

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

_____ Страхов С.Ю.

« ____ » _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ СОВРЕМЕННАЯ ТЕОРИЯ УПРАВЛЕНИЯ

Направление/специальность подготовки	09.03.01 Информатика и вычислительная техника
Специализация/профиль/программа подготовки	Автоматизированные системы обработки информации и управления
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очная
Факультет	И Информационных и управляющих систем
Выпускающая кафедра	И9 СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
Кафедра-разработчик рабочей программы	И9 СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
4	8	3	108	52	26	0	26	56	0	0	56	зач.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)**

09.03.01 Информатика и вычислительная техника

год набора группы: 2025

Программу составил:

Кафедра И9 СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И КОМПЬЮТЕРНЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ _____

Попов Александр Михайлович, к.т.н., доцент

Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

рабочей программы **И9 СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Заведующий кафедрой Сырцев А.Н., д.воен.н., снс _____

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

И9 СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Заведующий кафедрой Сырцев А.Н., д.воен.н., снс _____

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ СОВРЕМЕННАЯ ТЕОРИЯ УПРАВЛЕНИЯ

Разделы рабочей программы

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Приложения к рабочей программе дисциплины

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПК-1.4 — Способен разрабатывать аппаратные и программные средства автоматизации обработки информации и управления в технических системах

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПК-1.4

знания:

математического аппарата пространства состояний, функций Ляпунова и линейных матричных неравенств;

умения:

строить модели линейных и нелинейных систем управления в пространстве состояний и использовать их для решения инженерных задач в сфере профессиональной деятельности;

навыки:

построения и использования моделей систем управления, решения задач их анализа и синтеза с помощью систем автоматизации инженерных и научных расчетов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **СОВРЕМЕННАЯ ТЕОРИЯ УПРАВЛЕНИЯ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *09.03.01 Информатика и вычислительная техника*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ОСНОВЫ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ, ТЕОРИЯ УПРАВЛЕНИЯ, КОМПЬЮТЕРНЫЙ ПРАКТИКУМ, ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности
- ОПК-2 — Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и программных средств, в том числе отечественного производства, и использовать их при решении задач профессиональной деятельности
- ОПК-9 — Способен осваивать методики использования программных средств для решения практических задач
- ПК-1.4 — Способен разрабатывать аппаратные и программные средства автоматизации обработки информации и управления в технических системах
- ПК-94 — Способен к управлению информацией и данными, поиску источников информации и данных, восприятию, анализу, запоминанию и передаче информации с использованием цифровых средств, а также с помощью алгоритмов при работе с полученными из различных источников данными с целью эффективного использования полученной информации для решения задач

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПК-1.4
4	8	Раздел 1. Метод пространства состояний в теории систем. 1.1. Описание систем в уравнениях состояния. Определение передаточных функций по уравнениям состояния. Преобразование базиса. Инвариантность передаточных функций к преобразованию базиса. 1.2 Канонические формы уравнений состояния. Диагональная и жорданова формы. Управляемая и наблюдаемая канонические формы. Преобразование уравнений состояния к каноническому виду. Переход от передаточной функции к уравнениям состояния. 1.3 Решение уравнений состояния, формула Коши, фундаментальная и переходная матрицы. Матричная экспонента, способы вычисления.	32	16	8	8	16	30
4	8	Раздел 2. Техника линейных матричных неравенств. 2.1. Функции Ляпунова и их свойства. 2.2. Матричное уравнение Ляпунова и его свойства. 2.3. Теоремы прямого метода Ляпунова и их применение. 2.4. Анализ устойчивости непрерывных и дискретных систем. 2.5. Решение задач синтеза.	38	22	10	12	16	35
4	8	Раздел 3. Методы синтеза систем управления нелинейными объектами. 3.1 Линеаризация обратной связью. 3.2 Относительный порядок объекта управления. Приведение к каноническому виду. Внешняя и внутренняя динамика. 3.3 Процедура бэкстеппинга. Плоские системы. 3.4 Управление квадрокоптером.	38	14	8	6	24	35
Всего за 8 семестр			108	52	26	26	56	100
Всего по дисциплине			108	52	26	26	56	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Метод пространства состояний в теории систем.	Описание систем в уравнениях состояния. Канонические формы. Преобразование базиса.	2
2		Решение уравнений состояния	2
3		Расчет матричных операторов замкнутых линейных систем.в среде автоматизации инженерных и научных расчетов	4
4	Раздел 2. Техника линейных матричных неравенств.	Примеры применения прямого метода Ляпунова.	2
5		Методика автоматизированной проверки устойчивости с использованием пакета LMI Control Toolbox в среде автоматизации инженерных и научных расчетов MATLAB (Scilab).	2
6		Знакомство с пакетом LMI Control Toolbox в среде автоматизации инженерных и научных расчетов MATLAB (Scilab)	2
7		Решение задач проверки устойчивости систем с использованием LMI Control Toolbox	2
8		Методика синтеза регуляторов с использованием пакета LMI Control Toolbox в среде автоматизации инженерных и научных расчетов MATLAB (Scilab).	2
9		Решение задачи проектирования регулятора с использованием LMI Control Toolbox	2
10	Раздел 3. Методы синтеза систем управления нелинейными объектами.	Примеры синтеза систем управления нелинейными объектами.	2
11		Моделирование системы управления квадрокоптером	3
12		Коллоквиум	1
Всего за 8 семестр			26

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№	Номер и наименование раздела	Содержание учебного задания	Объем,
---	------------------------------	-----------------------------	--------

п/п	дисциплины		часов
1	Раздел 1. Метод пространства состояний в теории систем.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	10
2		Подготовка к практическим занятиям	3
3		Оформление отчета по практическому заданию	3
4	Раздел 2. Техника линейных матричных неравенств.	Оформление отчетов по практическим заданиям	4
5		Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	10
6		Подготовка к практическим занятиям	2
7	Раздел 3. Методы синтеза систем управления нелинейными объектами.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	10
8		Подготовка к практическим занятиям	2
9		Оформление отчета по практическому заданию	4
10		Подготовка к коллоквиуму	8
Всего за 8 семестр			56

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
8					Отч. по ПЗ	ДР		Отч. по ПЗ		ДР			Отч. по ПЗ, Колл, зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- Отч. по ПЗ – отчет по практическому заданию;
- Колл – коллоквиум;
- зач. – зачет.

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- отчет по практическому заданию;
- коллоквиум.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- зачет.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. Б. Р. Андриевский. . Теоретические основы автоматизированного управления. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008, эл. рес.
2. Б. Р. Андриевский. . Матричные неравенства в задачах управления. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012, эл. рес.
3. Б. Р. Андриевский. . Управление и оценивание при ограниченной пропускной способности каналов связи. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012, эл. рес.
4. Б. Р. Андриевский, А. Л. Фрадков. . Элементы математического моделирования в программных средах MATLAB 5 и Scilab. СПб.: Наука, 2001, 20 экз.
5. В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. . Теория систем автоматического управления. СПб.: Профессия, 2003, 169 экз.
6. И. В. Мирошник. . Теория автоматического управления. Линейные системы. М.: Питер, 2005, 19 экз.
7. И. В. Мирошник. . Теория автоматического управления. Нелинейные и оптимальные системы. М.: Питер, 2006, 19 экз.
8. Н. П. Деменков, Е. А. Микрин. Управление в технических системах . М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2017, эл. рес.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

5.3. Периодические издания:

не требуются.

5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <http://e.lanbook.com> — ЭБС Лань;
2. <http://library.voenmeh.ru/jirbis2> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
3. <https://urait.ru> — Образовательная платформа «Юрайт». Для вузов и ссузов.;
4. <http://ubs.mtas.ru/upload/library/UBS3502.pdf> Андриевский Б.Р., Фрадков А.Л. Метод пассивации в задачах синхронизации и оценивания состояния нелинейных систем по цифровому каналу связи // Сб.: Управление большими системами. 2011. Выпуск 35 (4). М.: ИПУ РАН. С. 20-58. (в открытом доступе по сети интернет);
5. <http://www.mtas.ru/upload/library/UBS2503.pdf> Андриевский Б.Р., Фрадков А.Л. Адаптивная синхронизация нелинейных систем одного класса при ограниченной пропускной способности канала связи // Сб. Управление большими системами. Вып. 25. 2009. М.: Институт проблем управления РАН (ИПУ РАН). С. 48-83. (в открытом доступе по сети интернет).

Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;
<http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457 - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

5.5. Программное обеспечение:

1. Matlab 2015a SP1;
2. Scilab 6.0.2.

5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Лекционные занятия:

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

6.2. Практические занятия:

1. Проектор;
2. Аудитория с числом посадочных мест не меньше количества обучающихся;
3. Matlab 2015a SP1;
4. Scilab 6.0.2.

6.3. Прочее:

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

Аннотация рабочей программы

Дисциплина **СОВРЕМЕННАЯ ТЕОРИЯ УПРАВЛЕНИЯ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *09.03.01 Информатика и вычислительная техника*. Дисциплина реализуется на факультете *И Информационных и управляющих систем* БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой **И9 СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПК-1.4 Способен разрабатывать аппаратные и программные средства автоматизации обработки информации и управления в технических системах.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с современным математическим аппаратом описания систем управления, анализом и синтезом нелинейных и адаптивных систем.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- отчет по практическому заданию;
- коллоквиум.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **3 з.е., 108 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**26 ч.**), практические занятия (**26 ч.**), самостоятельная работа студента (**56 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 52 ч. аудиторных занятий, и 56 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
Раздел 1. Метод пространства состояний в теории систем.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	Б. Р. Андриевский, А. Л. Фрадков. . Элементы математического моделирования в программных средах MATLAB 5 и Scilab: СПб.: Наука, 2001 (главы 2,4)	10
Подготовка к практическим занятиям	Б. Р. Андриевский. . Теоретические основы автоматизированного управления: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (разделы 1-13) И. В. Мирошник. . Теория автоматического управления. Линейные системы: М.: Питер, 2005 (глава 3)	3
Оформление отчета по практическому заданию	Н. П. Деменков, Е. А. Микрин. Управление в технических системах : М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2017 (глава 2)	3
Итого по разделу 1		16
Раздел 2. Техника линейных матричных неравенств.		
Оформление отчетов по практическим заданиям	В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. . Теория систем автоматического управления: СПб.: Профессия, 2003 (парагр. 17.2)	4
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	Б. Р. Андриевский. . Матричные неравенства в задачах управления: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (разделы 1-6)	10
Подготовка к практическим занятиям	Н. П. Деменков, Е. А. Микрин. Управление в технических системах : М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2017 (глава 7)	2
Итого по разделу 2		16
Раздел 3. Методы синтеза систем управления нелинейными объектами.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе	Б. Р. Андриевский. . Теоретические основы автоматизированного управления: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (разделы 12-14) И. В. Мирошник. . Теория автоматического управления. Нелинейные и оптимальные системы: М.: Питер, 2006 (глава 4)	10
Подготовка к практическим занятиям	Б. Р. Андриевский. . Управление и оценивание при ограниченной пропускной способности каналов связи: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (с. 1-17)	2
Оформление отчета по практическому заданию		4
Подготовка к коллоквиуму		8
Итого по разделу 3		24

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- коллоквиум;
- отчет по практическому заданию;
- зачет.

Критерии оценивания

Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

Коллоквиум

На коллоквиуме студенту предлагается тестовое задание, содержащее 10 вопросов. Время на подготовку ответов – 30 минут. Порядок определения оценки: не менее 9 правильных ответов – «отлично», не менее 7 – «хорошо», не менее 5 – «удовлетворительно».

Комплект тестовых вопросов включен в фонд оценочных средств по дисциплине.

Балльная оценка за коллоквиум определяется технологической картой дисциплины.

Отчет по практическому заданию

Отчет по каждому практическому заданию должен включать содержание задания и исходные данные, исследуемую модель, основные расчетные соотношения, скриншоты, демонстрирующие полученные результаты, необходимые комментарии и выводы.

Отчеты могут быть представлены в электронной форме.

Балльные оценки за практические задания определяются технологической картой дисциплины.

Зачет

Критерии оформления зачета определяются технологической картой дисциплины.

Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПК-1.4	
4	8	Раздел 1. Метод пространства состояний в теории систем.	32	16	8	8	16	30	Коллоквиум, Отчет по практическому заданию
4	8	Раздел 2. Техника линейных матричных неравенств.	38	22	10	12	16	35	Отчет по практическому заданию, Коллоквиум
4	8	Раздел 3. Методы синтеза систем управления нелинейными объектами.	38	14	8	6	24	35	Отчет по практическому заданию, Коллоквиум
Всего за 8 семестр			108	52	26	26	56	100	
Всего по дисциплине			108	52	26	26	56	100	

ПК-1.4 - Способен разрабатывать аппаратные и программные средства автоматизации обработки информации и управления в технических системах

№ 1 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Какое условие должна удовлетворять функция Ляпунова $V(x)$, чтобы гарантировать устойчивость точки равновесия?

1. $V(x) > 0$ и производная $V(x) > 0$
2. $V(x) > 0$ и производная $V(x) \leq 0$
3. $V(x) < 0$ и производная $V(x) < 0$
4. $V(x)$ может быть любого знака, если производная $V(x) = 0$

№ 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Что такое функция Ляпунова и каким основным условиям она должна удовлетворять?

№ 3 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Как с помощью функции Ляпунова можно доказать асимптотическую устойчивость системы?

№ 4 Прочитайте текст и установите соответствие

Установите соответствие между свойствами функции Ляпунова и их описаниями:

Свойство	Описание
1. Положительная определённость	А. Производная вдоль траекторий системы отрицательна
2. Отрицательная определённость производной	Б. $V(x) > 0$ при $x \neq 0$ и $V(0) = 0$
3. Радиальная неубываемость	В. $V(x) \rightarrow \infty$ при $\ x\ \rightarrow \infty$
4. Радиальная неограниченность	Г. Производная отрицательна либо равна нулю для всех x

№ 5 Прочитайте текст и установите соответствие

Установите соответствие между типом устойчивости и условиями на функцию Ляпунова $V(x)$:

Тип устойчивости	Условия
1. Просто устойчивость	А. $V(x) > 0$, производная отрицательна
2. Асимптотическая устойчивость	Б. $V(x) > 0$, производная отрицательна либо равна нулю
3. Экспоненциальная устойчивость	В. $V(x)$ радиально неограничена, производная отрицательна
4. Глобальная асимптотическая устойчивость	Г. $V(x) > 0$, $V'(x) \leq -kV(x)$, $k > 0$

№ 6 Прочитайте текст и установите последовательность

Расположите этапы проверки устойчивости с помощью функции Ляпунова в правильном порядке:

1. Выбор кандидата в функции Ляпунова $V(x)$

2. Вычисление производной $V(x)$ по времени вдоль траекторий системы
 3. Проверка отрицательной определенности производной $V(x)$
 4. Формулировка вывода об устойчивости системы
 5. Проверка положительной определенности $V(x)$
- № 7 Прочитайте текст и установите последовательность
Расположите шаги построения функции Ляпунова для линейной системы $\dot{x} = Ax$ в правильном порядке:
1. Задать матрицу $Q > 0$ (положительно определенную)
 2. Решить уравнение Ляпунова $A^T P + PA = -Q$
 3. Проверить положительную определенность матрицы P
 4. Построить функцию $V(x) = x^T P x$
 5. Вычислить производную $V(x)$ вдоль траекторий системы
- № 8 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
Какой вид чаще всего имеет функция Ляпунова для линейной системы $\dot{x} = Ax$?
1. $V(x) = \sin(x^2)$
 2. $V(x) = x^T P x$, где $P > 0$
 3. $V(x) = e^x$
 4. $V(x) = \|x\|_1$ (L1-норма)
- № 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
Если для системы найдена функция Ляпунова $V(x)$, у которой производная $\dot{V}(x) < 0$ везде, кроме $x=0$, то это означает:
1. Система неустойчива
 2. Точка равновесия асимптотически устойчива
 3. Устойчивость нельзя определить
 4. Система консервативна
- № 10 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
Какие из следующих условий должны выполняться для функции Ляпунова $V(x)$, чтобы доказать устойчивость системы?
1. $V(x)$ должна быть отрицательно определённой
 2. $V(x)$ должна быть положительно определённой
 3. Производная $\dot{V}(x)$ должна быть отрицательно полуопределённой
 4. $V(x)$ должна быть периодической функцией
 5. $V(0) = 0$
- № 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
В каких случаях функция $V(x) = x^T P x$ (где $P > 0$) может использоваться как функция Ляпунова?
1. Для линейных систем $\dot{x} = Ax$

2. Для нелинейных систем, если производную $V(x)$ удаётся оценить
3. Только для консервативных систем
4. Для анализа глобальной асимптотической устойчивости, если $V(x)$ радиально неограничена
5. Только для дискретных систем

№ 12 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Какие утверждения верны относительно производной функции Ляпунова $V(x)$?

1. Если производная $V(x) < 0$ для всех $x \neq 0$, система асимптотически устойчива
2. Производная $V(x)$ всегда должна быть строго отрицательной
3. Если производная $V(x) \leq 0$, система устойчива в смысле Ляпунова
4. Производная $V(x)$ может быть положительной, если $V(x)$ быстро убывает
5. Для экспоненциальной устойчивости требуется производная $V(x) \leq -kV(x)$, где $k > 0$