

«

»

“ ”

“ ”

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Моделирование и автоматизированное проектирование высокочастотных и
сверхвысокочастотных устройств

: 11.03.02

:
:4, :7

		7
1	()	4
2		144
3	, .	81
4	, .	36
5	, .	18
6	, .	18
7	, .	18
8	, .	2
9	, .	7
10	, .	63
11	(, ,)	
12		

(): 11.03.02

174 06.03.2015 ., : 27.03.2015 .

: 1, ,

(): 11.03.02

, 5 20.06.2017

, 6 21.06.2017

:

,

:

,

:

. . .

1.

1.1

Компетенция НГТУ: ПК.37.В способность к построению, настройке, регулировке и испытаниям систем радиоэлектроники и связи; в части следующих результатов обучения:	
24.	
25.	
19.	,

2.

2.1

	(
, , ,)	

.37. . 24	
1. знать математическое описание элементов и устройств ВЧ и СВЧ диапазона	; ;
2. знать математические модели пассивных элементов	; ;
3. знать математические модели активных элементов	; ;
.37. . 25	
4. знать методы моделирования и автоматизированного проектирования ВЧ и СВЧ устройств в различных элементных базисах	; ; ;
.37. . 19	
5. уметь формализовать проектные задачи, сформулированные на физическом уровне	; ;

3.

3.1

	,	.			
: 7					
:					

1. Z, Y, A, S - Y, A, S Z, S S	0,5	6	1	
:				
2.	0,5	8	2	
:				
3.	0,5	6	3	
:				
4.	1	12	4	
:				
5.	0,5	4	4	

3.2

	,			
:7				
:				

1.	2	4	4	
:				
2.	2	4	4	
3.	3	10	4	

3.3

	,	.		
:7				
:				
1.	2	6	1,5	
:				
2.	1	2	2,5	
:				
3.	3	2	3,5	
:				
4.	2	8	4,5	

4.

:7				
1		2, 4	20	2
<p style="text-align: center;">:</p> <p style="text-align: center;">4 (210200 210404) -</p> <p style="text-align: center;">/ ; [.] . - , 2010. - 18, [2]</p> <p style="text-align: center;">.. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000150820</p>				
2		1, 2, 3, 4, 5	16	3

<p>http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000141927</p>			
3	1, 2, 3, 4, 5	27	2
<p>http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000141927</p>			

5.

(. 5.1).

5.1

	e-mail:devyatkov@corp.nstu.ru
	e-mail:devyatkov@corp.nstu.ru
	: http://dispace.edu.nstu.ru/didesk/course/show/6670
	: http://dispace.edu.nstu.ru/didesk/course/show/6670

6.

(),

- 15-

ECTS.

. 6.1.

6.1

: 7		
<i>Лабораторная:</i>	20	40
" , 2011"		
<i>РГЗ:</i>	20	40
4 (210200 210404) : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000150820"		
<i>Зачет:</i>	10	20
http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000141927"		

		/		
	.37. 24.	+	+	+
	.37. 25.	+	+	+
	.37. 19.		+	+

1

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. Девятков Г. Н. Моделирование и автоматизированное проектирование широкополосных преобразователей частоты : учебное пособие / Г. Н. Девятков ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 66, [2] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000132392
1. Разевиг В. Д. Проектирование СВЧ устройств с помощью Microwave Office / В. Д. Разевиг, Ю. В. Потапов, А. А. Курушин. - М., 2003. - 492 с. : ил.
2. Гупта К. Машинное проектирование СВЧ устройств / К. Гупта, Р. Гардж, Р. Чадха ; пер. с англ. С. Д. Бродецкой, под ред. В. Г. Шейкмана. - М., 1987. - 428, [1] с. : ил., схемы, табл.
3. Фуско В. СВЧ цепи. Анализ и автоматизированное проектирование : пер. с англ. / В. Фуско ; под ред. В. И. Вольмана. - М., 1990. - 288 с. : ил., схемы
4. Проектирование радиопередающих устройств с применением ЭВМ : учебное пособие для вузов / Алексеев О. В., Головкин А. А., Дмитриев А. Я. и др. ; под ред. Алексеева О. В. - М., 1987. - 392 с. : ил.
5. Зелингер Д. Основы матричного анализа и синтеза применительно к электронике / Дж. Зелингер ; пер. с англ. Е. Г. Польской под ред. Г. А. Ремеза. - М., 1970. - 235, [1] с. : ил., схемы
6. Каганов В. И. Проектирование транзисторных радиопередатчиков с применением ЭВМ. - М., 1988. - 255 с.
7. Артым А. Д. Электрические корректирующие цепи и усилители : теория и проектирование / А. Д. Артым. - М., 1965. - 418 с. : ил.
8. Твердотельные устройства СВЧ в технике связи / [Л. Г. Гассанов и др.]. - М., 1988. - 287, [1] с. : ил.
9. Современная теория фильтров и их проектирование : пер. с англ. / под ред. Г. Темеша, С. Митра. - М., 1977. - 560 с. : ил.

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. Моделирование и автоматизированное проектирование ВЧ- и СВЧ-устройств : методические указания / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Г. Н. Девятков, С. В. Таранин]. - Новосибирск, 2011

2. Проектирование широкополосных трансформаторов сопротивлений : методические указания к расчетно-графической работе для 4 курса РЭФ (направление 210200 и специальность 210404) дневного и заочного отделений / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. Г. Н. Девятков]. - Новосибирск, 2010. - 18, [2] с. : ил., табл. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000150820

3. Уфимцев Д. В. Проектирование, моделирование и оптимизация устройств СВЧ диапазона : учебное пособие / Д. В. Уфимцев, Л. В. Шебалкова, К. Ю. Сюткин ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 160, [2] с. : ил. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000141927

8.2

1 Ansys Academic Research Electronics Thermanal

2 MathCAD

3 Autodesk AutoCAD

9.

-

1	38	
2	7	

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

Кафедра конструирования и технологии радиоэлектронных средств

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН РЭФ
д.т.н., профессор В.А. Хрусталеv
“ ___ ” _____ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Моделирование и автоматизированное проектирование высокочастотных и сверхвысокочастотных устройств

Образовательная программа: 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи
, профиль: Многоканальные телекоммуникационные системы

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Моделирование и автоматизированное проектирование высокочастотных и сверхвысокочастотных устройств 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.37.В способность к построению, настройке, регулировке и испытаниям систем радиоэлектроники и связи	з24. знать математическое обеспечение автоматизированного моделирования высокочастотных и сверхвысокочастотных устройств	Z, Y, A, S - матрицы и связь между ними. Использование Z, Y, A, S матриц для описания элементов и устройств в диапазоне ВЧ и СВЧ. Определение основных рабочих характеристик устройств через матричные параметры. Каскадное соединение четырехполюсников и произвольное соединение многополюсников в S матричном представлении. Применение S матриц для автоматического формирования математической модели произвольных ВЧ и СВЧ схем. Математические модели активных элементов. Математические модели диодов. Математические модели транзисторов. Математические модели микрополосковых линий передачи. Математические модели неоднородностей. Математические модели элементов с сосредоточенными параметрами. Математическое описание элементов и устройств в различных элементных базисах. Разработка математических моделей пассивных элементов.	Отчет по лабораторной работе 1-4; РГЗ, разделы 1, 2	Зачет, вопросы 1-17
ПК.37.В	з25. знать принципы автоматизированного моделирования радиоэлектронных средств в различных элементных базисах	Анализ конструкций СВЧ устройств в геометрическом и смешанном базисах входных параметров. Расчет коэффициентов чувствительности и статистический анализ. Оптимизация рабочих характеристик. Методы анализа ВЧ и СВЧ устройств в различных элементных базисах. Моделирование активного элемента. Проектирование	Отчет по лабораторной работе 1-4, РГЗ, разделы 1-2.	Зачет, вопросы 13-26

		высокочастотного функционального узла в сосредоточенно-распределенном элементном базисе. Синтез и моделирование функционального узла в сосредоточенном элементном базисе. Синтез оптимальных режимов работы активных элементов. Синтез согласующе-корректирующе-фильтрующих цепей ВЧ и СВЧ устройств. Реализация согласующе-корректирующе-фильтрующих цепей.		
ПК.37.В	у19. уметь формализовать проектные задачи, сформулированные на физическом уровне	Математические модели активных элементов. Математическое описание элементов и устройств в различных элементных базисах. Методы анализа ВЧ и СВЧ устройств в различных элементных базисах. Разработка математических моделей пассивных элементов.	РГЗ, раздел 2	Зачет, вопросы 1-17.

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 7 семестре - в форме дифференцированного зачета, который направлен на оценку сформированности компетенций ПК.37.В.

Зачет проводится в устной форме по билетам составленным из вопросов, приведенных в паспорте зачета, позволяющих оценить показатели сформированности соответствующих компетенций. Студенту предлагается ответить на два вопроса из списка, приведенного в паспорте зачета и решить задачу в рамках одного из изучаемых методов. Ответ оценивается по 20 балльной шкале:

За зачет выставляется оценка с учетом баллов набранных в течение семестра при выполнении РГЗ и лабораторных занятий в соответствии с требованиями ECTS.

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

В 7 семестре обязательным этапом текущей аттестации являются 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 компетенции ПК.37.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 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.

Паспорт зачета

по дисциплине «Моделирование и автоматизированное проектирование высокочастотных и сверхвысокочастотных устройств», 7 семестр

1. Методика оценки

Зачет проводится в устной форме, по билетам, с обязательным составлением кратких ответов на вопросы и решения задачи в письменном виде. Билет формируется по следующему правилу: первый вопрос выбирается из диапазона вопросов 1-12, второй вопрос из диапазона вопросов 13-26 (список вопросов приведен ниже), задача выбирается в рамках одного из изучаемых методов. В ходе зачета преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

Форма билета для зачета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет радиотехники и электроники

Билет № 7 _____

к зачету по дисциплине «Моделирование и автоматизированное проектирование ВЧ и СВЧ устройств»

1. Математические модели плёночных и навесных резисторов в МПЛ.
2. Синтез широкополосных согласующих четырёхполюсников.
3. Задача.

Утверждаю: зав. кафедрой КТРС _____ доцент Синельников А.В.
(подпись)

(дата)

2. Критерии оценки

- Ответ на экзаменационный билет считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен раскрыть сущность излагаемых вопросов, при решении задачи допускает принципиальные ошибки, оценка составляет 0-9.5 баллов.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может раскрыть сущность излагаемых вопросов, при решении задачи допускает непринципиальные ошибки,

например,

вычислительные,

оценка составляет 10-14.5 баллов.

- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, раскрывает сущность излагаемых вопросов, не допускает существенных ошибок при решении задачи, оценка составляет 15-17 баллов.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы свободно формулирует основные понятия, проводит сравнительный анализ подходов, в полной мере раскрывает сущность излагаемых вопросов, способен представить количественные характеристики, не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи, оценка составляет 17.5-20 баллов.

3. Шкала оценки

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

4. Вопросы к зачету по дисциплине «Моделирование и автоматизированное проектирование высокочастотных и сверхвысокочастотных устройств»

1. $[\bar{Z}]$, $[\bar{Y}]$ -матрицы. Использование $[\bar{Z}]$ и $[\bar{Y}]$ -матриц для нахождения рабочих параметров четырёхполюсников.
2. $[A]$ -матрицы. Использование $[\bar{A}]$ -матриц для нахождения рабочих параметров четырёхполюсников.
3. $[\bar{S}]$ -матрицы. Использование $[\bar{S}]$ -матриц для нахождения рабочих параметров четырёхполюсников.
4. Использование $[\bar{S}]$ -матриц для анализа каскадного соединения четырёхполюсников.
5. Использование $[\bar{S}]$ -матриц для автоматического формирования математической модели устройства.
6. Математическая модель одиночной МПЛ, система параметров, режимы работы.
7. Математическая модель связанных МПЛ, система параметров, режимы работы.
8. Математические модели скачка ширины и изгиба под прямым углом МПЛ.
9. Математические модели зазора, Т-образного разветвления и разомкнутого на конце отрезка МПЛ.
10. ММ плёночных и навесных резисторов в МПЛ.
11. ММ плёночных и навесных индуктивностей в МПЛ.
12. ММ плёночных и навесных конденсаторов в МПЛ.
13. ММ р – I – n диода в МПЛ.
14. ММ идеального варакторного диода с приоткрыванием р-n перехода.
15. ММ реального варакторного диода с приоткрыванием р-n перехода.
16. Математические зарядовые модели биполярных и полевых транзисторов в режиме малого сигнала.
17. Математическая зарядовая модель биполярного транзистора в режиме большого сигнала.
18. Синтез оптимальных режимов работы идеальных нелинейных элементов.
19. Синтез оптимальных режимов работы реальных нелинейных элементов.
20. Синтез эквивалентных схем по входам и выходам нелинейных элементов.
21. Синтез широкополосных согласующих четырёхполюсников.
22. Метод точного синтеза широкополосных пассивных устройств в распределённом элементном базисе.

23. Дополняющие 2-х полюсники и их использование при синтезе корректирующих цепей.
 24. Реализация согласующе-корректирующе-фильтрующих цепей сосредоточенно-распределённом и распределённом базисе.
 25. Учёт неоднородностей СВЧ тракта при проектировании устройств.
 26. Анализ чувствительности и допустимых отклонений ВЧ и СВЧ устройств.
-
5. Разделы, из которых выбираются **задачи к зачету по дисциплине «Моделирование и автоматизированное проектирование высокочастотных и сверхвысокочастотных устройств»**
-
1. Определение математической модели пассивного функционального узла.
 2. Определение рабочих характеристик пассивного функционального узла.
 3. Определение схемы пассивного функционального узла по известной математической модели.
 4. Определение режимов работы активных элементов.
 5. Определение рабочих характеристик активного функционального узла.

Паспорт расчетно-графического задания (работы)

по дисциплине «Моделирование и автоматизированное проектирование высокочастотных
и сверхвысокочастотных устройств», 7 семестр

1. Методика оценки

В рамках расчетно-графической работы по дисциплине студенты должны выполнить два задания:

- моделирование электромагнитного поля микрополосковой линии ;
- проектирование широкополосного трансформатора активных сопротивлений на четвертьволновых отрезках линии передачи.

При выполнении первого задания студенты должны провести анализ задания, выбрать размеры экрана, выбрать и обосновать величину шагов по координатам, провести моделирование электромагнитного поля в поперечном сечении микрополосковой линии.

При выполнении второго задания студенты должны провести анализ задания, выбрать и обосновать число секций трансформатора, провести проектирование и моделирование трансформатора в различных элементных базисах, разработать чертеж топологии.

Обязательные структурные части РГР.

Обязательные структурные части первого задания:

исходные данные, выбор размеров экрана, выбор и обоснование величины шагов по координатам, расчет значений скалярного потенциала в узлах модели, расчет значений векторов поля E и H в узлах модели, заключение, список использованных литературных источников;

обязательные структурные части второго задания:

исходные данные, синтез и моделирование трансформатора сопротивлений в распределенном электрическом элементном базисе, разработка и моделирование топологии трансформатора сопротивлений в геометрическом элементном базисе, заключение, список использованных литературных источников, приложение (чертеж топологии).

Оцениваемые позиции.

Оцениваемые позиции первого задания:

выбор и обоснование размеров экрана и величины шагов по координатам, результаты расчетов значений скалярного потенциала в узлах модели, результаты расчетов значений векторов поля E и H в узлах модели, заключение.

Оцениваемые позиции второго задания:

синтез и моделирование трансформатора сопротивлений в распределенном электрическом элементном базисе, разработка и моделирование топологии трансформатора сопротивлений в геометрическом элементном базисе, заключение, чертеж топологии.

2. Критерии оценки

Максимальная оценка первого задания – 15 баллов, второго задания – 25 баллов. Оценка расчетно-графической работы определяется суммированием баллов полученных студентом за выполнение первого и второго задания.

Критерии оценки первого задания:

- Работа считается **не выполненной**, если выполнены не все части задания, не обоснован

выбор размеров экрана и величины шагов по координатам, результаты моделирования не соответствуют требованиям задания, оценка составляет 0-7 баллов.

- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если части задания выполнены формально: не обоснован выбор размеров экрана и величины шагов по координатам, результаты моделирования не полностью соответствуют требованиям задания, оценка составляет 7.5 -11 баллов.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если выполнены все части задания с небольшими замечаниями, обоснован выбор размеров экрана и величины шагов по координатам, результаты моделирования в основном соответствуют требованиям задания, оценка составляет 11.5-13 баллов.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если выполнены все части задания в полном объеме, полностью обоснован выбор размеров экрана и величины шагов по координатам, результаты моделирования соответствуют требованиям задания, оценка составляет 13.5-15 баллов.

Критерии оценки второго задания:

- Работа считается **не выполненной**, если выполнены не все части РГР, отсутствует чертеж топологии, не обоснован выбор материалов, результаты моделирования не соответствуют требованиям задания, оценка составляет 0-12 баллов.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если части РГР выполнены формально: не обоснован выбор материалов, чертеж топологии содержит ошибки, результаты моделирования не полностью соответствуют требованиям задания, оценка составляет 12.5 -18 баллов.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если выполнены все части РГР с небольшими замечаниями, обоснован выбор материалов, чертеж топологии содержит незначительные ошибки, результаты моделирования в основном соответствуют требованиям задания, оценка составляет 18.5-21.5 баллов.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если выполнены все части РГР в полном объеме, полностью обоснован выбор материалов, чертеж топологии содержит оригинальное решение, результаты моделирования соответствуют с запасом требованиям задания, оценка составляет 22-25 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.

4. Примерный перечень тем РГЗ(Р)

Студенты выполняют РГР на одну тему при разных исходных данных.

Необходимые для решения задачи исходные данные для первого задания выбираются из табл. 1 в соответствии с двумя последними цифрами студенческого шифра.

Таблица 1

Исходные данные для вариантов первого задания

Наименование исходных данных	Цифры студенческого шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	По последней цифре шифра									
W , мм	1	1.5	1.7	2	2.5	3	0.8	0.6	0.3	1.5

Окончание таблицы 1

Наименование исходных данных	Цифры студенческого шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ε_r	9.6	6.5	7.25	11.7	9.3	15	9.6	6.5	7.25	11.7
	По предпоследней цифре шифра									
H , мм	0.5	1	2	3	2.5	0.5	1	2	3	2.5

W - ширина микрополосковой линии;

ε_r - относительная диэлектрическая проницаемость подложки;

H - толщина подложки.

Необходимые для решения задачи исходные данные для второго задания выбираются из табл. 2 в соответствии с двумя последними цифрами студенческого шифра.

Таблица 2

Исходные данные для вариантов второго задания

Наименование исходных данных	Цифры студенческого шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	По последней цифре шифра									
R_r (Ом)	10	25	45	40	50	60	75	15	20	12
R_n (Ом)	50	75	9	8	10	10	15	60	80	60
	По предпоследней цифре шифра									
f_n (ГГц)	0.5	1	1	0.7	1.5	1.2	0.8	0.6	0.9	2
f_e (ГГц)	1.5	2.5	2	1.9	3.5	2.8	2.2	1.8	2.3	5
K_{cmU}	1.35	1.25	1.2	1.4	1.45	1.5	1.45	1.35	1.3	1.4

R_r – внутреннее сопротивление источника сигнала;

R_n – сопротивление нагрузки;

$f_n - f_e$ - полоса рабочих частот;

K_{cmU} – коэффициент стоячей волны напряжения на входных зажимах трансформатора;

Характеристика затухания – Чебышевская.