

«

»

“ ”

“ ”

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Основы управления средствами поражения**

: 17.05.01

,

:

: 4,

: 8

		<b>8</b>
<b>1</b>	( )	4
<b>2</b>		144
<b>3</b>	, .	76
<b>4</b>	, .	36
<b>5</b>	, .	18
<b>6</b>	, .	18
<b>7</b>	, .	27
<b>8</b>	, .	2
<b>9</b>	, .	
<b>10</b>	, .	68
<b>11</b>	( , , )	
<b>12</b>		

( ): 17.05.01

1161 12.09.2016 . , : 28.09.2016 .

: 1,

( ): 17.05.01

, 7 20.06.2017

, 5 21.06.2017

:

, . . .

:

, . . . . . . . .

:

. . .

# 1.

1.1

<b>Компетенция ФГОС: ПСК.41 способность моделировать различные динамические воздействия на системы управления действием средств поражения; в части следующих результатов обучения:</b>	
18.	,
19.	
20.	,
4.	,
4.	
5.	,
6.	
7.	
<b>Компетенция ФГОС: ПСК.42 способность ориентироваться в многообразии первичных преобразователей и умением их применять в системах управления действием средств поражения; в части следующих результатов обучения:</b>	
4.	

# 2.

2.1

	(	
--	---	--

<b>.41. 18</b>		,
1. основополагающие понятия теории управления сложными объектами, существо системного подхода к исследованию их динамики в процессах регулирования		;
2. основные положения теории управления		;
<b>.41. 19</b>		
3. модели и методы исследования линейных непрерывных систем управления		;
4. основные методы анализа систем управления во временной и частотной областях		;
<b>.41. 20</b>		
5. о методах расчета динамических систем в технике		;
<b>.41. 4</b>		
6. способы составления функциональных и структурных схем систем управления		;
<b>.41. 4</b>		

7.методиками расчета параметров математических моделей систем управления по экспериментальным данным	;
<b>.41. 5</b>	,
8.провести анализ системы управления, оценить статические и динамические характеристики	;
<b>.41. 6</b>	
9.рассчитать основные качественные показатели системы управления	;
<b>.41. 7</b>	
10.практическими навыками расчетно-теоретического анализа динамического состояния систем автоматического регулирования с установлением их энергообеспеченности, устойчивости, выполнения целевых функций и показателей качества	;
<b>.42. 4</b>	
11.о типах автономных управляющих систем	;

### 3.

#### 3.1

	,	.	
<b>: 8</b>			
	:		
1.	0	4	1, 11, 2
2.	0	4	1, 11, 2, 6
	:		
3.	0	4	3
4.	0	4	3, 4
	:		
5.	0	4	4
6.	0	4	4
7.	0	4	2
8.	0	4	4
	:		
9.	0	4	4

	,	.		
: 8				
:				
1.	2	4	3, 8	,
2.	4	4	7	.
:				
3.	4	4	8	.
:				
4.	3	6	10, 8	,

	,	.		
: 8				
:				
1.	2	4	6	
:				
2.	2	4	7	,
3.	4	4	8	,
:				

4.	6	6	10, 5, 6, 7, 8, 9	-
----	---	---	-------------------	---

4.

: 8				
1		10, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	20	0
<p>Internet</p> <p>3 :</p> <p>5 .. .3.</p> <p>/[ . . .]; . . .</p> <p>, . . . ,2004. - 614 .: . . .</p> <p>[ . . . ]:</p> <p>- , [2013]. - / . . .</p> <p>http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000183039. - . . .</p> <p>[ . . . ]:</p> <p>- . . . /</p> <p>; . . . - . . . , [2013]. - :</p> <p>http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000180706. - . . .</p>				
2		7, 8, 9	10	0
<p>-</p> <p>1 :</p> <p>5 .. .3.</p> <p>/[ . . .]; . . .</p> <p>, . . . ,2004. - 614 .: . . .</p> <p>[ . . . ]:</p> <p>- , [2013]. - / . . . ;</p> <p>http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000183039. - . . .</p> <p>[ . . . ]:</p> <p>- . . . /</p> <p>; . . . - . . . , [2013]. - :</p> <p>http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000180706. - . . .</p>				
3		10, 9	18	0
<p>3 :</p> <p>[ . . . ]:</p> <p>- , [2013]. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000183039.</p> <p>- . . .</p> <p>3. . . . 5 .. .</p> <p>; . . . ,2004. - 614 .: . . . / [ . . . ]</p> <p>[ . . . ]:</p> <p>- . . . /</p> <p>; . . . - . . . , [2013]. - :</p> <p>http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000180706. - . . .</p>				
4		1, 11, 2, 3, 4, 5, 6, 7	20	0

2 : . 5 ..

.3. : / [ . . . ] ; . . . , . . . . - . , 2004. - 614 . : . . . . . [ ] : - . . . . . , [2013]. - : [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000183039](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000183039). - . . . . . [ ] : - . . . . . / . . . . . ; . . . . . - . . . . . , [2013]. - . . . . . : [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000180706](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000180706). - . . . . .

5.

- , ( . 5.1).

5.1

	-
	e-mail:sankov@corp.nstu.ru
	e-mail:sankov@corp.nstu.ru
	e-mail:sankov@corp.nstu.ru
	;

5.2

1		.41;
<p><b>Формируемые умения:</b> з19. знать основные методы анализа систем управления средствами поражения во временной и частотной областях; з20. знать способы исследования динамических свойств систем управления средствами поражения, оценки их устойчивости и качества регулирования; з4. знать методологические основы функционирования, моделирования и синтеза систем управления средствами поражения; у4. уметь построить математическую модель объекта и системы управления средствами поражения; у5. уметь провести анализ системы управления, оценить статические и динамические характеристики; у6. уметь рассчитать основные качественные показатели системы управления средствами поражения; у7. уметь решать задачи синтеза линейных систем управления средствами поражения</p> <p><b>Краткое описание применения:</b> студент моделирует, проводит синтез рассчитывает основные показатели системы управления в зависимости от темв практических и лабораторных работ</p>		

6.

( ),

- 15- ECTS.

. 6.1.

6.1

--	--	--

<b>: 8</b>		
Лекция: посещение	8	17
Лабораторная №2: выполнение	4	4
<small>Лабораторная №2: защита</small> [2013]. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000180706. -		
Лабораторная №2: защита	8	16
<small>Практические занятия: посещение и работа</small> [2004. - 614 : : ]		
Практические занятия: посещение и работа	4	8
<small>РГЗ: выполнение и защита</small> [2013]. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000183039. -		
РГЗ: выполнение и защита	6	15
Экзамен:	20	40

6.2

6.2

		/		
<b>.41</b>	18.		+	+
	19.	+	+	+
	20.		+	+
	4.		+	+
	4.	+	+	
	5.	+	+	+
	6.		+	+
	7.	+	+	+
<b>.42</b>	4.		+	+

1

7.

1. Автоматическое управление: Учебное пособие / А.М. Петрова. - М.: Форум, 2010. - 240 с.: ил.; 60x90 1/16. - (Профессиональное образование). (переплет) ISBN 978-5-91134-418-4 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=195454> - Загл. с экрана.
2. Первозванский А. А. Курс теории автоматического управления : учебное пособие / А. А. Первозванский. - СПб. [и др.], 2010. - 615 с.



2		
---	--	--

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра автономных информационных и управляющих систем

“УТВЕРЖДАЮ”  
ДЕКАН ФЛА  
д.т.н., профессор С.Д. Саленко  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ \_\_\_\_ г.

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

#### **Основы управления средствами поражения**

Образовательная программа: 17.05.01 Боеприпасы и взрыватели, специализация:  
Автономные системы управления действием средств поражения

### 1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Основы управления средствами поражения приведена в Таблице.

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ПСК.41 способность моделировать различные динамические воздействия на системы управления действием средств поражения	з4. знать методологические основы функционирования, моделирования и синтеза систем управления средствами поражения	Принципы автоматического управления Синтез систем автоматического управления Структурные схемы систем управления	РГЗ, расчетная часть	Экзамен, теоретические вопросы 9-16, практические задания 1-7
ПСК.41	з18. знать основные методы и способы управления средствами поражения, методы расчета и оптимизации линейных и нелинейных систем при различных воздействиях	Введение в теорию управления в технических системах Принципы автоматического управления Статические характеристики элементов и систем автоматического регулирования	РГЗ, расчетная часть	Экзамен, теоретические вопросы 1-22
ПСК.41	з19. знать основные методы анализа систем управления средствами поражения во временной и частотной областях	Динамические характеристики элементов и систем управления. Математическое описание системы управления Моделирование линейных звеньев первого порядка Нелинейные системы автоматического управления Непрерывные линейные системы управления Устойчивость и качество линейных систем автоматического управления. Устойчивость и анализ динамического качества системы автоматического управления	Отчет по лабораторной работе №1 РГЗ, расчетная часть	Экзамен, теоретические вопросы 34-46, практические задания 1-7
ПСК.41	з20. знать способы исследования динамических свойств систем управления средствами поражения, оценки их устойчивости и качества регулирования	Синтез систем автоматического управления	РГЗ, расчетная часть	Экзамен, практические задания 1-7

ПСК.41	у4. уметь построить математическую модель объекта и системы управления средствами поражения	Автоматическое регулирование технологических параметров с использованием непрерывного закона управления Линейные дифференциальные уравнения, преобразование Лапласа, передаточные функции Синтез систем автоматического управления	Отчет по лабораторной работе №2 РГЗ, расчетная часть	
ПСК.41	у5. уметь провести анализ системы управления, оценить статические и динамические характеристики	Автоматическое регулирование технологических параметров с использованием двухпозиционного закона управления. Анализ устойчивости систем автоматического управления Моделирование линейных звеньев первого порядка Синтез систем автоматического управления	Отчет по лабораторной работе №3 РГЗ, расчетная часть	Экзамен, теоретические вопросы 23-33, практические задания 5-7
ПСК.41	уб. уметь рассчитать основные качественные показатели системы управления средствами поражения	Синтез систем автоматического управления	РГЗ, расчетная часть	Экзамен, теоретические вопросы 29-33, практические задания 5-7
ПСК.41	у7. уметь решать задачи синтеза линейных систем управления средствами поражения	Моделирование следящей системы Синтез систем автоматического управления	Отчет по лабораторной работе №4 РГЗ, расчетная часть	Экзамен, практические задания 1-4
ПСК.42 способность ориентироваться в многообразии первичных преобразователей и умением их применять в системах управления действием средств поражения	34. способен ориентироваться в многообразии первичных преобразователей и умеет их применять в системах управления действием средств поражения	Введение в теорию управления в технических системах Принципы автоматического управления	РГЗ, расчетная часть	Экзамен, теоретические вопросы 1-13

## 2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 8 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ПСК.41, ПСК.42.

Экзамен проводится в письменной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: первый вопрос - теоретический, второй вопрос - практическое задание.

Кроме того, сформированность компетенций проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

В 8 семестре обязательным этапом текущей аттестации является расчетно-графическое задание (работа) (РГЗ(Р)). Требования к выполнению РГЗ(Р), состав и правила оценки сформулированы в

паспорте РГЗ(Р).

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе учебной дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенций ПСК.41, ПСК.42, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

#### **Общая характеристика уровней освоения компетенций.**

**Ниже порогового.** Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

**Пороговый.** Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

**Базовый.** Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

**Продвинутый.** Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новосибирский государственный технический университет»  
Кафедра автономных информационных и управляющих систем

## Паспорт экзамена

по дисциплине «Основы управления средствами поражения», 8 семестр

### 1. Методика оценки

Экзамен проводится в письменной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: первый вопрос - теоретический выбирается из диапазона теоретических вопросов 1-46, второй вопрос - практическое задание выбирается из диапазона практических вопросов 1-7 (список вопросов приведен ниже). В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

### Форма экзаменационного билета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Факультет ФЛА

Билет № \_\_\_\_\_

к экзамену по дисциплине «Основы управления средствами поражения»

---

1. Вопрос

2. Практическое задание

Утверждаю: зав. кафедрой \_\_\_\_\_ должность, ФИО  
(подпись)

(дата)

## Пример билета для экзамена

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Факультет ФЛА

Билет № 3

к экзамену по дисциплине «Основы управления средствами поражения»

---

Вопрос 1) Корректирующие устройства по внешнему воздействию

Вопрос 2) Составьте рабочую модель интегро-дифференцирующего звена первого рода.

Утверждаю: зав. кафедрой АИУС \_\_\_\_\_ Легкий В.Н.

(подпись)

(дата)

### 2. Критерии оценки

- Ответ на экзаменационный билет (тест) считается **неудовлетворительным**, если даны неверные ответы на вопросы, или ответы отсутствуют, оценка составляет 0-9 баллов.
- Ответ на экзаменационный билет (тест) засчитывается на **пороговом** уровне, если даны неточные ответы на вопросы, оценка составляет 10 баллов за вопрос и 20 баллов за работу.
- Ответ на экзаменационный билет (тест) билет засчитывается на **базовом** уровне, если даны неполные ответы на вопросы, оценка составляет 11 - 19 баллов за вопрос и 22-38 баллов за работу в зависимости от полноты ответов.
- Ответ на экзаменационный билет (тест) билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если даны правильные и полные ответы на вопросы, оценка составляет 20 баллов за вопрос и 40 баллов за работу.

### 3. Шкала оценки

Оценка знаний и умений студентов проводится с помощью вопросов по основным проблемам дисциплины. Для оценки деятельности студента используются экзаменационные задания в виде **2-х вопросов**: теоретический и практический. Теоретические вопросы формулируются в строгом соответствии с темами лекционных занятий. Максимальное количество баллов, которое студент может получить на экзамене, равно **40**.

Зачет считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям билета оставляет не менее 10 баллов (из 20 возможных). Устанавливаются следующие правила аттестации студента (таблица 1).

Таблица 1

Характер ответа	Количество баллов за ответ
-----------------	----------------------------

Правильный ответ на вопрос	20
Неполный ответ на вопрос	11 - 19
Неточный ответ на вопрос	10

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

#### 4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Основы управления средствами поражения»

##### Теоретические вопросы

1. Управляемая величина
2. Система автоматического регулирования
3. Закон управления
4. Управляющее устройство
5. Объект управления
6. Характеристическое уравнение системы
7. Передаточная функция АС
8. Управление
9. Принцип разомкнутого управления
10. Системы стабилизации
11. Принцип компенсации (управление по возмущению)
12. Системы программного управления
13. Принцип обратной связи (регулирование по отклонению)
14. Адаптивные системы
15. Системы дискретного действия
16. Следящие системы
17. Критерии качества (определение)
18. Частотные показатели качества
19. Корневые показатели качества
20. Временные показатели качества
21. Косвенные критерии качества
22. Прямые критерии качества
23. Критерии устойчивости.
24. Корневой критерий устойчивости.
25. Алгебраический критерий устойчивости (критерий Гурвица)
26. Частотный критерий устойчивости (критерий Найквиста)
27. Запас устойчивости. Запас устойчивости по фазе, запас устойчивости по амплитуде
28. Точность импульсной системы.
29. Пропорционально-интегральный закон регулирования ( $u$ ,  $W(p)$ )
30. Пропорциональный закон регулирования
31. Пропорционально-дифференциальный закон регулирования ( $u$ ,  $W(p)$ )
32. Интегральный закон регулирования ( $u$ ,  $W(p)$ )
33. Пропорционально-интегрально-дифференциальный закон регулирования ( $u$ ,  $W(p)$ )
34. Оценка точности автоматических систем.
35. Оценка точности автоматических систем при детерминированных воздействиях.
36. Оценка точности автоматических систем при случайных воздействиях.
37. Квантование непрерывных сигналов.
38. Идеальный квантователь.
39. Фиктивный квантователь.
40. Восстановление квантованного сигнала.

41. Передаточная функция импульсной системы.
42. Передаточная функция замкнутой системы.
43. Устойчивость импульсной системы. Критерии устойчивости.
44. Точность импульсной системы.
45. Нелинейные системы. Метод гармонической линеаризации.
46. Фазовое пространство нелинейной системы.

### **Практические задания**

1. Составьте рабочую модель колебательного звена первого рода
2. Составьте рабочую модель апериодического звена первого рода
3. Составьте рабочую модель дифференцирующего звена первого рода
4. Составьте рабочую модель интегро-дифференцирующего звена первого рода,
5. Составьте выражения для АЧХ, ФЧХ и рабочие модели апериодического звена
6. Составьте выражения для АЧХ, ФЧХ и рабочие модели колебательного звена
7. Составьте выражения для АЧХ, ФЧХ и рабочие модели дифференцирующего звена

## **Паспорт расчетно-графического задания (работы)**

по дисциплине «Основы управления средствами поражения», 8 семестр

### **1. Методика оценки**

В рамках расчетно-графического задания (работы) по дисциплине студенты должны исследовать нелинейные системы в соответствии с исходными данными.

При выполнении расчетно-графического задания (работы) студенты должны провести анализ объекта управления, выбрать и обосновать закон управления, провести синтез нелинейной системы, провести анализ нелинейной системы в соответствии с заданием.

### **Требования к оформлению работы:**

1. Работа выполняется в печатном виде на бумаге формата А4, размер шрифта 14, интервал 1.
2. Оформляется титульный лист;
3. Оформляется задание к работе.
4. Приводится решение.

### **Обязательные структурные части РГЗ (реферата).**

- Задание
- Основная часть.
- Выводы по работе, полученные результаты.
- Список используемых литературных источников

### **Оцениваемые позиции:**

- Соответствие оформления работы требованиям.
- Наличие обязательных разделов.
- Содержание основной части работы.
- Ответы студента при защите работы.

### **2. Критерии оценки**

- Работа считается не выполненной, если выполнены не все части РГЗ, уровень выполнения не отвечает требованиям, студент при защите не отвечает на вопросы по теме задания, оценка составляет **0-5** баллов.
- Работа считается выполненной на пороговом уровне, если работа слабая, уровень выполнения не отвечает большинству требований, студент при защите отвечает менее чем на половину вопросов по теме задания, оценка составляет **6-10** баллов, в зависимости от числа правильных ответов при защите.
- Работа считается выполненной на базовом уровне, если уровень выполнения отвечает большинству требований, студент при защите отвечает на большинство

вопросов по теме задания, оценка составляет **11-13** баллов, в зависимости от числа правильных ответов при защите.

- Работа считается выполненной на продвинутом уровне, если работа высокого качества, уровень выполнения отвечает всем требованиям, студент при защите отвечает на все вопросы по теме задания, оценка составляет **13-15** баллов.

### 3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ(Р) учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

Для допуска к экзамену необходимо защитить РГЗ. Оценка за РГЗ составляет от 6 до 15 баллов из 60 возможных в рамках текущей аттестации в семестре.

### 4. Примерный перечень тем РГЗ(Р)

#### Задание 1. Простейшие нелинейные системы

Исследовать системы 1-го порядка

$$\dot{x} = f(x),$$

определенные в  $\mathbb{R}^1$ , для следующих функций  $f(x)$ :

$$-x, \quad x, \quad -x^2, \quad -x - x^2, \quad -x^3, \quad -\sin x, \quad -1/x, \quad -\text{sign } x, \quad \text{sign } x.$$

1. Построить функции  $f(x)$  и установить их класс (кусочно-непрерывные, непрерывные, гладкие), определить стационарные и сингулярные точки.
2. Построить графики переходных процессов  $x = x(t, x_0)$  для различных значений начальных условий  $x_0$ .
3. Исследовать вопросы существования и единственности решений, а также полноты (существования решений для любых  $t \geq 0$ ).
4. Найти положения равновесия (стационарные точки)  $x = x^*$ , оценить их устойчивость, показать области притяжения.

### Задание 1. Фазовые портреты и особенности нелинейной динамики

Исследовать системы 2-го порядка, содержащие объект управления

$$\begin{aligned}\dot{x}_1 &= x_2, \\ \dot{x}_2 &= f_2(u)\end{aligned}$$

и линейный регулятор

$$u = -k_1x_1 - k_2x_2,$$

где  $k_1, k_2$  — коэффициенты обратных связей.

1. Рассмотреть линейную систему, для которой

$$f_2(u) = u.$$

По заданным значениям корней

- а)  $p_1 = -1, p_2 = -3$ ;
- б)  $p_1 = -1 + j, p_2 = -1 - j$ ;
- в)  $p_1 = j, p_2 = -j$

характеристического полинома

$$a(p) = p^2 + k_2p + k_1$$

рассчитать коэффициенты обратных связей  $k_1, k_2$ . Найти положения равновесия. Построить фазовые портреты системы в области  $x_1 \in [-2, 2], x_2 \in [-2, 2]$ .

2. Рассмотреть две гладкие нелинейные системы, для которых

$$f_2(u) = \sin u$$

### Задание 1. Абсолютно устойчивые системы

Исследовать нелинейную систему, состоящую из *линейного блока*

$$\begin{aligned}\dot{x}_1 &= x_2, \\ \dot{x}_2 &= -3x_1 - x_2 + u\end{aligned}$$

с входом  $u$  и выходом

$$y = x_1,$$

и *нелинейного статического блока*

$$\begin{aligned}u &= f_2(v) = a \sin v, \\ v &= -y,\end{aligned}$$

где  $a$  — коэффициент. Проанализировать устойчивость системы при различных значениях  $a$ .

1. Найти положения равновесия системы.

2. Построить типовые переходные процессы  $y(t)$  для начальных условий  $x_1(0) = 5$ ,  $x_2(0) = 0$  и

$$a \in [-5, 15].$$

3. Получить секторные условия, т. е. найти значения параметров  $k_1, k_2$ :

$$k_1 \leq \frac{f_2(v)}{v} \leq k_2,$$

соответствующие границам устойчивости системы относительно точки  $(x_1, x_2) = (0, 0)$ .

4. Построить графики функции  $f_2(v)$ , соответствующие предельно допустимым значениям коэффициента  $a$ .

## Задание 1. Устойчивость нелинейных систем

1. Исследовать нелинейную систему

$$\begin{aligned}\dot{x}_1 &= -x_2 - \alpha(1 - x_1^2 - x_2^2)x_1, \\ \dot{x}_2 &= x_1 - \alpha(1 - x_1^2 - x_2^2)x_2,\end{aligned}$$

где

а)  $\alpha = 0.05$ ;

б)  $\alpha = -0.1$ .

Рассчитать положения равновесия. Построить фазовые портреты в области  $x_1 \in [-2, 2]$ ,  $x_2 \in [-2, 2]$ . Проанализировать устойчивость системы, определить типы положений равновесия (узлы, центры, фокусы, седловые точки), показать области притяжения.

2. Исследовать нелинейные системы

$$\begin{aligned}\dot{x}_1 &= x_2, \\ \dot{x}_2 &= -x_2 - 25(x_1 - 1.4x_1^3 + 0.27x_1^5)\end{aligned}$$

и

$$\begin{aligned}\dot{x}_1 &= x_2, \\ \dot{x}_2 &= -25(x_1 - 1.4x_1^3 + 0.27x_1^5).\end{aligned}$$

Рассчитать положения равновесия, построить фазовые портреты в области  $x_1 \in [-3, 3]$ ,  $x_2 \in [-10, 10]$ . Проанализировать устойчивость систем, определить типы положений равновесия (узлы, центры, фокусы, седловые точки), показать области притяжения.

3. Исследовать нелинейную систему

$$\begin{aligned}\dot{x}_1 &= x_1^2 - x_2^2, \\ \dot{x}_2 &= 2x_1x_2,\end{aligned}$$

где  $x_1 \in [-2, 2]$ ,  $x_2 \in [-2, 2]$ . Найти положение равновесия, построить фазовый портрет, проанализировать аттрактивность и устойчивость положения равновесия