

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

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
_____ системного анализа и управления _
наименование кафедры, отвечающей за реализацию дисциплины
_____ Курбатов В.Г.
подпись, расшифровка подписи
23.03.2024 г.

Курбатов

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.06 Методы возмущений в управлении нелинейными системами

_____ *Код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом*

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

01.03.02 Прикладная математика и информатика

2. Профиль подготовки/специализация: _Динамические системы и управление_

3. Квалификация выпускника: _бакалавр_

4. Форма обучения: __ очная _____

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: системного анализа и
управления _____

6. Составители программы: Белоусова Е.П., к.ф.-м.н., доцент

_____ *(ФИО, ученая степень, ученое звание)*

7. Рекомендована: _ Научно-методическим советом факультета прикладной математики,
информатики и механики (протокол №5 от 22.03.2024)

_____ *(наименование рекомендующей структуры, дата, номер протокола)*

8. Учебный год: 2024/2025 _____

Семестр(ы)/Триместр(ы): _____ 6 _____

9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целями освоения учебной дисциплины являются:

- знакомство с основными методами, применяемыми для исследования периодических и ограниченных на всей числовой оси решений нелинейных автономных систем обыкновенных дифференциальных уравнений;
- знакомство с задачами оптимального управления, принципом минимума и принципом максимума Понтрягина;
- формирование умений и навыков использования математических и компьютерных методов в задачах анализа динамических систем, оптимизации и оптимального управления.

Задачи учебной дисциплины:

- обучить исследованию поведения траекторий различных автономных систем;
- обучить различным формулировкам задачи оптимального управления;
- обучить применению принципа минимума для решения элементарной задачи оптимального управления;
- обучить применению принципа максимума Понтрягина для общей задачи оптимального управления;
- сформировать практические навыки использования современных технологий и пакетов прикладных программ для решения задач анализа динамических систем, оптимизации и оптимального управления;
- сформировать навыки и умения осуществления правильного выбора алгоритма и средств его реализации при решении задач управления и оптимизации.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина относится к вариативной части базового цикла Б1.

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
ПК-1	Способен проводить работы по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований	ПК-1.1	Обеспечивает сбор, обработку, анализ и обобщение результатов и исследований в соответствующей области знаний	Знать: результаты исследований. Уметь: собирать, обрабатывать, анализировать результаты исследований. Владеть: навыками сбора и обобщения результатов исследований в соответствующей области знаний.
		ПК-1.2	Анализирует научно-техническую информацию, касающуюся передового отечественного и зарубежного опыта решения задач в области профессиональной деятельности	Знать: научно-техническую информацию по решению задач в области профессиональной деятельности. Уметь: анализировать научно-техническую информацию по решению задач в области профессиональной деятельности. Владеть: навыками анализа научно-техническую информацию по решению задач в области профессиональной деятельности.
ПК-3	Способен осуществлять выполнение экспериментов и оформить результаты исследований и разработок	ПК-3.3	Составляет отчеты (разделы отчетов) по теме или по результатам проведенных экспериментов	Знать: темы исследований. Уметь: составлять отчеты по теме исследований. Владеть: навыками составления отчетов по результатам проведенных экспериментов.
ПК-4	Способен использовать современные математические и компьютерные методы в задачах математической физики, оптимизации и оптимального управления	ПК-4.1	Использует современные технологии и пакеты прикладных программ для решения задач анализа динамических систем, оптимизации и оптимального управления	Знать: пакеты прикладных программ. Уметь: применять пакеты прикладных программ для анализа динамических систем. Владеть: современными технологиями для решения задач анализа динамических систем.

		ПК-4.3	Правильно выбирает алгоритм и средства его реализации при решении задачи управления и оптимизации	Знать: современные математические и компьютерные методы в задачах оптимизации Уметь: осуществлять выбор подходящих методов решения задач оптимального управления Владеть: анализом компьютерных методов при решении задач математической физики
--	--	--------	---	--

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. (в соответствии с учебным планом) — 4 / 144.

Форма промежуточной аттестации экзамен _____

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость			
		Всего	По семестрам		
			6 семестра	№ семестра	...
Аудиторные занятия		48	48		
в том числе:	лекции	16	16		
	практические	16	16		
	лабораторные	16	16		
Самостоятельная работа		60	60		
в том числе: курсовая работа (проект)					
Форма промежуточной аттестации (экзамен – 36 час.)		36	36		
Итого:		144	144		

13.1. Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК*
1. Лекции			
1.1	Нелинейные автономные системы.	Сосредоточенные системы. Системы с запаздыванием. Распределенные системы.	Методы возмущений в управлении нелинейными системами Б1.В.06
1.2	Методы исследования устойчивости автономных систем.	Второй метод Ляпунова. Теорема Четаева о неустойчивости. Реактор с постоянным отводом тепла. Модель Вольтерра конкурирующих видов.	Методы возмущений в управлении нелинейными системами Б1.В.06
1.3	Постановка задачи оптимального управления.	Примеры задач оптимального управления.	Методы возмущений в управлении нелинейными системами Б1.В.06
1.4	Элементарная задача оптимального управления.	Принцип минимума в элементарной задаче оптимального управления. Теорема о существовании решения в одной задаче оптимального управления.	Методы возмущений в управлении нелинейными системами Б1.В.06
1.5	Общая задача оптимального управления.	Принцип максимума Понтрягина. Связь между принципом максимума Понтрягина и классическим вариационным исчислением.	Методы возмущений в управлении нелинейными системами Б1.В.06
2. Практические занятия			
2.1	Нелинейные автономные системы.	Сосредоточенные системы. Системы с запаздыванием. Распределенные системы.	Методы возмущений в управлении нелинейными

			системами Б1.В.06
2.2	Методы исследования устойчивости автономных систем.	Второй метод Ляпунова. Теорема Четаева о неустойчивости. Реактор с постоянным отводом тепла. Модель Вольтерра конкурирующих видов.	Методы возмущений в управлении нелинейными системами Б1.В.06
2.3	Постановка задачи оптимального управления.	Примеры задач оптимального управления.	Методы возмущений в управлении нелинейными системами Б1.В.06
2.4	Элементарная задача оптимального управления.	Принцип минимума в элементарной задаче оптимального управления. Теорема о существовании решения в одной задаче оптимального управления.	Методы возмущений в управлении нелинейными системами Б1.В.06
2.5	Общая задача оптимального управления.	Принцип максимума Понтрягина. Связь между принципом максимума Понтрягина и классическим вариационным исчислением. Задача оптимального управления со смешанными фазовыми ограничениями. Теорема о достаточных условиях оптимальности	Методы возмущений в управлении нелинейными системами Б1.В.06
3. Лабораторные занятия			
3.1	Нелинейные автономные системы.	Сосредоточенные системы. Системы с запаздыванием. Распределенные системы.	Методы возмущений в управлении нелинейными системами Б1.В.06
3.2	Методы исследования устойчивости автономных систем.	Второй метод Ляпунова. Теорема Четаева о неустойчивости. Реактор с постоянным отводом тепла. Модель Вольтерра конкурирующих видов.	Методы возмущений в управлении нелинейными системами Б1.В.06
3.3	Задача оптимального управления.	Примеры задач оптимального управления.	Методы возмущений в управлении нелинейными системами Б1.В.06
3.4	Элементарная задача оптимального управления.	Принцип минимума в элементарной задаче оптимального управления.	Методы возмущений в управлении нелинейными системами Б1.В.06
3.5	Общая задача оптимального управления.	Принцип максимума Понтрягина. Связь между принципом максимума Понтрягина и классическим вариационным исчислением.	Методы возмущений в управлении нелинейными системами Б1.В.06

** заполняется, если отдельные разделы дисциплины изучаются с помощью онлайн-курса. В колонке Примечание необходимо указать название онлайн-курса или ЭУМК. В других случаях в ячейки ставятся прочерки.*

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Нелинейные автономные системы.	2	2	2	12	18
2	Методы исследования устойчивости автономных систем.	2	2	2	12	18

3	Задача оптимального управления. Примеры.	3	3	3	12	21
4	Элементарная задача оптимального управления.	4	4	4	12	24
5	Общая задача оптимального управления.	5	5	5	12	27
	Итого:	16	16	16	60	108

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:

Курс предполагает отведение большого числа разделов на самостоятельную работу студентов. Приведенные источники позволяют в полной мере самостоятельно изучить студентами данные разделы.

Материал по каждой теме излагается последовательно с использованием ранее введенных определений, обозначений и доказательств. Необходима постоянная самостоятельная проработка и усвоение изложенного на занятиях материала.

Желателен просмотр материала по данной учебной дисциплине с опережением лекций с использованием рекомендуемой в данной учебной программе литературы.

Приветствуются вопросы студентов по теме учебной дисциплины и смежным вопросам в ходе аудиторных занятий.

При использовании дистанционных образовательных технологий и электронного обучения выполнять все указания преподавателей по работе на LMS-платформе, своевременно подключаться к online-занятиям, соблюдать рекомендации по организации самостоятельной работы.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Методы вычислительной математики [Электронный ресурс] / Марчук Г. И. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2009. — 608 с. — Книга из коллекции Лань - Математика. — ISBN 978-5-8114-0892-4. — <URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=255 >.
2	Скубов, Д. Ю. Основы теории нелинейных колебаний [Электронный ресурс] / Скубов Д. Ю. — 1-е изд. — Санкт-Петербург : Лань, 2013. — 320 с. — Книга из коллекции Лань - Физика. — ISBN 978-5-8114-1470-3. — <URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=30203 >.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1	Охорзин, В. А. Прикладная математика в системе MATHCAD [Электронный ресурс] / Охорзин В. А. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2009. — 352 с. — Допущено Министерством образования и науки Российской Федерации в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки дипломированного специалиста 160400 — «Системы управления движением и навигации» и специальности 160403 — «Системы управления летательными аппаратами». — Книга из коллекции Лань - Математика. — ISBN 978-5-8114-0814-6. — <URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=294 >.
2	Копченова, Н. В. Вычислительная математика в примерах и задачах [Электронный ресурс] / Копченова Н. В., Марон И. А. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 368 с. — Рек. НМС по математике Министерства образования и науки РФ в качестве уч. пособия для студентов вузов, обуч. по направлениям 510000 - "Естественные науки и математика", 550000 - "Технические науки", 540000 - "Педагогические науки". — Книга из коллекции Лань - Математика. — ISBN 978-5-8114-0801-6. — <URL: https://e.lanbook.com/book/96854 >.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)*:

№ п/п	Ресурс
1	Электронная библиотека рабочих учебных программ дисциплин. Режим доступа: http://smwww.main.vsu.ru
2	Электронный каталог Научной библиотеки Воронежского государственного университета. — Режим доступа: https://lib.vsu.ru
	Методы возмущений в управлении нелинейными системами Б1.В.06/ Е.П. Белоусова — Образовательный портал «Электронный университет ВГУ». — Режим доступа: https://edu.moodle.ru .

* Вначале указываются ЭБС, с которыми имеются договора у ВГУ, затем открытые электронно-образовательные ресурсы, онлайн-курсы, ЭУМК

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных), курсовых работ и др.)

№ п/п	Источник
1	Гелиг, Аркадий Хаимович. Устойчивость и стабилизация нелинейных систем / А. Х. Гелиг, И. Е. Зубер, А. Н. Чурилов ; С.-Петерб. гос. ун-т. — СПб. : Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2006. — 269 с. — Предм. указ.: с.

	266-267 .— Библиогр.: с. 244-265 .— ISBN 5-288-04098-2, 300 экз.
2	Анищенко, Вадим Семенович. Знакомство с нелинейной динамикой : Лекции соросовского профессора / В. С. Анищенко .— М. ; Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2002 .— 143 с. : ил. — Библиогр.: с. 174-175 .— ISBN 5-93972-116-8

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ, электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

Дисциплина реализуется с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий. Для организации занятий рекомендован онлайн-курс «Методы возмущений в управлении нелинейными системами Б1.В.06», размещенный на платформе Электронного университета ВГУ (LMS moodle), а также Интернет-ресурсы, приведенные в п.15в.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Учебная аудитория для проведения лекций и практических занятий: специализированная мебель, доска (меловая или маркерная).

394018, г. Воронеж, площадь Университетская, д. 1, пом. 10, 216, 408п, 409п, 404п, 410п, 502п, 504п.

Учебная аудитория для проведения лабораторных работ: специализированная мебель, персональные компьютеры для индивидуальной работы с возможностью подключения к сети «Интернет», мультимедийное оборудование (проектор, экран, средства звуковоспроизведения).

ОС Windows 10, ОС Linux, ПО Adobe Reader, пакет стандартных офисных приложений для работы с документами, таблицами и т.п. (MS Office, МойОфис, LibreOffice), ПО Matlab, ПО Free Pascal Microsoft Visual Studio Community Edition

394018, г. Воронеж, площадь Университетская, д. 1, пом. I, ауд. 10, 11, 12, 15, 20, 124, 214, 216, 407п

В случае применения электронного обучения, дистанционных образовательных технологий допускается замена специально оборудованных помещений их виртуальными аналогами, позволяющими обучающимся осваивать умения и навыки, предусмотренные профессиональной деятельностью.

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.	Нелинейные автономные системы.	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2	Курсовой проект
2.	Методы исследования устойчивости автономных систем.	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2	Курсовой проект
3.	Задача оптимального управления. Примеры.	ПК-4	ПК-4.1 ПК-4.3	Курсовой проект
4.	Элементарная задача оптимального управления.	ПК-4	ПК-4.1 ПК-4.3	Курсовой проект
5.	Общая задача оптимального управления.	ПК-3	ПК-3.3	Курсовой проект
Промежуточная аттестация форма контроля – экзамен				Перечень вопросов Практическое задание

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:

Примерные темы курсового проекта

1. Устойчивость, пассивность и числовые образы.
2. Обобщения задачи о брахистохроне.
3. Задача об оптимальной остановке.
4. Оптимизация линейной системы со случайно меняющейся структурой.
5. Управление в среднем колебаниями системы в условиях неопределенности.
6. Исследование устойчивости уравнений Хилла и Матье.

7. Признаки устойчивости систем линейных дифференциальных уравнений с периодическими коэффициентами.
8. Исследование уравнения переноса в атмосфере.
9. Исследование устойчивости непрерывных систем специального вида.
10. Устойчивость систем линейных дифференциальных уравнений.
11. Управление процессом очистки сточных вод от органических загрязнений.
12. Разработка системы управления цепочки закупок.
13. Модели боевых действий
14. Сценарии распространения информации в социуме
15. Качественный и численный анализ моделей Лотки-Вольтерры

Курсовой проект разрабатывается каждым учащимся группы по индивидуальному заданию в течении семестра. В конце семестра происходит защита курсового проекта в присутствии всех преподавателей и обучающихся кафедры.

Требования к выполнению курсового проекта

1. Безупречная защита и правильные ответы на вопросы – отлично.
2. Хорошая защита и ответы на вопросы с небольшими погрешностями – хорошо.
3. Неполное владение материалом и частичный ответ на вопросы – удовлетворительно.
4. Полное отсутствие владения материалом или отсутствие самого проекта – неудовлетворительно.

20.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:
экзамен

(наименование оценочного средства промежуточной аттестации)

Перечень вопросов к экзамену:

1. Автономные системы. Положение равновесия.
2. Второй метод Ляпунова. Примеры.
3. Теорема Четаева. Примеры.
4. Замкнутые фазовые траектории. Критерии отсутствия замкнутых фазовых траекторий.
5. Теорема Ляпунова о предельной ограниченности.
6. Реактор с постоянным отводом тепла.
7. Качественные методы в динамике биологических систем.
8. Постановка задачи оптимального управления.
9. Примеры задач оптимального управления.
10. Элементарная задача оптимального управления. Принцип минимума.
11. Теорема о существовании решения в элементарной задаче оптимального управления.
12. Задача оптимального управления. Принцип максимума Понтрягина.
13. Задача оптимального управления. Связь между принципом максимума и классическим вариационным исчислением.
14. Задача оптимального управления со смешанными фазовыми ограничениями.
15. Задача оптимального управления. Теорема о достаточных условиях оптимальности.

Контрольно-измерительные материалы № 1

1. Определить количество положений равновесия и типы траекторий системы

$$dN/dt = \delta N/l, \quad mc \, dT/dt = N - N_0.$$

2. Решить задачу оптимального управления

$$I(u) = \int_0^T (u^2 + tu) dt \rightarrow \inf, \quad |u(t)| \leq 1, t \in [0, T], \quad T > 2.$$

3. Провести исследования и построить оптимальное решение в задаче управления

$$I(u) = \int_0^T (4u_1 + 3u_2) dt \rightarrow \inf, \quad u_1^2 + u_2^2 \leq 1, \quad t \in [0, T].$$

Контрольно-измерительные материалы № 2

1. Определить количество положений равновесия системы

$$dN_1/dt = (k_1 - k_2 N_2) N_1, \quad dN_2/dt = (-k_3 + k_4 N_1) N_2$$

и их типы в зависимости от коэффициентов.

2. Решить задачу оптимального управления

$$I(u) = \int_{-1}^1 (u^2 t - ut^3) dt \rightarrow \inf, \quad |u| \leq 1/2.$$

3. Провести исследования и построить оптимальное решение в задаче управления

$$I(u) = \int_{t_0}^{t_1} \varphi(t) u_1 u_2 dt \rightarrow \inf, \quad u_1^2 + u_2^2 \leq A^2, \quad \varphi(t) \geq 0.$$

Описание технологии проведения

Подготовка к ответу на вопрос происходит в течение 30 минут в учебной аудитории. Затем собеседование с преподавателем.

Требования к выполнению заданий (или шкалы и критерии оценивания)

Оценка «отлично» выставляется, если обучающийся показывает полное знание программного материала; демонстрирует способность применять теоретические знания для анализа практических ситуаций, делать правильные выводы; выполнил все задания и задачи полностью без ошибок и недочетов; строго соблюдает требования при оформлении работы; подтверждает полное освоение компетенций, предусмотренных программой.

Оценка «хорошо» выставляется, если обучающийся показывает полное знание программного материала; правильно применяет теоретические положения к оценке практических ситуаций; выполнил все задания и задачи полностью, но при наличии в их решении не более одной негрубой ошибки и одного недочета, не более трех недочетов; строго соблюдает требования при оформлении работы; демонстрирует хороший уровень освоения материала и в целом подтверждает освоение компетенций, предусмотренных программой.

Оценка «удовлетворительно» выставляется, если обучающийся показывает знание основного материала в объеме, необходимом для предстоящей профессиональной деятельности; не в полной мере демонстрирует способность применять теоретические знания для анализа практических ситуаций; выполнил не менее 2/3 всех предложенных заданий и задач или допустил не более одной грубой ошибки и двух недочетов, не более одной грубой и одной негрубой ошибки, не более трех негрубых ошибок, одной негрубой ошибки и трех недочетов, при наличии четырех-пяти недочетов; допускает незначительные ошибки при оформлении работы; подтверждает освоение компетенций, предусмотренных программой на минимально допустимом уровне.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если обучающийся имеет существенные пробелы в знаниях основного учебного материала по дисциплине; если число ошибок и недочетов в работе превысило норму для оценки 3 или обучающийся выполнил правильно менее 2/3 всех заданий и задач; допускает грубые ошибки при оформлении работы; не подтверждает освоение компетенций, предусмотренных программой.

20.3 Фонд оценочных средств сформированности компетенций студентов, рекомендуемый для проведения диагностических работ

ПК-4

Вопросы с вариантами ответов

Критерий оценивания	Шкала оценок
Верный ответ	1 балл

Неверный ответ	0 баллов
----------------	----------

1. Модель взаимодействия двух биологических видов

$$\dot{N}_1 = (k_1(N_1^* - N_1) - k_2 N_2)N_1$$

$$\dot{N}_2 = (k_3(N_2^* - N_2) - k_4 N_1)N_2$$

имеет несколько положений равновесия. А именно

а) 2

б) 3

в) 6

Ответ: а), б).

2. Любая модель, описывающая динамику биологических систем, предполагает обязательное взаимодействие видов между собой

а) да

б) нет

Ответ: б).

3. Система дифференциальных уравнений вида

$$\begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = (k_1 - k_2 N_2)N_1 \\ \frac{dN_2}{dt} = (-k_3 + k_4 N_1)N_2 \end{cases}$$

носит название

а) система Вольтерра

б) система Дуффинга

Ответ: а).

4. Элементарная задача оптимального управления решается с использованием принципа

а) максимума Понтрягина

б) принципа минимума

Ответ: б).

5. Задача оптимального управления для модели, описываемой системой обыкновенных дифференциальных уравнений связана с

а) классическим вариационным исчислением

б) методом штрафных функций

в) методом Пуанкаре

Ответ: а).

Критерий оценивания	Шкала оценок
Верный ответ	1 балл
Неверный ответ	0 баллов

1. Метод Пуанкаре исследования динамики нелинейных систем относится к качественным методам.

Ответ: нет.

2. Среди особых точек системы двух конкурирующих видов есть устойчивый фокус.

Ответ: нет.

3. Задача вида

$$I(u) = \int_a^b h(t, u(t)) dt \rightarrow \inf, \quad u(t) \in U(t) \in R^r, \quad t \in [a, b]$$

является элементарной задачей оптимального управления.

Ответ: да.

4. Уравнение Эйлера для экстремалей и условия Вейерштрасса сильного минимума являются следствием принципа максимума.

Ответ: да.

Описание технологии проведения:

Текущая аттестация проводится на занятии одновременно во всей учебной группе в виде теста в электронной образовательной среде «Электронный университет ВГУ». Большая часть вопросов проверяется автоматически, проверки преподавателем с ручным оцениванием требуют только отдельные вопросы, представленные в форме эссе. Ограничение по времени на каждую попытку — 50 минут

Критерии и шкалы оценивания заданий ФОС:

Для оценивания выполнения заданий используется балльная шкала:

1) закрытые задания (тестовые с вариантами ответов, средний уровень сложности) :

1 балл – указан верный ответ;

0 баллов – указан неверный ответ (полностью или частично неверный).

2) открытые задания (тестовые с кратким текстовым ответом, повышенный уровень

2 балла – указан верный ответ;

0 баллов – указан неверный ответ (полностью или частично неверный).

Задания раздела 20.3 рекомендуются к использованию при проведении диагностических работ с целью оценки остаточных результатов освоения данной дисциплины (знаний, умений, навыков).