

«

»

“ ”

“ ”

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Применение цифровой обработки сигналов

: 11.03.02

:
:4, :7

		7
1	()	6
2		216
3	, .	104
4	, .	36
5	, .	36
6	, .	18
7	, .	18
8	, .	2
9	, .	12
10	, .	112
11	(, ,)	
12		

(): 11.03.02

174 06.03.2015 ., : 27.03.2015 .

: 1, ,

(): 11.03.02

, 3 20.06.2017

, 6 21.06.2017

:

,

:

,

:

. . .

1.

1.1

Компетенция НГТУ: ПК.36.В способность к выполнению исследований и оформлению их результатов применительно к системам радиоэлектроники и связи; в части следующих результатов обучения:	
3.	
3.	

2.

2.1

--	--

.36. . 3	
1.знать общие методы цифровой обработки сигналов	; ;
2.знать взаимосвязь аналоговых, импульсных и дискретных сигналов	; ;
3.знать методы синтеза цифровых фильтров, как решения задачи аппроксимации	; ;
4.знать особенности синтеза ЦФ с конечными и бесконечными импульсными характеристиками	; ;
5.знать особенности реализации ЦФ с конечными и бесконечными ИХ	; ;
6.знать методы цифрового спектрального анализа	; ;
7.знать архитектурные особенности сигнальных процессоров	; ;
8.знать особенности цифровой обработки временных и пространственно-временных сигналов в радиотехнических системах	; ;
.36. . 3	
9.уметь осуществлять цифровую фильтрацию методом быстрой свёртки	
10.синтезировать цифровые КИХ-фильтры методом оконного взвешивания	; ;
11.уметь синтезировать средства цифровой обработки сигналов для систем мобильной связи	

3.

3.1

: 7					
:					
1.	()	1	2	2	
2.	,	1	2	2, 3	
3.	-	1	2	3, 4	
4.	-	1	2	2, 4	

5.	-	1	2	2, 4	
6.		1	2	4	
:					
7.		1	2	5	
8.		1	2	2, 5	
:					
9.		1	2	6	
10.		1	2	6	
11.		1	2	6	
:					
12.	-	1	2	7	
13.		1	2	7	
:					
14.		1	2	8	
15.		1	2	8	
16.		1	2	1, 8	
17.	-	1	2	1, 8	
18.		1	2	1, 2, 8	

3.2

		,	.		
:7					
:					
1.	-	0	4	10	
2.	-	0	4	4	
:					
3.		0	4		
:					

4.	0	6	10, 2	
----	---	---	-------	--

3.3

	,	.		
:7				
:				
1.	,			
(0	2	1, 2	,
)				
2.	,	0	2	1, 2
				,
3.	-	0	2	10, 4
				-
4.	-	0	2	2, 3
				-
5.	-	0	2	
	-			-
6.		0	2	3, 4
				,
:				
7.		0	2	2, 5
8.		0	2	1, 2
:				
9.		0	2	6
10.		0	2	6
11.		0	2	6
:				
12.	-	0	2	2, 7
13.		0	2	1, 7, 8
:				
14.		0	2	2
				,

15.	0	2	1, 2, 8	
16.	0	2	1, 8	
17.	0	2	8	-
18.	0	2	8	

4.

: 7				
1		1, 2, 3	10	4
<p>: 1999 2008 / [. . .]: - ., 2009. - 1 (CD-ROM). - . MATLAB : 5 ") / . . . - ; [: . . . , . . . , . . .]. - , 2007. - 46, [1] . : .. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000071976</p>				
2		1, 2, 3	84	7
<p>: 1999 2008 / [. . .]: - ., 2009. - 1 (CD-ROM). - . MATLAB : 5 ") / . . . - ; [: . . . , . . . , . . .]. - , 2007. - 46, [1] . : .. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000071976</p>				
3		1, 2, 3	18	1
<p>: 1999 2008 / [. . .]: - ., 2009. - 1 (CD-ROM). - . MATLAB : 5 ") / . . . - ; [: . . . , . . . , . . .]. - , 2007. - 46, [1] . : .. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000071976</p>				

5.

- , (. 5.1).

5.1

	-
	: https://ciu.nstu.ru/WebInput/persons/424/
	: https://ciu.nstu.ru/WebInput/persons/424/
	: https://ciu.nstu.ru/WebInput/persons/424/

1		.36.
Формируемые умения: з3. знать методы цифровой обработки сигналов в системах мобильной связи		
Краткое описание применения: Лекции проходят в обстановке, побуждающей студентов к высказыванию своего мнения		

6.

() ,

-
15-

ECTS.

. 6.1.

6.1

: 7		
<i>Лабораторная:</i>	10	20
<i>Практические занятия:</i>	10	20
<i>РГЗ:</i>	20	40
<i>Зачет:</i>	10	20

6.2

6.2

	.36. 3.		+	+
	.36. 3.			+

1

7.

1. Васюков В. Н. Цифровая обработка сигналов и сигнальные процессы в системах подвижной радиосвязи : [учебник] / В. Н. Васюков. - Новосибирск, 2006. - 288, [3] с. : ил. - Режим доступа: [http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2006/06_Vasyukov\(U\).rar](http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2006/06_Vasyukov(U).rar)
2. Смит С. Цифровая обработка сигналов : практическое руководство для инженеров и научных работников / Стивен Смит ; пер. с англ. Ю. А. Линовича, С. В. Витязева, И. С. Гусинского]. - М., 2011. - 718 с. : ил. + 1 CD-ROM.
3. Оппенгейм А. В. Цифровая обработка сигналов / А. Оппенгейм, Р. Шафер ; пер. с англ. С. А. Кулешова под ред. А. Б. Сергиенко. - М., 2007. - 855 с. : ил.

1. Айфичер Э. Цифровая обработка сигналов : практический подход / Э. Айфичер, Б. Джервис. - М. [и др.], 2008. - , [] с.
2. Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов : учебное пособие для вузов / А. Б. Сергиенко. - СПб., 2007. - 750 с. : ил.
3. Основы цифровой обработки сигналов : [учебное пособие по направлению подготовки специалистов 654400 "Телекоммуникации"] / А. И. Солонина [и др.]. - СПб., 2005. - 753 с. : ил.
4. Васюков В. Н. Цифровая обработка сигналов : сборник задач и упражнений для студентов вузов / В. Н. Васюков, Д. В. Голецких ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2004. - 39 с. : ил. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000029500

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

8.

8.1

1. Цифровая обработка сигналов [Электронный ресурс] : научно-технический журнал : материалы публикаций с 1999 по 2008 год / [гл. ред. Ю. Б. Зубарев]. - М., 2009. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с этикетки диска.
2. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB : методическое руководство к практическим занятиям в терминальном классе для 5 курса факультета радиотехники, электроники и физики (специальности "Радиотехника" и "Средства связи с подвижными объектами") / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: К. Д. Гребенчиков, И. С. Грузман, И. В. Курилин]. - Новосибирск, 2007. - 46, [1] с. : ил. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000071976

8.2

- 1 MATLAB
- 2 MathCAD
- 3 MATLAB Signal Processing Toolbox

9.

1	(
	Internet)	

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Применение цифровой обработки сигналов приведена в Таблице.

В последние две колонки таблицы разработчиком вносятся наименования мероприятий текущего и промежуточного контроля с указанием семестра (для многосеместровых дисциплин) и диапазоны вопросов, разделы или этапы выполнения задания, которыми проверяются соответствующие показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)

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.36.В способность к выполнению исследований и оформлению их результатов применительно к системам радиоэлектроники и связи	з3. знать методы цифровой обработки сигналов в системах мобильной связи	Аналоговые фильтры-прототипы Взаимосвязь аналоговых, импульсных и дискретных сигналов (спектральные и энергетические соотношения) Задача синтеза цифрового фильтра, как задача аппроксимации Непараметрические методы ЦСА Параметрические методы ЦСА Погрешности реализации ЦФ Сигнальные процессоры - особенности архитектуры Синтез БИХ-фильтров методом аналого-цифровой трансформации Синтез КИХ-фильтров Цифровая обработка пространственно-временных сигналов Цифровая обработка речевых сигналов Цифровой спектральный анализ и его применение Частотные преобразования аналоговых и цифровых фильтров Эффекты квантования в ЦФ	РГЗ	Зачет
ПК.36.В	у3. уметь синтезировать средства цифровой обработки сигналов для систем мобильной связи	Синтез КИХ-фильтров Синтез КИХ-фильтров методом оконного взвешивания ИХ		Зачет

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета, который направлен на оценку сформированности компетенций ПК.36.В.

Зачет проводится в устной форме; студент выбирает случайным образом билет, содержащий два вопроса и задачу, после чего в течение 45 минут он готовится к ответу и решает задачу. Во время ответа на вопросы билета и при проверке решения задачи преподаватель может задавать дополнительные и наводящие вопросы, направленные на возможно более точную оценку глубины и полноты знаний студента.

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

В 7 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 компетенции ПК.23.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 не освоено или освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, 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 «Применение цифровой обработки сигналов», 7 семестр

1. Методика оценки

Зачёт проводится в устной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: первый вопрос выбирается из диапазона вопросов 1–15, второй вопрос из диапазона вопросов 16–30 (список вопросов приведен ниже). В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

Форма билета для зачета

Министерство образования
и науки РФ

Новосибирский
государственный
технический университет

По дисциплине
Факультет РЭФ

БИЛЕТ № 1

«Применение цифровой
обработки сигналов»
Курс IV

1. Синтез БИХ-фильтров методом билинейного преобразования.
2. Дискретное преобразование Гильберта
3. Цепь описывается системой уравнений

$$y[n] = y_1[n] + \frac{7}{4}y[n-1] - \frac{49}{32}y[n-2];$$

$$y_1[n] = x[n] + \frac{1}{2}y_1[n-1]$$

Найдите передаточную функцию цепи.

Составил профессор

___.__.20__ г.

Утверждаю: зав. кафедрой _____ должность, ФИО
(подпись)

(дата)

2. Критерии оценки

- Ответ на билет считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает принципиальные ошибки, оценка составляет 0–9 баллов. Баллы к рейтингу не добавляются; экзамен считается не сданным.

- Ответ на билет засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает непринципиальные ошибки, например, вычислительные, оценка составляет *10–13 баллов*.
- Ответ на 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, не допускает ошибок при решении задачи, оценка составляет *14–17 баллов*.
- Ответ на 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 и способен обосновать выбор метода решения задачи, оценка составляет *18–20 баллов*.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы, полученные на зачете, суммируются с баллами, полученными студентом в семестре и учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в таблице

Таблица

Характеристика работы студента	Диапазон баллов рейтинга	Оценка ECTS	Традиционная (4-уровневая) шкала оценки	
«Отлично» – работа высокого качества, уровень выполнения 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	98-100	A+	отлично	зачтено
	93-97	A		
	90-92	A-		
«Очень хорошо» – работа хорошая, уровень выполнения отвечает большинству требований, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения большинства из них оценено числом баллов, близким к максимальному	87-89	B+	хорошо	
	83-86	B		
	80-82	B-		
«Хорошо» – уровень выполнения работы отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью,	77-79	C+		

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	73-76	C		
	70-72	C-	удовлетворительно	
«Удовлетворительно» – уровень выполнения работы 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	67-69	D+	удовлетворительно	зачтено
	63-66	D		
	60-62	D-		
«Посредственно» – работа слабая, уровень выполнения не отвечает большинству требований, теоретическое содержание курса освоено частично, некоторые практические навыки работы не сформированы, многие предусмотренные программой обучения учебные задания не выполнены, либо качество выполнения некоторых из них оценено числом баллов, близким к минимальному	50-59	E		
«Неудовлетворительно» (с возможностью пересдачи) – теоретическое содержание курса освоено частично, необходимые практические навыки работы не сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено, либо качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному; при дополнительной самостоятельной работе над материалом курса возможно повышение качества выполнения учебных заданий	25-49	FX	неудовлетворительно	Не зачтено

«Неудовлетворительно» (без возможности передачи) – теоретическое содержание курса не освоено, необходимые практические навыки работы не сформированы, все выполненные учебные задания содержат грубые ошибки, дополнительная самостоятельная работа над материалом курса не приведет к какому-либо значимому повышению качества выполнения учебных заданий	0-24	F		
--	------	---	--	--

4. Вопросы к зачету по дисциплине «Применение цифровой обработки сигналов»

1. Взаимосвязь аналоговых, импульсных, дискретных и цифровых сигналов.
2. Погрешности дискретизации и восстановления.
3. Погрешности, связанные с конечной разрядностью цифровых устройств
4. Цифровой спектральный анализ и его применение, краткий обзор методов ЦСА
5. Синтез КИХ-фильтров. Метод взвешивания (метод функций окна)
6. Синтез КИХ-фильтров. Метод частотной выборки
7. Быстрое преобразование Фурье
8. Синтез КИХ-фильтров. Метод быстрой свертки
9. Аналого-цифровая трансформация.
10. Фильтры-прототипы и частотные преобразования
11. Синтез БИХ-фильтров методом инвариантности импульсной характеристики
12. Синтез БИХ-фильтров методом билинейного преобразования.
13. Периодограммный и коррелограммный методы ЦСА
14. Параметрические модели случайных процессов
15. Спектральное оценивание по методу авторегрессии
16. Архитектурные особенности сигнальных процессоров
17. Интерполяция и децимация дискретных сигналов
18. Дискретное преобразование Гильберта
19. Представление чисел в цифровых устройствах.
20. Эффекты квантования входных сигналов.
21. Эффекты квантования промежуточных результатов.
22. Эффекты квантования коэффициентов цифрового фильтра.
23. Предельные циклы
24. Модели речевых сигналов
25. Цифровая обработка речевых сигналов.
26. Аналого-цифровое преобразование.
27. Цифро-аналоговое преобразование
28. Архитектурные особенности сигнальных процессоров
29. Цифровая согласованная фильтрация
30. Перенос спектра дискретного сигнала

Паспорт расчетно-графического задания (работы)

по дисциплине «Применение цифровой обработки сигналов», 7 семестр

1. Методика оценки

В рамках расчетно-графического задания (работы) по дисциплине студенты должны рассчитать цифровой фильтр методом аналого-цифровой трансформации с исходными данными.

При выполнении расчетно-графического задания (работы) студенты должны рассчитать аналоговый фильтр-прототип и преобразовать его в цифровой фильтр методом билинейного преобразования, рассчитать его характеристики.

Обязательные структурные части РГЗ.

Расчёт фильтра-прототипа.

Преобразование фильтра-прототипа в цифровой фильтр.

Расчёт характеристик цифрового фильтра.

2. Критерии оценки

- Работа считается **не выполненной**, если выполнены не все части РГЗ(Р), оценка составляет 0 баллов.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если РГЗ(Р) выполнено формально, допущены грубые нарушения правил оформления, работа возвращалась студенту для исправления принципиальных ошибок, после их исправления при защите РГЗ студент отвечает на вопросы с большими затруднениями и неполно. Оценка составляет 10–13_ баллов.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если студентом были допущены незначительные нарушения правил оформления, в расчётах были допущены незначительные ошибки, впоследствии исправленные, при защите студент даёт в целом правильные, но неполные ответы на вопросы преподавателя. Оценка составляет 14–18 баллов.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если РГЗ(Р) выполнено своевременно, оформлено в соответствии с правилами, ошибки отсутствуют, на защите студент даёт на все вопросы полные и исчерпывающие ответы, свидетельствующие о полном понимании и самостоятельном выполнении работы. Оценка составляет 19–20 баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ(Р) учитываются в соответствии с таблицей

Характеристика работы студента	Диапазон баллов рейтинга	Оценка ECTS	Традиционная (4-уровневая) шкала оценки	
«Отлично» – работа высокого качества, уровень выполнения отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью,	98-100	A+	отлично	зачтено

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	93-97	A		
	90-92	A-		
«Очень хорошо» – работа хорошая, уровень выполнения отвечает большинству требований, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения большинства из них оценено числом баллов, близким к максимальному	87-89	B+	хорошо	
	83-86	B		
	80-82	B-		
«Хорошо» – уровень выполнения работы 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	77-79	C+	удовлетворительно	
	73-76	C		
	70-72	C-		
«Удовлетворительно» – уровень выполнения работы 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	67-69	D+	удовлетворительно	зачтено
	63-66	D		
	60-62	D-		

«Посредственно» – работа слабая, уровень выполнения не отвечает большинству требований, теоретическое содержание курса освоено частично, некоторые практические навыки работы не сформированы, многие предусмотренные программой обучения учебные задания не выполнены, либо качество выполнения некоторых из них оценено числом баллов, близким к минимальному	50-59	E		
«Неудовлетворительно» (с возможностью пересдачи) – теоретическое содержание курса освоено частично, необходимые практические навыки работы не сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено, либо качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному; при дополнительной самостоятельной работе над материалом курса возможно повышение качества выполнения учебных заданий	25-49	FX	неудовлетворительно	Не зачтено
«Неудовлетворительно» (без возможности пересдачи) – теоретическое содержание курса не освоено, необходимые практические навыки работы не сформированы, все выполненные учебные задания содержат грубые ошибки, дополнительная самостоятельная работа над материалом курса не приведет к какому-либо значимому повышению качества выполнения учебных заданий	0-24	F		

4. Примерный перечень тем РГЗ(Р)

Задание формируется с использованием варианта и подварианта, которые назначаются каждому студенту в начале семестра.

1. Рассчитать полосовой цифровой фильтр (ПФ) 3 порядка (для чётных подвариантов – фильтр Чебышёва, для нечётных – фильтр Баттерворта), предназначенный для фильтрации аналогового сигнала после его преобразования в цифровую форму.

Исходные данные:

- частота Ω_d дискретизации аналогового сигнала; нижняя Ω_H и верхняя Ω_G границы полосы частот, занимаемой аналоговым сигналом – табл. 4;
- преобразование ФНЧ в полосовой фильтр провести для аналогового фильтра-прототипа;
- аналого-цифровую трансформацию ПФ провести методом билинейного преобразования ;
- параметр \mathcal{E} для фильтра Чебышёва принять равным 0.4.

2. Построить структурную схему ЦФ в произвольной форме, при этом коэффициенты фильтра не

должны быть комплексными. Записать разностное уравнение ЦФ.

2. Рассчитать и построить графики АЧХ, ФЧХ и импульсной характеристики цифрового фильтра.

Таблица 4

Вариант	Частота Ω_H	Частота Ω_G	Частота дискретизации Ω_d
1	3000	6000	30000
2	3500	7000	24000
3	5000	9000	35000
4	14000	26000	70000
5	6000	10000	38000
6	3000	6000	18000
7	3000	6000	37000
8	3000	6000	23000
9	13000	26000	80000
10	20000	48000	200000
11	7500	16000	50000
12	6300	11500	35000
13	3200	7100	18000
14	4600	8100	22000
15	4000	7500	32000
16	4000	8500	35000