

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой  
математического моделирования



М.Ш. Бурлуцкая

26.06.2022 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Б1.В.10 Задачи теории устойчивости**

- 1. Код и наименование направления подготовки:** 01.03.04 Прикладная математика
- 2. Профиль подготовки:** Применение математических методов к решению инженерных и экономических задач
- 3. Квалификация выпускника:** Бакалавр
- 4. Форма обучения:** Очная
- 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:**  
Кафедра математического моделирования
- 6. Составитель программы:** Савченко Галина Борисовна, к.ф.-м.н., доцент
- 7. Рекомендована:** Научно-методическим советом математического факультета, протокол № 0500-03 от 24.03.2022
- 8. Учебный год:** 2025/2026                      **Семестр:** 8

### 9. Цели и задачи учебной дисциплины:

*Цели освоения учебной дисциплины:* - продемонстрировать суть вариационных методов как математической основы строительной механики авиационных и ракетных конструкций; - уяснить основы теории устойчивости равновесия тонкостенных стержней, пластин и оболочек.

*Задачи учебной дисциплины:* - обрести навык решения задач прочности и устойчивости балок, стержней, пластин с помощью методов Ритца, Галеркина и конечных разностей; - понять, что в современном программном обеспечении в расчетах на прочность и устойчивость заложены идеи вариационных методов; - понять принципиальную важность тщательности подготовки исходных данных для расчетов на прочность и устойчивость (выбор конечного элемента, формулировка граничных условий, сопряжение элементов конструкции).

### 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: Блок 1, вариативная часть.

Для успешного освоения дисциплины необходимы знания и умения, приобретенные в результате обучения по предшествующим дисциплинам: «Математический анализ», «Основы функционального анализа», «Теория функций комплексного переменного», «Дифференциальные уравнения», «Уравнения математической физики», «Математическое моделирование».

Студент должен свободно владеть математическим анализом, теорией функций комплексной переменной, обладать полными знаниями курса обыкновенных дифференциальных уравнений, уравнений в частных производных, знаниями теории интегралов Лебега, теории банаховых и гильбертовых пространств.

Знание методов построения устойчивых решений задач для систем линейных и нелинейных уравнений является базовым при изучении математических моделей различных физических, химических, биологических, социальных процессов.

### 11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПКВ-2	Способен разрабатывать и применять соответствующую поставленной задаче НИОКР математическую модель или вычислительный эксперимент, проверять их адекватность, проводить анализ результатов моделирования и вычислительного эксперимента,	ПКВ-2.1.	Знает современные методы разработки и реализации математических моделей	Знать: современные методы разработки и реализации математических моделей.  Уметь: работать с различными источниками научной информации, отечественного и международного опыта в области разработки и реализации математических моделей  Владеть: методами математического и моделирования при анализе математических моделей физических и механических задач для их дальнейшего применения
		ПКВ-2.2.	Умеет разрабатывать математические модели в области естествознания, экономики и управления, а также реализовывать	Знать: основы математического моделирования в области естествознания, экономики и управления  Уметь: грамотно и правильно представлять свои результаты, а также реализовывать алгоритмы математических моделей на базе пакетов прикладных программ моделирования

	принимать решение на основе полученных результатов		алгоритмы математических моделей на базе пакетов прикладных программ моделирования	Владеть: источниками информации, навыками работы с пакетами прикладных программ, информационными системами
		ПКВ-2.3.	Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности в области решения задач аналитического характера	Знать: различные подходы в научно-исследовательской деятельности при решении задач аналитического характера.  Уметь: работать с различными источниками научной информации, грамотно и правильно представлять свои результаты  Владеть: Методами самостоятельного обучения новым знаниям и способами их применения в научно-исследовательской деятельности.

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах — 5 /180.**

**Форма промежуточной аттестации: экзамен**

### 13. Виды учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость		
		Всего	По семестрам	
			8 семестр	
Контактная работа		60	60	
в том числе:	лекции	24	24	
	практические	36	36	
	лабораторные	-	-	
	курсовая работа	-	-	
	<i>контрольные работы</i>	-	-	
Самостоятельная работа		84	84	
Промежуточная аттестация (зачет – 0 час./экзамен – <u>36</u> час.)		36	36	
Итого:		<b>180</b>	<b>180</b>	

### 13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
<b>1. Лекции</b>			
1.1	Метод функций Ляпунова	Устойчивость в целом. Проблема Айзермана.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6811">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6811</a>
1.2	Устойчивость систем регулирования с переменной структурой	Системы регулирования с переменной структурой. Предварительные замечания. Постановка задачи.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6811">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6811</a>
		Системы второго порядка. Стабилизация систем второго порядка.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6811">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6811</a>
		Системы третьего порядка. Стабилизация систем третьего	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6811">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6811</a>

		порядка.	
		Устойчивость систем третьего порядка.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6811">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6811</a>
		Системы n-го порядка. Стабилизация систем n-го порядка.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6811">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6811</a>
		Системы с ограничением в критическом случае.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6811">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6811</a>
		Стабилизация системы.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6811">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6811</a>
		Нелинейные системы с переменной структурой.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6811">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6811</a>
		Регулирование по координате x. Регулирование по координате и ее производной.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6811">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6811</a>
		Исследование системы третьего порядка с разрывной поверхностью переключения.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6811">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6811</a>
		Система с форсированным скользящим режимом.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6811">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6811</a>
		Пример системы третьего порядка с форсированным скользящим режимом.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6811">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6811</a>
<b>2. Практические занятия</b>			
2.1	Метод функций Ляпунова	Устойчивость в целом.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6811">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6811</a>
2.2	Устойчивость систем регулирования с переменной структурой	Системы регулирования с переменной структурой. Постановка задачи.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6811">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6811</a>
		Стабилизация систем второго порядка.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6811">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6811</a>
		Стабилизация систем третьего порядка.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6811">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6811</a>
		Устойчивость систем третьего порядка.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6811">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6811</a>
		Стабилизация систем n-го порядка.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6811">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6811</a>
		Системы с ограничением в критическом случае. Стабилизация системы.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6811">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6811</a>
		Контроль (написание реферата по теме).	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6811">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6811</a>
		Нелинейные системы с переменной структурой.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6811">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6811</a>
		Регулирование по координате и ее производной.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6811">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6811</a>
		Исследование системы третьего порядка с разрывной поверхностью переключения.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6811">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6811</a>
		Система с форсированным скользящим режимом.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6811">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6811</a>
Пример системы третьего порядка с форсированным скользящим режимом.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6811">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6811</a>		

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Метод функций Ляпунова	2	4	0	14	20
2	Устойчивость	22	32	0	70	124

	систем регулирования с переменной структурой					
	Итого:	24	36	0	84	144

Промежуточная аттестация в форме экзамена : 36

Всего: 180

#### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

В процессе преподавания дисциплины используются такие виды учебной работы, как лекции, практические занятия, а также различные виды самостоятельной работы обучающихся. На лекциях рассказывается теоретический материал, на лабораторных занятиях решаются примеры по теоретическому материалу, прочитанному на лекциях.

При изучении курса «Задачи теории устойчивости» обучающимся следует внимательно слушать и конспектировать материал, излагаемый на аудиторных занятиях. Для его понимания и качественного усвоения рекомендуется следующая последовательность действий.

1. После каждой лекции студентам рекомендуется подробно разобрать прочитанный теоретический материал, выучить все определения и формулировки теорем, разобрать примеры, изложенные на лекции. Перед следующей лекцией обязательно повторить материал предыдущей лекции.

2. Перед практическим занятием обязательно повторить лекционный материал. После практического занятия еще раз разобрать решенные на этом занятии примеры, после чего приступить к выполнению домашнего задания. Если при выполнении домашних заданий, возникнут вопросы, обязательно задать на следующем практическом занятии или в присутственный час преподавателю.

3. При подготовке к практическим занятиям повторить основные понятия по темам, изучить примеры. Решая задачи, предварительно понять, какой теоретический материал нужно использовать. Наметить план решения, попробовать на его основе решить практические задачи.

4. Выбрать время для работы с литературой по дисциплине в библиотеке.

Курс размещен в системе «Электронный университет» (<https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6811>), где содержится учебно-методический комплекс, содержащий весь лекционный материал курса, а также необходимые рекомендации к выполнению практических заданий.

#### 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Сабитов К.Б. Уравнения математической физики / К.Б. Сабитов. – М.: Физматлит, 2013. – 352 с. // «Университетская библиотека online»: электронно-библиотечная система.. – URL: <a href="http://biblioclub.ru">http://biblioclub.ru</a>

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
2	Барбашин Е.А. Введение в теорию устойчивости / Е.А. Барбашин. – М.: «Наука», 1967. – 223 с. <a href="http://mathscinet.ru/files/BarbashinEA.pdf">http://mathscinet.ru/files/BarbashinEA.pdf</a>
3	Костин А.В. К теории функциональных пространств / А.В. Костин, В.А. Костин. – Воронеж, : ИПЦ ВГУ, 2007. – 259 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
-------	----------

4	Полнотекстовая база «Университетская библиотека» : образовательный ресурс : <UPL:http://www.biblioclub.ru>.
5	Портал «Информационно-коммуникационные технологии в образовании» : (http://www.ict.edu.ru/lib/813/). - Информационно-коммуникационные технологии в образовании.
6	Электронный каталог Научной библиотеки Воронежского государственного университета: (http // www.lib.vsu.ru/).
7	Электронный курс ( <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6811">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6811</a> )

## 16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1	Электронный курс : < <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6811">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6811</a> >.
2	Электронный каталог Научной библиотеки Воронежского государственного университета : (http // www.lib.vsu.ru/).
3	Полнотекстовая база «Университетская библиотека» : образовательный ресурс : <UPL:http://www.biblioclub.ru>.
4	Положение об организации самостоятельной работы обучающихся в Воронежском государственном университете

## 17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)

Дисциплина может реализовываться с применением дистанционных образовательных технологий, например, на платформе «Электронный университет ВГУ (<https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=6811> )

Перечень необходимого программного обеспечения: ОС Microsoft Windows 7 Enterprise, Microsoft Windows 10 Enterprise, браузер Mozilla Firefox.

## 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины: Специализированная мебель.

Для проведения лекционных и практических занятий используются аудитории, соответствующие действующим санитарно-техническим нормам и противопожарным правилам.

Для самостоятельной работы используется класс с компьютерной техникой, оснащенный необходимым программным обеспечением, электронными учебными пособиями и законодательно - правовой и нормативной поисковой системой, имеющий выход в глобальную сеть.

При реализации дисциплины с использованием дистанционного образования возможны дополнения материально-технического обеспечения дисциплины

## 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1	Метод функций Ляпунова	ПКВ-2	ПКВ-2.1, ПКВ-2.2, ПКВ-2.3	Комплект КИМ № 1, результаты текущей аттестации: реферат и коллоквиум
2	Устойчивость систем регулирования с переменной структурой	ПКВ-2	ПКВ-4.1, ПКВ-2.2, ПКВ-2.3	Комплект КИМ № 1, результаты текущей аттестации: реферат и коллоквиум

Промежуточная аттестация Форма контроля - Экзамен	Комплект КИМ № 1
--	------------------

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
При ответе на контрольно-измерительный материал обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен иллюстрировать ответ примерами, применять теоретические знания для решения практических задач в области курса	Повышенный уровень	Отлично
Обучающийся владеет теоретическими основами дисциплины, способен иллюстрировать ответ примерами, применять теоретические знания для решения практических задач в области изученного курса, но допускает незначительные ошибки при ответе на вопросы контрольно-измерительного материала	Базовый уровень	Хорошо
Обучающийся владеет частично теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен иллюстрировать ответ примерами, но не умеет применять теоретические знания для решения практических задач в области изученного курса не умеет применять, допускает существенные ошибки при ответе на вопросы контрольно-измерительного материала	Пороговый уровень	Удовлетворительно
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки при ответе вопросы контрольно-измерительного материала	–	Неудовлетворительно

## 20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

### 20.1. Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

#### Темы рефератов:

1. Проблема Айзермана.
2. Системы  $n$ -го порядка.
3. Стабилизация систем  $n$ -го порядка.
4. Регулирование по координате и ее производной.
5. Системы третьего порядка с разрывной поверхностью переключения.
6. Система с форсированным скользящим режимом.

#### Вопросы коллоквиума

Часть1 (коллоквиум)
Устойчивость в целом. Проблема Айзермана.
Системы регулирования с переменной структурой.
Предварительные замечания. Постановка задачи.
Системы второго порядка.
Стабилизация систем второго порядка.
Системы третьего порядка
Стабилизация систем третьего порядка.
Устойчивость систем третьего порядка.
Определение системы $n$ -го порядка.

Метод стабилизации систем n-го порядка.
---

При текущем контроле уровень освоения учебной дисциплины и степень сформированности компетенции определяются оценками «зачтено» и «не зачтено», которые формируются следующим образом:

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
тема реферата соответствует содержанию, приводятся примеры математических моделей процессов, студент умеет работать с различными источниками научной информации, грамотно и правильно представлять свои результаты, отвечать на теоретические вопросы части 1	Достаточный уровень	Зачтено
тема реферата соответствует содержанию, нет примеров математических моделей процессов, студент не умеет и не может грамотно и правильно представлять свои результаты, не может ответить на теоретические вопросы части 1	–	Не зачтено

## 20.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется в форме собеседования по экзаменационным билетам с помощью ниже приведенных оценочных средств (перечень вопросов к экзамену). В билет включаются два теоретических вопроса.

### Перечень вопросов к экзамену:

№ п/п	1. Перечень вопросов к промежуточной аттестации (экзамен)
	<b>Часть 1 (коллоквиум)</b>
1	Устойчивость в целом. Проблема Айзермана.
2	Системы регулирования с переменной структурой.
3	Предварительные замечания. Постановка задачи.
4	Системы второго порядка.
5	Стабилизация систем второго порядка.
6	Системы третьего порядка
7	Стабилизация систем третьего порядка.
8	Устойчивость систем третьего порядка.
9	Определение системы n-го порядка.
10	Метод стабилизации систем n-го порядка.
	<b>Часть 2</b>
11	Системы с ограничением в критическом случае.
12	Стабилизация системы.
13	Нелинейные системы с переменной структурой.
14	Регулирование по координате $x$ .
15	Регулирование по координате и ее производной.
16	Исследование системы третьего порядка с разрывной поверхностью переключения.
17	Система с форсированным скользящим режимом.
18	Пример системы третьего порядка с форсированным скользящим режимом.

## Пример КИМ (экзамен)

### Контрольно-измерительный материал № 1

1. Системы второго порядка.
2. Пример системы третьего порядка с форсированным скользящим режимом.

**Промежуточная аттестация** предназначена для определения уровня освоения всего объема учебной дисциплины. Промежуточная аттестация по дисциплине «Задачи теории устойчивости» проводится в форме экзамена.

Промежуточная аттестация осуществляется в конце семестра. Результаты текущей аттестации обучающегося по решению кафедры могут быть учтены при проведении промежуточной аттестации. При несогласии студента, ему дается возможность пройти промежуточную аттестацию (без учета его текущих аттестаций) на общих основаниях.

При проведении экзамена учитываются результаты написания реферата и оценка преподавателя ответа студента на вопросы теоретической части 1.

При проведении экзамена учитываются результаты подготовки реферата на одну из предложенных тем. Для получения оценки по курсу в конце 8 семестра у обучающегося должна иметься оценка: «зачтено» по реферату и по вопросам теоретической части 1, и студент должен ответить на один вопрос КИМ в ходе проведения экзамена;

или студент должен ответить на два вопроса КИМ и дополнительный вопрос по программе курса в ходе проведения экзамена, без учета результата оценки реферата и ответов на вопросы теоретической части 1.

Если промежуточная аттестация проводится в дистанционном формате, то обучающийся должен иметь компьютер и доступ в систему «Электронный университет». Если у обучающегося отсутствует необходимое оборудование или доступ в систему, то он обязан сообщить преподавателю об этом за 2 рабочих дня. На ответы на вопросы КИМ в дистанционном режиме отводится ограничение по времени 120 минут.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации (экзамена) включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и практические задания, позволяющие оценить степень сформированности умений и навыков.

Для оценивания результатов экзамена используется **шкала**: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения показаны в следующей таблице:

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
При ответе на контрольно-измерительный материал обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен иллюстрировать ответ примерами, применять теоретические знания для решения практических задач в области курса, студент умеет работать с различными источниками научной информации, грамотно и правильно представляет свои результаты, правильно отвечает на вопросы КИМ	Повышенный уровень	Отлично
Обучающийся владеет теоретическими основами дисциплины, способен иллюстрировать ответ примерами, применять теоретические знания для решения практических задач в области изученного курса, но допускает незначительные ошибки при ответе на вопросы контрольно-измерительного материала	Базовый уровень	Хорошо
Обучающийся владеет частично теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен иллюстрировать ответ примерами, но не умеет применять теоретические знания для решения практических задач в области изученного курса не умеет применять, допускает существенные ошибки при ответе на вопросы контрольно-измерительного материала	Пороговый уровень	Удовлетворительно
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки при ответе вопросы контрольно-измерительного материала	–	Неудовлетворительно