 балла</b>
<b>Работа сдана</b>	Позже срока	В срок	-
<b>Использованные источники</b>	Нет данных	Приведены один или два источника	Приведены три и более
<b>Логика изложения материала</b>	Отсутствует	Нарушается в ходе представления материала	Материал представлен логично
	<b>0 баллов</b>	<b>5 баллов</b>	<b>10 баллов</b>
<b>Реализация</b>	Отсутствует	Приведена реализация задачи, но возникли сложности с получением результатов	Задача реализована и проанализированы результаты

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

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 - РООПК-1.1, 1.2, 1.3 в части раздела 1.

Таблица 1. Перевод баллов в оценку в 8 семестре

№	Баллы	Оценка
1	0-24	Незачтено
2	25+	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 Рауса-Гурвица и метод D-разбиений

### **3.2 Экзамен**

Экзамен по курсу Устойчивость и управление движением представляет собой итоговую (промежуточную) аттестацию. Экзамен по курсу проводится в 9 семестре. Проверяемые индикаторы компетенций - РООПК-1.1, 1.2, 1.3 по всему материалу дисциплины. Студенту предлагается два варианта сдачи экзамена:

- Первый вариант представляет собой классический экзамен, студент получает случайный билет с двумя 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 и уверенный ответ на дополнительный вопрос. В случае отсутствия уверенного ответа на основной вопрос, дополнительные вопросы дает студенту возможность заработать половину балла. Например – студент дал уверенный ответ на 1ый вопрос билета, с ответом на 2ой вопрос он испытывает затруднения, но уверенно ответив на три дополнительных вопроса он получает баллы, необходимые для оценки «отлично». В случае затруднений при ответе на 2 основных вопроса, но уверенных ответах на все дополнительные вопросы студент получит оценку «хорошо». Неуверенный ответ на вопросы билета и неуверенные 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. 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. 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. 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. 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. Управления движением различных систем в механике, физике, биологии и экономике

**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. 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. Управляемость. Критерий управляемости для стационарных управляемых систем.

**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. Наблюдаемость. Критерий наблюдаемости стационарных 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. Декомпозиция по управлению. Инвариантные управляемые подпространства. Декомпозиция по наблюдению. Инвариантные ненаблюдаемые подпространства.

**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. Стабилизация стационарной не вполне управляемой и не вполне наблюдаемой системы.

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

Аттестация по дисциплине проводится в 9 семестре, проверка остаточных знаний не подразумевается по причине близости завершения обучения.

**Информация о разработчиках**

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