

«

»

“ ”

“ ”

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Адаптивные антенные системы**

: 11.04.01

: 2,

: 3

		<b>3</b>
<b>1</b>	( )	5
<b>2</b>		180
<b>3</b>	, .	68
<b>4</b>	, .	18
<b>5</b>	, .	18
<b>6</b>	, .	18
<b>7</b>	, .	18
<b>8</b>	, .	2
<b>9</b>	, .	12
<b>10</b>	, .	112
<b>11</b>	( , , )	.
<b>12</b>		

( ): 11.04.01

1409 30.10.2014 ., : 25.11.2014 .

: 1, ,

( ): 11.04.01

, 6 20.06.2017

, 6 21.06.2017

:

, . . . . . . . . . .

:

, . . . . . . . . . .

:

. . . . .

# 1.

1.1

<b>Компетенция НГТУ: ПК.21.В Способность к исследованиям в целях совершенствования радиоэлектронных средств и систем различного назначения; в части следующих результатов обучения:</b>	
3.	
3.	

## 2.

2.1

--	--

<b>.21. . 3</b>	
1.О ключевых принципах построения адаптивных ФАР	; ; ;
2.О методах оценивания характеристик адаптивных ФАР	; ; ;
3.О составе, назначении и принципе действия основных узлов адаптивной ФАР с синтезированной апертурой	; ; ;
4.Типовые узлы и базовые компоненты адаптивных ФАР	; ; ;
5.Принцип действия и особенности проектирования замкнутых систем автоматического регулирования параметров антенн	; ; ;
6.Конструктивно-технологические особенности реализации адаптивных ФАР с учетом объекта установки	; ; ;
<b>.21. . 3</b>	
7.Применять методы проектирования ключевых элементов адаптивных ФАР	; ; ;
8.Использовать математические методы анализа процессов направленного излучения энергии в адаптивных ФАР	; ; ;
9.Использования современных систем автоматизированного проектирования антенн и устройств СВЧ (CST Microwave Studio, WIPL-D) при анализе и синтезе элементов и узлов адаптивных ФАР	; ; ;
10.Экспериментальных исследований и настройки ключевых элементов адаптивных ФАР с использованием современных векторных анализаторов цепей	; ; ;

## 3.

3.1

<b>: 3</b>				
:				

<p>1.</p> <p style="text-align: center;">N-</p>	<p style="text-align: center;">0</p>	<p style="text-align: center;">1</p>	<p style="text-align: center;">1, 3, 5, 6, 9</p>
<p>2.</p>	<p style="text-align: center;">0</p>	<p style="text-align: center;">2</p>	<p style="text-align: center;">1, 3, 4, 6, 7, 9</p>
:			
<p>5.</p>	<p style="text-align: center;">0</p>	<p style="text-align: center;">2</p>	<p style="text-align: center;">2, 3, 5, 6, 7, 8</p>
<p>6.</p>	<p style="text-align: center;">0</p>	<p style="text-align: center;">2</p>	<p style="text-align: center;">2, 3, 4, 6, 8</p>
:			

2.		0	6	3, 4, 5, 7, 8, 9
9.		0	2	3, 4, 5, 8, 9
:				
13.	"CST Studio Suite" "Ansys HFSS".	0	2	1, 5, 6, 9
14.	"PiCAD", "OrCAD", "PSpice".	0	1	1, 10, 5, 6, 9

3.2

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

:				
7.	2,5	5	10, 2, 3, 4, 8	:
:				
11.	2,5	5	3, 4, 6, 7, 9	:
:				

15.	2	4	2, 5, 6, 9	:
				;
				;

3.3

	,	.		
:3				
:				
4.	2	4	1, 3, 4, 6, 7, 9	:
				;
				;
:-				
8.	2,5	5	2, 3, 4, 8, 9	:
				;
				;

:					
12.		2,5	5	3, 4, 5, 7, 9	:

:					
16.		2	4	1, 3, 6, 9	:

4.

: 3				

1		6, 7, 8	12	0
<p>" ( 552500 - ) / . . . . - ;[ . . . . ].- , 2006. - 29, [1] .: .. : <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000052059">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000052059</a></p>				
2		4, 5	49	10
<p>( 552500 - ) / . . . . - ;[ . . . . ].- , 2009. - 24, [2] .: .. - : <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000116242">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000116242</a> "CST MICROWAVE STUDIO": " ( 210300 - 210400 - ) / . . . . - ;[ . . . . ].- , 2011. - 51, [2] .: .. - : <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000155564">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000155564</a> "CST microwave studio": / . . . . ; . . . . - . - , 2008. - 86, [1] .: .. - : <a href="http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2008/gorbach.rar">http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2008/gorbach.rar</a></p>				
3		1, 10, 2, 3, 9	24	0
<p>( 552500 - ) / . . . . - ;[ . . . . ].- , 2009. - 24, [2] .: .. - : <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000116242">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000116242</a> "CST MICROWAVE STUDIO": " ( 210300 - 210400 - ) / . . . . - ;[ . . . . ].- , 2011. - 51, [2] .: .. - : <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000155564">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000155564</a> "CST microwave studio": / . . . . ; . . . . - . - , 2008. - 86, [1] .: .. - : <a href="http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2008/gorbach.rar">http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2008/gorbach.rar</a> " ( 552500 - ) / . . . . - ;[ . . . . ].- , 2006. - 29, [1] .: .. - : <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000052059">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000052059</a></p>				
4		1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	27	2
<p>. . . . / . . . . ; . . . . - . - , 2013. - 114, [1] .: .. - : <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000180738">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000180738</a> "CST MICROWAVE STUDIO": " ( 210300 - 210400 - ) / . . . . - ;[ . . . . ].- , 2011. - 51, [2] .: .. - : <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000155564">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000155564</a> "CST microwave studio": / . . . . ; . . . . - . - , 2008. - 86, [1] .: .. - : <a href="http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2008/gorbach.rar">http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2008/gorbach.rar</a></p>				

5.

( . 5.1).

5.1

	-
	:vk.com/antenna416
	e-mail:gorbachev@corp.nstu.ru
	e-mail:gorbachev@corp.nstu.ru

6.

( ),

15-

ECTS.

. 6.1.

6.1

<b>: 3</b>		
<b>Лабораторная:</b>	<b>8</b>	<b>16</b>
( ) " " "CST MICROWAVE STUDIO" : 210300 - 210400 - [ ] - , 2011. - 51, [2] . : . - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000155564"		
<b>Практические занятия:</b>	<b>8</b>	<b>16</b>
" " "CST microwave studio" : / . . . . . ; . . . . . , 2008. - 86, [1] . : . - : http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2008/gorbach.rar"		
<b>Контрольные работы:</b>	<b>4</b>	<b>8</b>
" " " ( 552500 - ) : / . . . . . ; [ . . . . . , . . . . . ] - , 2006. - 29, [1] . : . - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000052059"		
<b>РГЗ:</b>	<b>10</b>	<b>20</b>
552500 - ) / . . . . . ; [ . . . . . ] - , 2009. - 24, [2] . : . - ( : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000116242"		
<b>Экзамен:</b>	<b>20</b>	<b>40</b>
( ) " " . . . . . , 2013. - 114, [1] . : . - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000180738"		

6.2

6.2

		/	.		
	.21. 3.	+	+	+	+
	.21. 3.	+	+	+	+

## 7.

1. Устройства СВЧ и антенны : учебник для вузов по направлению подготовки 654200 "Радиотехника" / Д. И. Воскресенский и др. ; под ред. Д. И. Воскресенского. - М., 2006. - 375 с. : ил.
  2. Горбачев А. П. Электромагнитные волны в прямоугольных и круглых волноводах : учебное пособие / А. П. Горбачев, Ю. О. Филимонова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2012. - 210, [1] с. : ил., табл. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000171184](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000171184)
1. Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн : [учебник для вузов по специальности 2011 (Радиовещание, радиосвязь, телевидение)] / Г. А. Ерохин [и др.] ; под ред. Г. А. Ерохина. - М., 2007. - 491 с. : ил. - На тит. л. и обл. авт.: О. В. Чернов. - В вып. дан. : О. В. Чернышев.
  2. Легкий В. Н. Оптоэлектронные элементы и устройства систем специального назначения : [учебник] / В. Н. Легкий, Б. В. Галун, О. В. Санков ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2011. - 454 с. : табл., ил., схемы - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000159492](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000159492)
  3. Сазонов Д. М. Антенны и устройства СВЧ : учебник для вузов по специальности "Радиотехника" / Д. М. Сазонов. - М., 1988. - 430, [2] с. : ил.
  4. Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн : учебник для вузов по специальности 2011 (Радиовещание, радиосвязь, телевидение) / Г. А. Ерохин [и др.] ; под ред. Г. А. Ерохина. - М., 2004. - 491 с. : ил.
  5. Андрусевич Л. К. Антенны и распространение радиоволн : [учебник для вузов] / Л. К. Андрусевич, А. А. Ищук, К. А. Лайко ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2006. - 393, [2] с. : ил. - Режим доступа: [http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/tutorials/2006/2006\\_andrusevich.pdf](http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/tutorials/2006/2006_andrusevich.pdf)
  6. Воскресенский Д. И. Антенны с обработкой сигнала : учебное пособие для вузов по направлению 654200 "Радиотехника" / Д. И. Воскресенский. - М., 2002. - 80 с.
  7. Нефедов Е. И. Устройства СВЧ и антенны : [учебное пособие по специальностям направления "Радиотехника"] / Е. И. Нефёдов. - М., 2009. - 375, [1] с. : ил., табл.
  8. Максимов В. М. Устройства СВЧ: основы теории и элементы тракта : учебное пособие для вузов по направлению 654200 "Радиотехника" / В. М. Максимов. - М., 2002. - 72 с. : ил.
  9. Соколов А. И. Радиоавтоматика : [учебное пособие для вузов по направлению "Радиотехника"] / А. И. Соколов, Ю. С. Юрченко. - М., 2011. - 266, [1] с. : граф., схемы
  10. Горбачев А. П. Синтез микроволновых устройств на связанных линиях передачи / А. П. Горбачев. - Новосибирск, 2010. - 413 с. : ил. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000127261](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000127261)

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
4. ЭБС "Znanium.com" : <http://znanium.com/>
5. :

## 8.

### 8.1

1. Проектирование печатных директорных антенн : методические указания к курсовой работе для РЭФ (направление 552500 - Радиотехника) всех форм обучения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. А. П. Горбачев]. - Новосибирск, 2009. - 24, [2] с. : ил. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000116242](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000116242)
2. Диаграммообразующие устройства многолучевых антенн : методические указания к курсовой работе для факультета "Радиотехника, электроника и физика" (направление 552500 - Радиотехника) всех форм обучения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. П. Горбачев, Е. А. Ермаков]. - Новосибирск, 2006. - 29, [1] с. : ил. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000052059](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000052059)
3. Горбачев А. П. Проектирование директорных антенн методом наводимых электродвижущих сил : учебное пособие / А. П. Горбачев, Н. В. Тарасенко ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2013. - 114, [1] с. : ил. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000180738](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000180738)
4. Горбачев А. П. Проектирование печатных фазированных антенных решеток в САПР "CST microwave studio" : учебное пособие / А. П. Горбачев, Е. А. Ермаков ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2008. - 86, [1] с. : ил. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2008/gorbach.rar>
5. Проектирование антенн сверхвысоких частот в САПР "CST MICROWAVE STUDIO" : методические указания к курсовой работе для факультета "Радиотехника и электроника" (образовательные программы 210300 - Радиотехника и 210400 - Телекоммуникации) всех форм обучения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. П. Горбачев, М. А. Степанов, Н. Э. Унру]. - Новосибирск, 2011. - 51, [2] с. : ил. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000155564](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000155564)

### 8.2

- 1 Microsoft Windows
- 2 Microsoft Office

## 9.

-

1	( Internet )	"CST Studio Suite", .

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

Кафедра радиоприемных и радиопередающих устройств

“УТВЕРЖДАЮ”  
ДЕКАН РЭФ  
д.т.н., профессор В.А. Хрусталеv  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ г.

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

#### Адаптивные антенные системы

Образовательная программа: 11.04.01 Радиотехника, магистерская программа: Системы и устройства передачи, приема и обработки сигналов

## 1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине **Адаптивные антенные системы** 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)
ПК.21.В Способность к исследованиям в целях совершенствования радиоэлектронных средств и систем различного назначения	33. знать методы анализа и принципы построения адаптивных антенных систем	Адаптивная ФАР как система из произвольного числа излучателей с произвольным числом регулируемых комплексных весовых коэффициентов. Понятие ковариационной матрицы адаптивной ФАР. Оценивание числа степеней свободы $N$ -мерного пространства для целей адаптации. Формирование уравнений для расчета весовых коэффициентов в пространстве собственных функций. Анализ направленных свойств адаптивных фазированных антенных решеток. Эффекты взаимной связи излучателей в адаптивной ФАР. Смещение фазового центра фазированной антенной решетки при её адаптации. Контроль амплитудного распределения при смещении фазового центра для целей компенсации. Монопольные и дипольные адаптивные фазированные антенные решетки. Амплитудное и фазовое распределение по апертуре антенной решетки. Теорема перемножения, направленные и поляризационные свойства фазированной антенной решетки. Каналы Флоке, их использование при анализе и синтезе адаптивных фазированных антенных решеток. Предельные соотношения для полного использования процесса адаптации. Анализ направленных свойств адаптивных фазированных антенных решеток. Эффекты взаимной связи излучателей в адаптивной ФАР. Смещение фазового центра фазированной антенной решетки при её адаптации.	Контрольная работа. Отчет по лабораторной работе. РГЗ.	Экзамен, вопросы 1-36.

		<p>Контроль амплитудного распределения при смещении фазового центра для целей его компенсации. Монопольные и дипольные адаптивные фазированные антенные решетки. Амплитудное и фазовое распределение по апертуре таких решеток. Исследование дипольных фазированных антенных решеток. Исследование печатных директорных антенн. Компьютерная оптимизация облика дипольных адаптивных антенных систем.</p> <p>Компьютерное моделирование печатных директорных антенн. Компьютерные методы построения компоновочных схем адаптивных антенн.</p> <p>Компьютерные методы моделирования характеристик ключевых элементов адаптивных ФАР. Разработка многоуровневой физической модели активных элементов, позволяющей определять их выходные параметры по известным входным.</p> <p>Оптимизация режимов работы, критерии оптимизации. Использование принципов декомпозиции и рекомпозиции.</p> <p>Параметрический синтез, выбор критериев оптимизации и формирование целевой функции. Краткая характеристика вычислительных аспектов и возможностей широко распространённых пакетов прикладных программ типа "CST Studio Suite" и "Ansys HFSS". Особенности электродинамических уравнений и граничных условий, заложенных в вычислительные алгоритмы этих пакетов. Характеристика основных базовых примитивов (сфера, цилиндр, параллелепипед) и порядок их формирования при построении обликов адаптивных антенных систем.</p> <p>Моделирование печатных дипольных фазированных антенных решеток.</p> <p>Нахождение весовых коэффициентов адаптации градиентными методами оптимизации. Оптико-электронные технологии в управлении адаптивными</p>		
--	--	--	--	--

		<p>ФАР. Волоконно-оптические системы передачи и распределения сигналов СВЧ и КВЧ диапазонов. Волоконные световоды и волоконно-оптические кабели. Светоизлучающие диоды, фотодиодные матрицы, малогабаритные полупроводниковые лазеры. Компьютерные методы моделирования характеристик ключевых элементов адаптивных ФАР. Разработка компоновочных схем адаптивных антенных систем с учетом объекта установки. Разработка конструкторско-технологической документации для волноводных, полосковых и микрополосковых узлов адаптивных антенных систем. Теорема перемножения в адаптивных фазированных антенных решетках. Направленные и поляризационные свойства адаптивных антенных систем. Каналы Флоке, их использование при анализе и синтезе адаптивных антенных решеток. Предельные соотношения для полного использования процесса адаптации. Типовые и базовые компоненты адаптивных ФАР. Полупроводниковые фазовращатели, общие требования, конструкции, схемы управления на полупроводниковых диодах. Ферритовые фазовращатели, перспективы их совершенствования. Волноводно-щелевые делители мощности СВЧ. Полосковые делители мощности СВЧ. Широкополосные разделительно-суммирующие устройства.</p>		
ПК.21.В	у3. уметь разрабатывать и исследовать адаптивные антенные системы	<p>Анализ направленных свойств адаптивных фазированных антенных решеток. Эффекты взаимной связи излучателей в адаптивной ФАР. Смещение фазового центра фазированной антенной решетки при её адаптации. Контроль амплитудного распределения при смещении фазового центра для целей его компенсации. Монопольные и дипольные адаптивные фазированные антенные решетки. Амплитудное и фазовое распределение по</p>	Контрольная работа. Отчет по лабораторной работе. РГЗ.	Экзамен, вопросы 1-36.

		<p>апертуре таких решеток. Исследование дипольных фазированных антенных решеток. Исследование печатных директорных антенн. Компьютерная оптимизация облика дипольных адаптивных антенных систем. Компьютерное моделирование печатных директорных антенн. Компьютерные методы построения компоновочных схем адаптивных антенн. Компьютерные методы моделирования характеристик ключевых элементов адаптивных ФАР. Разработка многоуровневой физической модели активных элементов, позволяющей определять их выходные параметры по известным входным. Оптимизация режимов работы, критерии оптимизации. Использование принципов декомпозиции и рекомпозиции. Параметрический синтез, выбор критериев оптимизации и формирование целевой функции. Моделирование печатных дипольных фазированных антенных решеток. Нахождение весовых коэффициентов адаптации градиентными методами оптимизации. Оптико-электронные технологии в управлении адаптивными ФАР. Волоконно-оптические системы передачи и распределения сигналов СВЧ и КВЧ диапазонов. Волоконные световоды и волоконно-оптические кабели. Светоизлучающие диоды, фотодиодные матрицы, малогабаритные полупроводниковые лазеры. Компьютерные методы моделирования характеристик ключевых элементов адаптивных ФАР. Основные сведения о системах автоматизированной трассировки печатных плат радиочастотных и сверхвысокочастотных узлов адаптивных антенн. Библиотека базовых элементов, выбор числа слоев печатной платы, послойная трассировка. Автоматизированный выпуск конструкторско-технологической</p>		
--	--	--	--	--

		<p>документации. Учет отечественных конструкторско-технологических норм и требований при работе с зарубежными библиотеками базовых элементов и узлов. Особенности пакетов прикладных программ "PіCAD", "OrCAD", "P Spice". Разработка компоновочных схем адаптивных антенных систем с учетом объекта установки. Теорема перемножения в адаптивных фазированных антенных решетках. Направленные и поляризационные свойства адаптивных антенных систем. Каналы Флоке, их использование при анализе и синтезе адаптивных антенных решеток. Предельные соотношения для полного использования процесса адаптации. Типовые и базовые компоненты адаптивных ФАР. Полупроводниковые фазовращатели, общие требования, конструкции, схемы управления на полупроводниковых диодах. Ферритовые фазовращатели, перспективы их совершенствования. Волноводно-щелевые делители мощности СВЧ. Полосковые делители мощности СВЧ. Широкополосные разделительно-суммирующие устройства.</p>		
--	--	--	--	--

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

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 3 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ПК.21.В.

Экзамен проводится в устной форме по билетам согласно паспорту экзамена.

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

В 3 семестре обязательным этапом текущей аттестации являются расчетно-графическое задание (работа) (РГЗ(Р)), контрольная работа. Требования к выполнению РГЗ(Р), контрольной работы, состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ(Р), контрольной работы.

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 компетенции ПК.21.В, 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 носят 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 содержат несущественные 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.

## Паспорт экзамена

по дисциплине «Адаптивные антенные системы», 3 семестр

### 1. Методика оценки

Экзамен проводится в устной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: первый вопрос выбирается из диапазона вопросов 1-17, второй вопрос из диапазона вопросов 18-36 (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 радиотехники и электроники

Билет №   1  

к экзамену по дисциплине «Адаптивные антенные системы»

---

1. Особенности матричного анализа адаптивных фазированных антенных решеток.
2. Волноводно-щелевые делители мощности сверхвысоких частот.

Утверждаю: зав. кафедрой РПиРПУ \_\_\_\_\_ д.т.н., проф. А.В. Киселев  
(подпись) (дата)

### 2. Критерии оценки

- Ответ на экзаменационный билет считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, не в состоянии интерпретировать результаты математической записи, описывающей процессы адаптации, оценка составляет от 0 до 19 баллов.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий с неточностями, может показать причинно-следственные связи явлений с пробелами, нечетко интерпретирует результаты математической записи, оценка составляет от 20 до 27 баллов.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при

ответе на вопросы формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить качественные характеристики процессов, но допускает ошибки при математической записи результатов, оценка составляет от 28 до 34 баллов.

- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы проводит сравнительный анализ подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, не допускает ошибок или допускает мелкие погрешности при математической записи, оценка составляет от 35 до 40 баллов.

### **3. Шкала оценки**

Экзамен считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям билета составляет не менее 20 баллов (из 40 возможных).

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 «Адаптивные антенные системы»**

1. Декомпозиция – как основа анализа адаптивных фазированных антенных решеток из произвольного числа излучателей.
2. Формирование статуса излучателей адаптивных антенн произвольными регулируемым комплексными весовыми коэффициентами.
3. Особенности матричного анализа адаптивных фазированных антенных решеток.
4. Анализ числа степеней свободы многомерного пространства для целей адаптации.
5. Вывод уравнений для расчета весовых коэффициентов адаптации в пространстве собственных функций.
6. Анализ направленных свойств адаптивных фазированных антенных решеток.
7. Анализ поляризационных свойств адаптивных фазированных антенных решеток.
8. Оценивание эффектов взаимной связи излучателей в адаптивной фазированной антенной решетке.
9. Понятие фазового центра адаптивной антенной системы. Его роль в радиосвязи и радиолокации.
10. Смещение фазового центра антенной системы при её адаптации. Компенсация смещения.
11. Использование амплитудного распределения возбуждения при смещении фазового центра для целей компенсации.
12. Использование фазового распределения возбуждения при смещении фазового центра для целей компенсации.

13. Монопольные адаптивные фазированные антенные решетки. Механизмы адаптации.
14. Дипольные адаптивные фазированные антенные решетки. Механизмы адаптации.
15. Амплитудное и фазовое распределение возбуждения по апертуре антенной решетки. Его учет при адаптации.
16. Теорема перемножения, направленные и поляризационные свойства фазированной антенной решетки.
17. Каналы Флоке, их использование при анализе и синтезе адаптивных фазированных антенных решеток.
18. Вывод предельных соотношений для полного использования процесса адаптации.
19. Типовые и базовые элементы и узлы адаптивных фазированных антенных решеток.
20. Полупроводниковые фазовращатели, ключевые требования, конструкции.
21. Обзор схем управления полупроводниковых фазовращателей. Узлы на многослойных печатных платах и микросборках.
22. Ферритовые фазовращатели и узлы, перспективы их совершенствования.
23. Волноводно-щелевые делители мощности сверхвысоких частот.
24. Полосковые разветвители, коммутаторы и переключатели.
25. Микрополосковые разветвители, коммутаторы и переключатели.
26. Широкополосные разделительно-суммирующие устройства модулей адаптивных антенных систем.
27. Волоконно-оптические линии связи. Особенности их технологии.
28. Волоконные и планарные световоды, волоконно-оптические кабели. Особенности их конструкций.
29. Светоизлучающие диоды, фотодиодные матрицы, малогабаритные полупроводниковые лазеры.
30. Конструкции и технология реализации интегральных преобразователей «свет-сигнал» и «сигнал-свет».
31. Компьютерные методы моделирования характеристик ключевых элементов адаптивных антенных систем.
32. Особенности моделирования полупроводниковых элементов адаптивных антенных систем.
33. Оптимизация режимов адаптации, критерии оптимизации.
34. Замкнутые системы автоматического регулирования. Их ключевые звенья.
35. Устойчивость систем автоматического регулирования. Критерии устойчивости.
36. Параметрический синтез, критерии оптимизации, формирование целевых функций при адаптации.

## Паспорт контрольной работы

по дисциплине «Адаптивные антенные системы», 3 семестр

### 1. Методика оценки

Контрольная работа выполняется в письменной форме. В ней студенту предлагается осветить два вопроса из прилагаемого списка вопросов. Первый вопрос задания выбирается из интервала вопросов 1-6, второй – из интервала 7-12.

### 2. Критерии оценки

Каждое задание контрольной работы оценивается в соответствии с приведенными ниже критериями.

Контрольная работа считается **невыполненной**, если студент при ответе не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи процессов и явлений адаптации, при математическом анализе и решении уравнений допускает принципиальные ошибки. Оценка составляет от 0 до 3 баллов.

Работа выполнена на **пороговом** уровне, если студент при ответе дает определений основных понятий, способен показать причинно-следственные связи процессов и явлений адаптации с некоторыми погрешностями, при математическом анализе и решении уравнений допускает серьезные ошибки. Оценка составляет 4 балла.

Работа выполнена на **базовом** уровне, если студент при ответе дает определений основных понятий, способен показать причинно-следственные связи процессов и явлений адаптации с мелкими погрешностями, при математическом анализе и решении уравнений допускает не принципиальные ошибки. Оценка составляет от 5 до 6 баллов.

Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если студент при ответе дает определений основных понятий, способен показать причинно-следственные связи процессов и явлений адаптации, свободно ориентируется в математическом анализе и решении уравнений адаптации. Оценка составляет от 7 до 8 баллов.

### 3. Шкала оценки

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

### 4. Пример варианта контрольной работы

Вопросы к контрольной работе

Х) Понятие комплексного весового коэффициента дипольного излучателя в адаптивной фазированной антенной решетке.

2) Выполнить декомпозицию 4-канального бинарного печатного полоскового делителя мощности. Предложить блок-схему алгоритма его анализа в полосе частот.

3) Понятие фазового центра излучателя в адаптивной антенной решетке. Определить его координаты для следующих излучателей:

- волноводный щелевой;

- печатный директорный;
  - печатный логопериодический;
  - спиральный конический;
  - печатный резонаторный (конкретная топология излучателя выдается студенту вначале контрольной работы).
- 4) Выполнить анализ числа степеней свободы виртуального многомерного пространства для целей адаптации.
  - 5) Доказать теорему перемножения в области антенной техники и применить ее для оценки направленности и поляризации адаптивной фазированной антенной решетки.
  - 6) Вывести предельные соотношения для процесса адаптации. Пояснить на примере дипольной/щелевой/директорной адаптивной антенной решетки.
  - 7) Охарактеризовать основные этапы технологического процесса реализации многослойных печатных плат.
  - 8) Пояснить принцип действия и привести эскизы конструкций волоконных и планарных световодов, а также волоконно-оптических кабелей.
  - 9) Проанализировать устойчивость системы автоматического регулирования адаптивных антенных систем. Перечислить критерии устойчивости.
  - 10) Охарактеризовать основные этапы технологического процесса реализации полупроводниковых интегральных микросхем сверхвысоких частот, а также сверхвысокочастотных микросборок.
  - 11) Описать принцип действия светоизлучающих диодов, фотодиодных матриц и малогабаритных планарных полупроводниковых лазеров.
  - 12) Охарактеризовать конструкции и свойства интегральных преобразователей «свет-сигнал» и «сигнал-свет».

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

по дисциплине «Адаптивные антенные системы», 3 семестр

### **1. Методика оценки**

В рамках расчетно-графического задания (работы) по дисциплине студенты должны выполнить расчетно-проектировочное задание, являющееся неотъемлемой частью их будущей магистерской диссертации. При этом выполняемая ими работа базируется на перечне вопросов, сформулированных в задании к магистерской диссертации. Если тема магистерской диссертации не связана с процессами адаптации антенных систем, то задание на расчетно-графическую работу дополняется условиями адаптации тем преподавателем, который ведет дисциплину «Адаптивные антенные системы».

При выполнении расчетно-графического задания (работы) студенты должны провести анализ исходных данных на проектируемую адаптивную антенную систему, обосновать и выбрать элементную базу как для построения излучающего антенного полотна, так и для реализации системы автоматического регулирования (адаптации) по тому или иному критерию. При этом должно быть учтено, на каком объекте установки (кузов автомобиля, кабина трактора, борт летательного аппарата, башенные надстройки морского/речного судна и т.п.) будет располагаться проектируемая адаптивная антенная система, а также в какой климатической зоне она будет использоваться.

Затем студенты должны выполнить эскизную компоновку и реализовать компьютерный облик проектируемой адаптивной антенной системы и согласовать результаты эскизного проектирования с преподавателем на консультациях. Только после этого адаптивная антенная система должна быть промоделирована в полно-волновой системе автоматизированного проектирования “CST Studio Suite” для граничных режимов работы системы адаптации. При необходимости должны быть внесены соответствующие изменения и дополнения в исходный компьютерный облик адаптивной антенной системы.

В заключение работы должна быть приведена блок-схема алгоритма адаптации и дана оценка его быстродействия.

Обязательные структурные части РГЗ:

- анализ исходных данных с учетом объекта установки адаптивной антенной системы и климатического районирования территории Российской Федерации;
- обоснование и выбор элементной базы для реализации излучающего антенного полотна;
- обоснование и выбор аппаратных средств для реализации системы адаптации;
- результаты полно-волнового электродинамического моделирования в системе автоматизированного проектирования “CST Studio Suite” для граничных режимов адаптации;
- блок-схема алгоритма адаптации и оценивание его быстродействия.

Оцениваемые позиции:

- тщательность анализа исходных данных;
- глубина проработки обоснования и выбора элементной базы;

- адекватность компьютерного облика проектируемой адаптивной антенной системы;
- полнота представления результатов полно-волнового электродинамического моделирования;
- соответствие алгоритма адаптации современным тенденциям и воззрениям в области антенной техники, а также приемлемость его быстродействия.

## 2. Критерии оценки

- Работа считается **не выполненной**, если выполнены не все части РГЗ, анализ исходных данных проведен с существенными пробелами, выбор элементной базы адаптивной антенной системы не обоснован, компоновка и компьютерный облик адаптивной антенной системы реализованы эклектически и с преподавателем на консультации не согласованы, моделирование в “CST Studio Suite” выполнено фрагментарно, алгоритм адаптации не обоснован, его блок-схема реализована хаотично, аппаратные средства не выбраны или не соответствуют современным требованиям, оценка составляет от 5 до 9 баллов.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если части РГЗ выполнены формально: анализ исходных данных выполнен с пробелами, выбор элементной базы адаптивной антенной системы обоснован крайне скупо, компоновка и компьютерный облик адаптивной антенной системы реализованы с погрешностями и согласованы с преподавателем в самом конце семестра, моделирование в “CST Studio Suite” выполнено не в полном объеме, алгоритм адаптации обоснован с существенными пробелами и не вполне соответствует современным требованиям, не все аппаратные средства выбраны, а выбранные не соответствуют современным требованиям, оценка составляет от 10 до 13 баллов.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если анализ исходных данных выполнен в полном объеме, выбор элементной базы адаптивной антенной системы обоснован и соответствует современным тенденциям в области проектирования антенн, компоновка и компьютерный облик адаптивной антенной системы реализован на современном уровне и согласован с преподавателем в срок, моделирование в “CST Studio Suite” выполнено с некоторыми пробелами, алгоритм адаптации обоснован, но не оптимизирован, аппаратные средства выбраны без достаточного обоснования, оценка составляет от 14 до 17 баллов.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если анализ исходных данных выполнен в полном объеме, выбор элементной базы адаптивной антенной системы обоснован и соответствует современным тенденциям в области проектирования антенн, компоновка и компьютерный облик адаптивной антенной системы реализован на современном уровне и согласован с преподавателем в срок, моделирование в “CST Studio Suite” выполнено в полном объеме, алгоритм адаптации разработан и оптимизирован, выбор аппаратных средств обоснован с мелкими погрешностями, оценка составляет от 18 до 20 баллов.

## 3. Шкала оценки

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

## 4. Примерный перечень тем РГЗ(Р)

- 1) Адаптивная антенная система радиолокатора сопровождения по дальности.
- 2) Адаптивная антенная система радиолокатора сопровождения по углу места.
- 3) Адаптивная антенная система самолетного комплекса картографирования местности.
- 4) Адаптивная антенная система базовой станции сотовой связи.
- 5) Адаптивная антенная система наземной зеркальной антенны космической радиосвязи.

## 5. Пример оформления титульного листа

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

Кафедра радиоприемных и радиопередающих устройств

## РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

по дисциплине «АДАПТИВНЫЕ АНТЕННЫЕ СИСТЕМЫ»

на тему:

### «АДАПТИВНАЯ АНТЕННАЯ СИСТЕМА БОРТОВОГО КОМПЛЕКСА КАРТОГРАФИРОВАНИЯ МЕСТНОСТИ»

Направление подготовки: 11.04.01 Радиотехника

Выполнил:

Студент \_\_\_\_\_  
(Ф.И.О.)

Группа \_\_\_\_\_

Факультет \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
подпись

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Проверил:

Преподаватель \_\_\_\_\_  
(Ф.И.О.)

Балл: \_\_\_\_\_, ECTS \_\_\_\_\_,

Оценка \_\_\_\_\_

«отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неуд.»

\_\_\_\_\_  
подпись

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Новосибирск 20\_\_