Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 07.10.2023 13:16:52
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета машиностроения
_____/ Е.В.Сафонов/
«_15_» _____ 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Цифровая обработка сигналов»

Направление подготовки
27.03.04 «Управление в технических системах»

Образовательная программа (профиль подготовки)
«Электронные системы управления»

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Москва 2022 г.

Программа дисциплины «Цифровая обработка сигналов» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению **27.03.04 «Управление в технических системах»** по профилю подготовки **«Электронные системы управления»**

Программу составил: _____ В.В. Чернокозов – к.т.н., доцент

Программа дисциплины «Цифровая обработка сигналов» **27.03.04 «Управление в технических системах»** по профилю подготовки **«Электронные системы управления»** утверждена на заседании кафедры «Автоматика и управление»

Заведующий кафедрой _____ А.В. Кузнецов

Программа согласована с руководителем образовательной программы по направлению подготовки **27.03.04 «Управление в технических системах»** по профилю подготовки **«Электронные системы управления».**

_____ /А.В. Кузнецов/

Программа утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета машиностроения.

Председатель комиссии _____ / А.Васильев /

«13» 09 2022 г. Протокол: № 14-22

Присвоен регистрационный номер:	**27.03.04.01/01.2022.33**

1. Цели освоения дисциплины.

К **основным целям** освоения дисциплины «Цифровая обработка сигналов» следует отнести:

- формирование у студентов теоретических знаний современных методов цифровой обработки и практических навыков проектирования цифровых фильтров с последующей реализацией их на специализированных процессорах или универсальных ЦВМ.

К **основным задачам** освоения дисциплины «Цифровая обработка сигналов» следует отнести:

– освоение методологии, анализа и синтеза цифровых фильтров для их эффективного использования в технических системах управления.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата.

Дисциплина «Цифровая обработка сигналов» относится к обязательной части основной образовательной программы бакалавриата.

«Цифровая обработка сигналов» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

В обязательной части:

- высшая математика;

-теория автоматического управления.

В вариативной части:

–микропроцессорные системы управления.

В элективных дисциплинах:

-программное обеспечение систем управления.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины (модуля) у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения как этап формирования соответствующих компетенций:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-7	Способен производить необходимые расчеты отдельных блоков и устройств систем контроля, автоматизации и управления, выбирать стандартные средства автоматики, измерительной и вычислительной техники при проектировании систем	**знать:** - основные закономерности используемые при обработке сигналов; - теоретические основы метрологии и стандартизации, принципы действия средств измерений, методы измерений различных физических величин; **уметь:** - применять основные закономерности

	автоматизации и управления.	обработки сигналов для решения практических задач; - использовать технические средства для измерения различных физических величин; **владеть:** - навыками практического применения теории цифровой обработки сигналов.

4. Структура и содержание дисциплины.

Общая трудоемкость дисциплины составляет **4** зачетных единицы, т.е. **144** академических часов (из них 72 часа – самостоятельная работа студентов).

Разделы дисциплины «Цифровая обработка сигналов» изучаются на четвертом курсе.

Восьмой семестр: лекции – 1 час в неделю (18 часов), лабораторные работы – 2 часа в неделю (36 часов), семинарские занятия – 1час в неделю (18 часов), форма контроля – экзамен.

Структура и содержание дисциплины «Цифровая обработка сигналов» по срокам и видам работы отражены в Приложении 1.

Структура и содержание разделов дисциплины.

Восьмой семестр

Тематика лекционных занятий

Введение

Основные понятия: информация, сообщение, сигнал. Математическая модель аналогового сигнала. Классификация сигналов. Энергетические характеристики сигналов. Представление детерминированного сигнала с помощью простейших функций. Представление детерминированного сигнала с помощью ортогональных функций. Дискретизация аналоговых сигналов. Дискретные и цифровые последовательности. Обработка сигналов

Гармонический анализ сигналов.

Базисная система сигналов. Тригонометрический ряд Фурье.

Комплексный (экспоненциальный) ряд Фурье. Спектры простейших периодических сигналов. Практическая ширина спектра. Преобразование Фурье.

Спектральные характеристики простейших непериодических сигналов.

Основные свойства преобразования Фурье.

Аналоговые фильтры.

Задача фильтрации. Базисные фильтры и их идеальные частотные характеристики. Задача аппроксимации. Типовые ФНЧ. Фильтры Баттерворта.

Фильтры Чебышева первого рода. Денормирование и трансформация фильтров.

Примеры расчета фильтров.

Дискретные модели сигналов.

Типовые дискретные последовательности .

Описание и преобразование дискретных последовательностей.

Представление дискретной последовательности в виде дискретной функции времени. Дискретное преобразование Лапласа. Z – преобразование.

Свойства прямого Z-преобразования. Обратное Z-преобразование. Преобразование Фурье дискретного сигнала. Дискретное преобразование Фурье (ДПФ). Свойства дискретного преобразования Фурье.

Восстановление сигнала по его отсчетам.

Линейные дискретные системы.

Понятие дискретной системы. Передаточная функция дискретной системы.

Импульсная характеристика дискретной системы. Уравнение свертки. Частотная передаточная функция дискретной системы. Амплитудная и фазовая частотные характеристики. Структурные схемы дискретной системы

. Устойчивость дискретных систем. Дискретное интегрирование . Дискретное дифференцирование.

Принципы построения и классификация цифровых фильтров.

Функциональная схема цифрового фильтра. Достоинства и недостатки цифровых фильтров. Классификация цифровых фильтров . Реализация цифровых фильтров.

Рекурсивные цифровые фильтры.

Рекурсивные цифровые фильтры первого порядка.

Рекурсивные цифровые фильтры второго порядка.

Реализация рекурсивных цифровых фильтров .

Расчет рекурсивных цифровых фильтров по аналоговому прототипу.

Примеры расчета цифровых фильтров по аналоговому прототипу .

Прямые методы расчета рекурсивных цифровых фильтров .

Нерекурсивные цифровые фильтры.

Нерекурсивные цифровые фильтры первого порядка.

Нерекурсивные цифровые фильтры 2-го порядка.

Особенности нерекурсивных цифровых фильтров.

Нерекурсивные цифровые фильтры с линейной ФЧХ.

Расчет нерекурсивных цифровых фильтров при помощи метода

взвешивания. Расчет нерекурсивных цифровых фильтров методом разложения АЧХ в ряд Фурье. Реализация нерекурсивных цифровых фильтров

Тематика лабораторных работ

1. Лабораторная работа №1.Сигналы и их преобразование при цифровой обработке.
2. Лабораторная работа №2. Синтез цифровых фильтров в системе MATLAB.
3. Лабораторная работа №3. Быстрое преобразование Фурье.
4. Лабораторная работа №4. Синтез КИХ- фильтров методом окон.

5. Лабораторная работа №5. Синтез КИХ- фильтров методом наилучшей равномерной(чебышевской) аппроксимации.
6. Лабораторная работа №6. Проектирование цифровых КИХ- фильтров средствами GUIFDATool.
7. Лабораторная работа №7. Синтез БИХ- фильтров методом инвариантности импульсной характеристики.
8. Лабораторная работа №8. Синтез БИХ- фильтров методом билинейного Z- преобразования.
9. Лабораторная работа №9. Проектирование цифровых БИХ- фильтров средствами GUI FDATool.

Тематика практических занятий

1. Общие принципы моделирования цифровой обработки сигналов в системе MATLAB.
2. Элементы программирования при моделировании цифровой обработки сигналов в системе MATLAB.
3. Построение графиков при моделировании цифровой обработки сигналов в системе MATLAB.
4. Генерация сигналов в системе MATLAB.
5. Представление линейных систем в MATLAB.

Тематика вопросов для самостоятельного изучения

Тематика вопросов для самостоятельного изучения охватывает проработку тем лекционного курса и тематики лабораторных работ и практических занятий, включая подготовку к контрольному опросу лекционного материала и защиту лабораторных работ.

5. Образовательные технологии.

Методика преподавания дисциплины «Цифровая обработка сигналов» и реализация компетентностного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся:

– подготовка к выполнению лабораторных работ в лабораториях вуза;

– подготовка к практическим занятиям;

– обсуждение и защита рефератов по дисциплине;

– организация и проведение текущего контроля знаний студентов в форме бланкового тестирования;

– проведение интерактивных занятий по процедуре подготовки к интернет-тестированию на сайтах: *i-exam.ru, fepo.ru;*

– использование интерактивных форм текущего контроля в форме аудиторного и внеаудиторного интернет-тестирования;

– проведение мастер-классов экспертов и специалистов по методам и средствам измерений, испытаний и контроля.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определен главной целью образовательной программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием дисциплины «Цифровая обработка сигналов» и в целом по дисциплине составляет 50% аудиторных занятий. Занятия лекционного типа составляют 50% от объема аудиторных занятий.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

В восьмом семестре

- реферат по теме: «Анализ и синтез аналоговых и цифровых фильтров (конкретного фильтра)» (индивидуально для каждого обучающегося);
- подготовка к выполнению лабораторных работ и их защита.
- подготовка и выступление с презентацией и обсуждением на тему реферата «Анализ и синтез аналоговых и цифровых фильтров (конкретного фильтра)» (индивидуально для каждого обучающегося)

Оценочные средства текущего контроля успеваемости включают контрольные вопросы и задания в форме бланкового и (или) компьютерного тестирования, для контроля освоения обучающимися разделов дисциплины, защита рефератов.

Образцы тестовых заданий, контрольных вопросов и заданий для проведения текущего контроля, экзаменационных билетов, приведены в приложении 2.

6.1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю).

6.1.1. Паспорт фонда оценочных средств.

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины «Цифровая обработка сигналов»	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
	Раздел «Введение»		
1	Основные понятия: информация, сообщение, сигнал. Математическая модель аналогового сигнала. Классификация сигналов. Энергетические характеристики сигналов. Представление детерминированного сигнала с помощью простейших функций. Представление детерминированного сигнала с помощью ортогональных функций. Дискретизация аналоговых	ОПК-7	Контрольные вопросы,тесты

	сигналов. Дискретные и цифровые последовательности. Обработка сигналов		
	Раздел «Гармонический анализ сигналов»		
2	Базисная система сигналов. Тригонометрический ряд Фурье. Комплексный (экспоненциальный) ряд Фурье. Спектры простейших периодических сигналов. Практическая ширина спектра. Преобразование Фурье. Спектральные характеристики простейших непериодических сигналов. Основные свойства преобразования Фурье.	ОПК-7	Контрольные вопросы, тесты
	Раздел «Аналоговые фильтры»		
3	Задача фильтрации. Базисные фильтры и их идеальные частотные характеристики. Задача аппроксимации. Типовые ФНЧ. Фильтры Баттерворта. Фильтры Чебышева первого рода. Денормирование и трансформация фильтров. Примеры расчета фильтров.	ОПК-7	Контрольные вопросы, тесты
	Раздел «Дискретные модели сигналов»		
4	Типовые дискретные последовательности . Описание и преобразование дискретных последовательностей. Представление дискретной последовательности в виде дискретной функции времени. Дискретное преобразование Лапласа. Z – преобразование. Свойства прямого Z-преобразования. Обратное Z-преобразование. Преобразование Фурье дискретного сигнала. Дискретное преобразование Фурье (ДПФ). Свойства дискретного преобразования Фурье. Восстановление сигнала по его отсчетам.	ОПК-7	Защита лабораторных работ. Контрольные вопросы.
	Раздел «Линейные дискретные сигналы»		

5	Понятие дискретной системы. Передаточная функция дискретной системы. Импульсная характеристика дискретной системы. Уравнение свертки. Частотная передаточная функция дискретной системы. Амплитудная и фазовая частотные характеристики. Структурные схемы дискретной системы. Устойчивость дискретных систем. Дискретное интегрирование . Дискретное дифференцирование.	ОПК-7	Защита лабораторных работ. Контрольные вопросы.
	Раздел «Принципы построения и классификация цифровых фильтров»		
6	Функциональная схема цифрового фильтра. Достоинства и недостатки цифровых фильтров. Классификация цифровых фильтров . Реализация цифровых фильтров.	ОПК-7	Защита лабораторных работ. Контрольные вопросы.
	Раздел «Рекурсивные цифровые фильтры»		
7	Рекурсивные цифровые фильтры первого порядка. Рекурсивные цифровые фильтры второго порядка. Реализация рекурсивных цифровых фильтров . Расчет рекурсивных цифровых фильтров по аналоговому прототипу. Примеры расчета цифровых фильтров по аналоговому прототипу . Прямые методы расчета рекурсивных цифровых фильтров .	ОПК-7	Защита лабораторных работ. Контрольные вопросы.
	Раздел «Нерекурсивные цифровые фильтры»		
8	Нерекурсивные цифровые фильтры первого порядка. Нерекурсивные цифровые фильтры 2-го порядка. Особенности нерекурсивных цифровых фильтров. Нерекурсивные цифровые фильтры с линейной ФЧХ. Расчет нерекурсивных цифровых фильтров при помощи метода взвешивания. Расчет нерекурсивных цифровых фильтров методом	ОПК-7	Защита лабораторных работ. Контрольные вопросы.

	разложения АЧХ в ряд Фурье. Реализация нерекурсивных цифровых фильтров		

6.1.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины (модуля), описание шкал оценивания.

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

ОПК-7 Способен производить необходимые расчеты отдельных блоков и устройств систем контроля, автоматизациии управления, выбирать стандартные средства автоматики, измерительной и вычислительной техники при проектировании систем автоматизации и управления.				
знать: - основные закономерности используемые при обработке сигналов; - теоретические основы метрологии и стандартизации, принципы действия средств измерений, методы измерений различных физических величин;	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: основных закономерностей обработки сигналов, теоретических и практических основ метрологии и стандартизации.	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: основных закономерностей обработки сигналов, теоретических и практических основ метрологии и стандартизации.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: основных закономерностей обработки сигналов, теоретических и практических основ метрологии и стандартизации.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: основных закономерностей обработки сигналов, теоретических и практических основ метрологии и стандартизации.
уметь: - применять основные закономерности обработки сигналов для	- Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет применять основные закономерности обработки сигналов	- Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: применять основные закономерности обработки сигналов для решения практических	- Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: применять основные закономерности обработки сигналов	- Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: применять

решения практических задач; - использовать технические средства для измерения различных физических величин;	для решения практических задач; - использовать технические средства для измерения различных физических величин.	задач; - использовать технические средства для измерения различных физических величин.	для решения практических задач; - использовать технические средства для измерения различных физических величин.	основные закономерности обработки сигналов для решения практических задач; - использовать технические средства для измерения различных физических величин.
владеть: - навыками практического применения теории цифровой обработки сигналов.	- Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет навыками практического применения теории цифровой обработки сигналов.	- Обучающийся владеет навыками практического применения теории цифровой обработки сигналов, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	Обучающийся частично владеет навыками практического применения теории цифровой обработки сигналов, навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации. -	Обучающийся в полном объеме владеет навыками практического применения теории цифровой обработки сигналов, свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.

Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание:

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по

дисциплине (модулю), методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Цифровая обработка сигналов» (прошли промежуточный контроль и выполнили лабораторные работы,).

Шкала оценивания	Описание
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности, не испытывает затруднений при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Хорошо	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует частичное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Удовлетворительно	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.
Неудовлетворительно	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент не может оперировать знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Фонды оценочных средств представлены в Приложении 2 к рабочей программе.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

а) основная литература:

1.Анализ и обработка сигналов в среде MATLAB: учебное пособие

Щетинин Ю. И. НГТУ 2011 г. 115 страниц. http://www.knigafund.ru/

2. Вадутов О.С. Математические основы обработки сигналов: учебное пособие / О.С. Вадутов; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томскогополитехнического университета. 2011.-212с. https://portal.tpu.ru/SHARED/v/VOS/study/disc1/Tab3/m259.pdf

б) дополнительная литература:

1. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для вузов. - М.: Высшая школа, 2000. - 462 с.

2. Солонина А.И. и др. Основы цифровой обработки сигналов: Учебное пособие для вузов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 768 с.

3. Давыдов А.В. Сигналы и линейные системы. Тематические лекции: Учебное посо-бие в электронной форме. – Екатеринбург, УГГУ, ИГиГ, каф. ГИН. – http://www.prodav.narod.ru/signals/index.html.

в) программное обеспечение и интернет-ресурсы:

Интернет-ресурсы включают учебно-методические материалы в электронном виде, представленные на сайте http://lib.mami.ru/ebooks/ в разделе «Библиотека».

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

Две специализированные учебные лаборатории кафедры «Автоматика и управление» Ауд. АВ2507, АВ2618 оснащенные программным обеспечением – система MATLAB.

9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов направлена на решение следующих задач:

Самостоятельная работа является одним из видов учебных занятий. Цель самостоятельной работы – практическое усвоение студентами вопросов цифровой обработки сигналов, рассматриваемых в процессе изучения дисциплины.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Задачи самостоятельной работы студента:

- развитие навыков самостоятельной учебной работы;
- освоение содержания дисциплины;
- углубление содержания и осознание основных понятий дисциплины;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий для эффективной подготовки к зачету.

Виды внеаудиторной самостоятельной работы:

- самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины;
- подготовка к лекционным занятиям;

- оформление отчетов по выполненным лабораторным работам и подготовка к их защите;

Для выполнения любого вида самостоятельной работы необходимо пройти следующие этапы:

- определение цели самостоятельной работы;
- конкретизация познавательной задачи;
- самооценка готовности к самостоятельной работе;
- выбор адекватного способа действия, ведущего к решению задачи;
- планирование работы (самостоятельной или с помощью преподавателя) над заданием;
- осуществление в процессе выполнения самостоятельной работы самоконтроля (промежуточного и конечного) результатов работы и корректировка выполнения работы;
- рефлексия;
- презентация работы.

10.Методические рекомендации для преподавателя

На первом занятии по дисциплине необходимо ознакомить студентов с порядком ее изучения (темами курса, формами занятий, текущего и промежуточного контроля), раскрыть место и роль дисциплины в системе наук, ее практическое значение, довести до студентов требования к форме отчетности и применения видов контроля.

Целесообразно в ходе защиты лабораторных работ задавать выступающим и аудитории дополнительные и уточняющие вопросы с целью выяснения их позиций по существу обсуждаемых проблем.

Следует предоставить возможность выступления с места в виде кратких сообщений по подготовленному заранее вопросу.

Выдать задания для самостоятельной работы по подготовке к следующему занятию.

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки бакалавров **27.03.04 «Управление в технических системах»** по профилю подготовки **«Электронные системы управления»**

ПРИЛОЖЕНИЯ к рабочей программе

1. Структура и содержание дисциплины
2. Фонд оценочных средств

Приложение 1.

Структура и содержание дисциплины «Цифровая обработка сигналов» по направлению подготовки 27.03.04 «Управление в технических системах»

по профилю подготовки «**Электронные системы управления»**

(бакалавр)

n/n	Раздел	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость в часах					Виды самостоятельной работы студентов					Формы аттестации	
				Л	П/С	Лаб	СРС	КСР	К.Р.	К.П.	РГР	Реферат	К/р	Э	З
	Седьмой семестр														
1.1	**Введение.** Основные понятия: информация, сообщение, сигнал. Математическая модель аналогового сигнала. Классификация сигналов. Энергетические характеристики сигналов. Представление детерминированного сигнала с помощью простейших функций. Представление детерминированного сигнала с помощью ортогональных функций. Дискретизация аналоговых сигналов. Дискретные и цифровые последовательности. Обработка сигналов	**8**	1-2	**2**			**3**									
1.2	**Гармонический анализ** сигналов. Базисная система сигналов.	**8**	**3-4**	**2**			**3**									

	Тригонометрический ряд Фурье. Комплексный (экспоненциальный) ряд Фурье. Спектры простейших периодических сигналов. Практическая ширина спектра. Преобразование Фурье. Спектральные характеристики простейших непериодических сигналов. Основные свойства преобразования Фурье.														
1.3	**Аналоговые фильтры.** Задача фильтрации. Базисные фильтры и их идеальные частотные характеристики. Задача аппроксимации. Типовые ФНЧ. Фильтры Баттерворта. Фильтры Чебышева первого рода. Денормирование и трансформация фильтров. Примеры расчета фильтров.	**8**	**5-6**	**2**			**3**								
1.4	**Дискретные модели сигналов.** Типовые дискретные последовательности . Описание и преобразование дискретных последовательностей. Представление дискретной	**8**	**7-8**	**2**			**3**								

	последовательности в виде дискретной функции времени. Дискретное преобразование Лапласа. Z – преобразование. Свойства прямого Z-преобразования.Обратное Z-преобразование. Преобразование Фурье дискретного сигнала. Дискретное преобразование Фурье (ДПФ). Свойства дискретного преобразования Фурье. Восстановление сигнала по его отсчетам.											+			
1.5	**Линейные дискретные системы.** Понятие дискретной системы. Передаточная функция дискретной системы. Импульсная характеристика дискретной системы. Уравнение свертки. Частотная передаточная функция дискретной системы. Амплитудная и фазовая частотные характеристики. Структурные схемы дискретной системы. Устойчивость дискретных систем. Дискретное интегрирование . Дискретное дифференцирование.	**8**	**9-10**	**2**			3					**+**			
1.6	**Принципы построения и классификация цифровых фильтров.** Функциональная схема цифрового фильтра. Достоинства и	**8**	**11-12**	**2**			**3**					**+**			

	недостатки цифровых фильтров. Классификация цифровых фильтров . Реализация цифровых фильтров.														
1.7	**Рекурсивные цифровые фильтры**. Рекурсивные цифровые фильтры первого порядка. Рекурсивные цифровые фильтры второго порядка. Реализация рекурсивных цифровых фильтров . Расчет рекурсивных цифровых фильтров по аналоговому прототипу. Примеры расчета цифровых фильтров по аналоговому прототипу . Прямые методы расчета рекурсивных цифровых фильтров .	**8**	**13-15**	**3**			3					**+**			
1.8	**Нерекурсивные цифровые фильтры**. Нерекурсивные цифровые фильтры первого порядка. Нерекурсивные цифровые фильтры 2-го порядка. Особенности нерекурсивных цифровых фильтров. Нерекурсивные цифровые фильтры с линейной ФЧХ.	**8**	**16-18**	**3**			**3**					**+**			

	Расчет нерекурсивных цифровых фильтров при помощи метода взвешивания. Расчет нерекурсивных цифровых фильтров методом разложения АЧХ в ряд Фурье. Реализация нерекурсивных цифровых фильтров														
1.9	Лабораторная работа №1.Сигналы и их преобразование при цифровой обработке.	8	1-2			4	3								
1.10	Лабораторная работа №2. Синтез цифровых фильтров в системе MATLAB.	8	3-4			4	3								
1.11	Лабораторная работа №3. Быстрое преобразование Фурье.	8	5-6			4	3					+			
1.12	Лабораторная работа №4. Синтез КИХ- фильтров методом окон.	8	7-8			4	3					+			
1.13	Лабораторная работа №5. Синтез КИХ- фильтров методом наилучшей равномерной(чебышевской) аппроксимации.	8	9-10			4	3					+			
1.14	Лабораторная работа №6. Проектирование цифровых КИХ-фильтров средствами GUIFDATool.	8	11-12			4	3					+			
1.15	Лабораторная работа №7. Синтез БИХ- фильтров методом инвариантности импульсной характеристики.	8	13-14			4	3					+			
1.16	Лабораторная работа №8. Синтез БИХ- фильтров методом билинейного Z- преобразования.	8	15-16			4	3								

1.17	Лабораторная работа №9. Проектирование цифровых БИХ-фильтров средствами GUI FDATool.	**8**	**17-18**			**4**	**4**								
1.18	Практическое занятие №1. Общие принципы моделирования цифровой обработки сигналов в системе MATLAB.	**8**	**1-3**		**3**		**4**								
1.19	Практическое занятие №2.Элементы программирования при моделировании цифровой обработки сигналов в системе MATLAB.	**8**	**4-6**		**3**		**4**								
1.20	Практическое занятие №3.Построение графиков при моделировании цифровой обработки сигналов в системе MATLAB.	**8**	**7-10**		**4**		**4**								
1.21	Практическое занятие №4.Генерация сигналов в системе MATLAB.	**8**	**11-14**		**4**		**4**								
1.22	Практическое занятие №5. Представление линейных систем в MATLAB.	**8**	**15-18**		**4**		**4**								
	Форма аттестации													**Э**	
	Всего часов по дисциплине в шестом семестре			18	18	36	72					Один реферат			

Приложение 2
к рабочей программе

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Московский политехнический университет»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Направление подготовки: 27.03.04 «Управление в технических системах»

ОП (профиль): «Электронные системы управления»
Форма обучения: очная

Вид профессиональной деятельности:

производственно-технологическая, организационно-управленческая

Кафедра: «Автоматика и управление»

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Цифровая обработка сигналов

Состав: 1. Паспорт фонда оценочных средств

2. Описание оценочных средств:

Перечень вопросов для зачета
Варианты тестовых заданий

Составитель:

Чернокозов В.В.

Москва, 2021 год

Таблица 1

ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

Цифровая обработка сигналов					
ФГОС ВО **27.03.04 «Управление в технических системах»**					
В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие **компетенции**:					
КОМПЕТЕНЦИИ		**Перечень компонентов**	**Технология формирования компетенций**	**Форма оценочного средства****	**Степени уровней освоения компетенций**
ИН-ДЕКС	**ФОРМУЛИРОВ-КА**				
ОПК-7	Способен производить необходимые расчеты отдельных блоков и устройств систем контроля, автоматизации и управления, выбирать стандартные средства автоматики, измерительной и вычислительной техники при проектировании систем автоматизации и управления.	**знать:** современные технологии и технические средства цифровой обработки сигналов; **уметь:** применять современные технологии и технические средства для анализа и синтеза систем цифровой обработки сигналов; **владеть:** навыками практического применения современных технологий и технических средств цифровой обработки сигналов для реализации цифровых систем.	лекция, самостоятельная работа, лабораторные работы	Т, ЭБ	**Базовый уровень** - воспроизводство полученных знаний в ходе текущего контроля; умение решать типовые задачи, принимать профессиональные решения по известным алгоритмам, правилам и методикам **Повышенный уровень** - практическое применение полученных знаний в процессе изучения дисциплины; готовность решать практические задачи повышенной сложности, нетиповые задачи, принимать профессиональные решения в условиях неполной определенности, при недостаточном документальном, нормативном и методическом обеспечении

**- Сокращения форм оценочных средств см. в приложении 1 к РП.

2. Перечень оценочных средств по дисциплине

«Цифровая обработка сигналов»

№ ОС	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1	Экзаменационные билеты (ЭБ)	Средство проверки знаний, умений, навыков. Может включать комплекс теоретических вопросов, задач, практических заданий.	Экзаменационные билеты.
2	Тест (Т)	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Фонд тестовых заданий

Вариант экзаменационного билета

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет информатики и систем управления, кафедра «Автоматика и управление»
Дисциплина «Цифровая обработка сигналов»
Образовательная программа 27.03.04, Управление в технических системах
ОП Электронные системы управления
Курс 3, семестр 6

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №1

1. Характеристики линейной стационарной системы.
2. Прохождение сигналов через линейную стационарную систему.
3. Нахождение выходного сигнала с помощью.
   импульсной характеристики h(t).

Утверждено на заседании кафедры «__» _____ 202_ г., протокол №_.

Зав. кафедрой _____ /_____/

Вопросы к экзамену

1. Классификация сигналов.
2. Спектральное представление сигналов.
3. Непериодические сигналы.
4. Периодические сигналы.
5. Корреляционный анализ.
6. Классификация аналоговых систем.
7. Характеристики линейной стационарной системы.
8. Прохождение сигналов через линейную стационарную систему.
9. Нахождение выходного сигнала с помощью.
   импульсной характеристики h(t).
10. Нахождение выходного сигнала с помощью
    частотной характеристики K(jm).
11. Дискретизация аналогового сигнала.
    Теорема Котельникова.
12. Дискретизация периодических сигналов.
    Дискретное преобразование Фурье.

13. Дискретная свертка сигналов.
14. Z-преобразование дискретных сигналов.
15. Корреляционный анализ дискретных сигналов.
16. Цифровая фильтрация сигналов.
17. Реализация цифровых фильтров.
Нерекурсивные фильтры.
18. Реализация цифровых фильтров.
Рекурсивные фильтры.
19. Сравнение цифровых и аналоговых фильтров.
20. Проектирование полосовых и режекторных фильтров с использованием ФНЧ и ФВЧ.
21. Аппаратная реализация БИХ-фильтра второго порядка форма 1 и 2.
22. Сравнение КИХ и БИХ фильтров.

1.Фонд тестовых заданий

1. На входе цифрового фильтра рисунка 1 действует сигнал

$$x_n = \begin{cases} X \sin(\omega n T_д) & \text{при} \quad n \geq 0, \\ 0 \quad \text{при} \quad n < 0. \end{cases}$$

где $\omega T_д = \pi / 2$, $X = 0.2$.

Амплитуда выходного сигнала фильтра в установившемся режиме равна ...

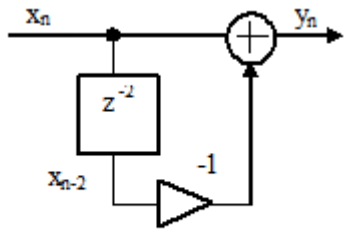
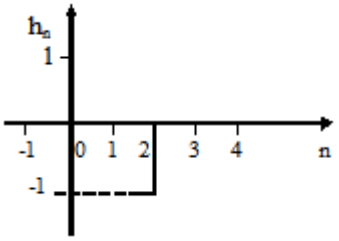


Рисунок 1

c) 0.4

2. На рисунке приведена импульсная характеристика цифрового фильтра. Коэффициент передачи фильтра на частоте, равной четверти частоты дискретизации, равен .....



e) 2

3. Фазовый сдвиг, вносимый цифровым фильтром рисунка 1, на частоте, равной четверти частоты дискретизации, равен ...

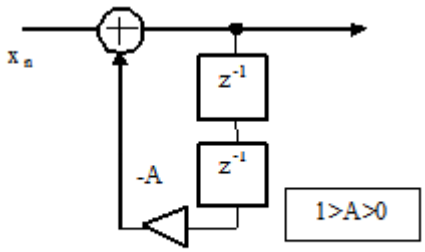


Рисунок 1

c) 0

4. Фазовый сдвиг, вносимый линией задержки рисунка 1, на частоте, равной четверти частоты дискретизации, равен ...

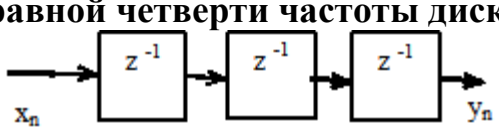


Рисунок 1

e) $\pi/2$

5. Коэффициент передачи (модуль комплексного коэффициента передачи) цифрового фильтра рисунка 1 на частоте, равной четверти частоты дискретизации, равен ...

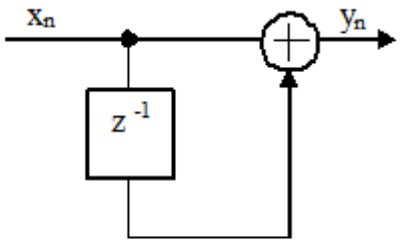


Рисунок 1

e) $\sqrt{2}$

6. Фазовый сдвиг, вносимый цифровым фильтром рисунка 1, на частоте, равной четверти частоты дискретизации, равен ...

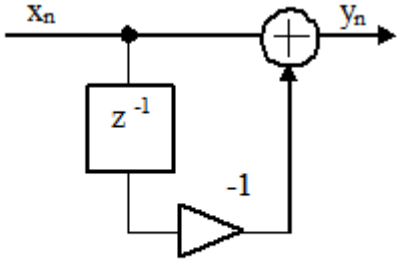


Рисунок 1

a) $\pi/4$

7. Фазовый сдвиг, вносимый линией задержки рисунка 1, на частоте, равной четверти частоты дискретизации, равен ...

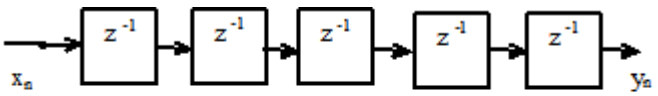


Рисунок 1

a) $-\pi/2$

8. На входе цифровой линии задержки рисунка 1 действует синусоидальный сигнал x_n с амплитудой, равной единице. Амплитуда выходного сигнала y_n в установившемся режиме равна

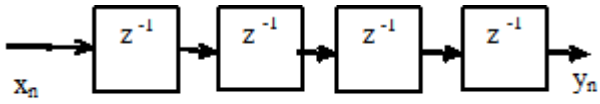


Рисунок 1

d) 1

9. Коэффициент передачи цифрового фильтра рисунка 1 на частоте, равной четверти частоты дискретизации, равен ...

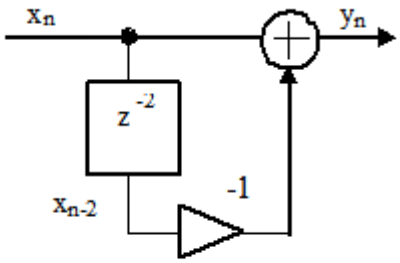


Рисунок 1

e) 2

10. Коэффициент передачи (модуль комплексного коэффициента передачи) цифрового фильтра рисунка 1 на частоте, равной четверти частоты дискретизации, равен ...

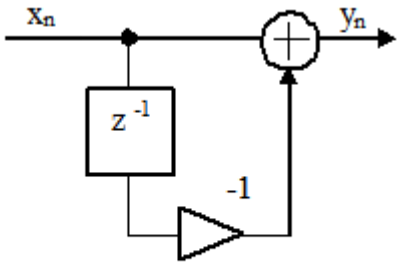


Рисунок 1

c) $\sqrt{2}$

11. Системная функция цифрового фильтра определяется соотношением $H(z) = 1 - 2z^{-1} + z^{-2}$.

Фазовый сдвиг, вносимый этим фильтром, на частоте, равной четверти частоты дискретизации, равен ...

a) $\pi/2$

12. На рисунке 1 показан спектр сигнала на входе дискретизатора. Частота дискретизации равна 16 кГц.

Спектр сигнала на выходе дискретизатора в интервале частот от нуля до половины частоты дискретизации приведен на рисунке ...

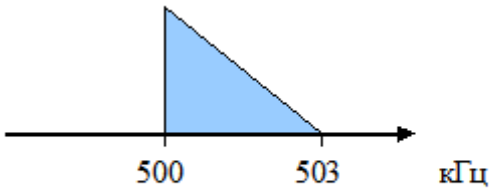


Рисунок 1



a) Рисунок 2а

13. Системная функция цифрового фильтра описывается соотношением $H(z) = \frac{1-A}{1+Az^{-2}}$, **где 1>A>0.**

Коэффициент передачи фильтра на частоте, равной четверти частоты дискретизации, равен ...

e) 1

14. На входе фильтра рисунка 1 действует сигнал $x_n = X\sin(2\pi f n T_д)$,

где f = 10 МГц, X=0.1, $T_Д$ – интервал дискретизации. Частота дискретизации $F_Д$=40МГц.

Амплитуда выходного сигнала в установившемся режиме при A = 0.9 равна ...

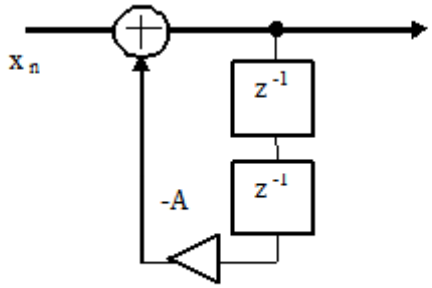
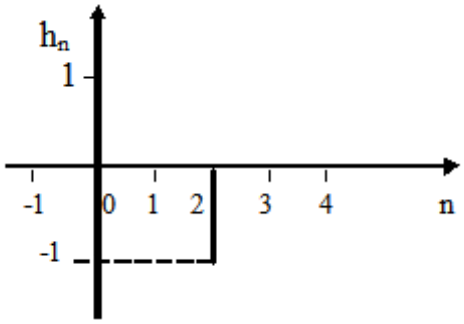


Рисунок 1

c) 1

15. На рисунке приведена импульсная характеристика цифрового фильтра. Коэффициент передачи фильтра на частоте, равной одной восьмой частоты дискретизации, равен ...



a) $\sqrt{2}$

16. Системная функция цифрового фильтра описывается соотношением

$H(z) = \frac{1}{1 + A z^{-2}}$, **где 1>A>0.**

Фазовый сдвиг, вносимый цифровым фильтром, на частоте, равной четверти частоты дискретизации, равен ...

a) 0

17. Коэффициент передачи цифрового фильтра рисунка 1 для постоянной составляющей входного сигнала при A = -0.9 равен ...

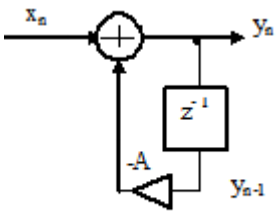


Рисунок 1

c) 10

18. Коэффициент передачи фильтра рисунка 1 на частоте 1 МГц при частоте дискретизации 8 МГц равен ...

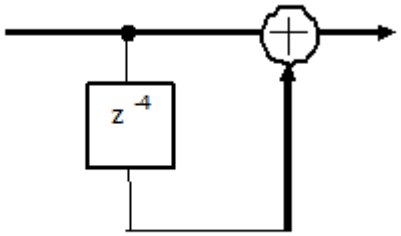


Рисунок 1

a) 0

19. Фазовый сдвиг, вносимый цифровым фильтром рисунка 1, на частоте, равной четверти частоты дискретизации, равен ...

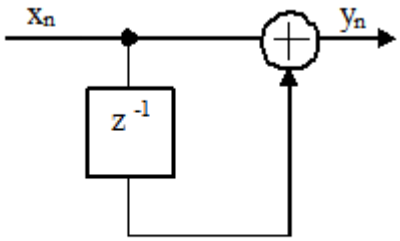


Рисунок 1

e) $-\pi/4$

20. Фазовый сдвиг, вносимый цифровым фильтром рисунка 1 на частоте 2 МГц при частоте дискретизации 8 МГц, равен ...

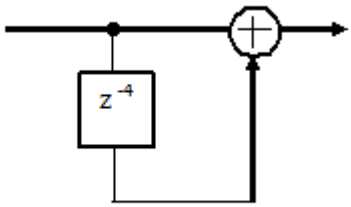


Рисунок 1

a) 0

21. Коэффициент передачи цифрового фильтра рисунка 1 для постоянной составляющей входного сигнала равен ....

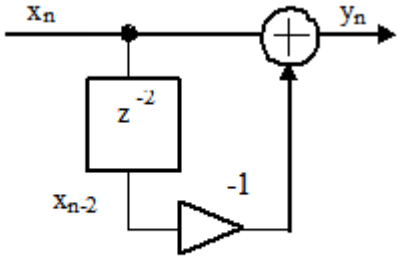


Рисунок 1

a) 0

22. Коэффициент передачи цифрового фильтра рисунка 1 на частоте, равной четверти частоты дискретизации, равен ...

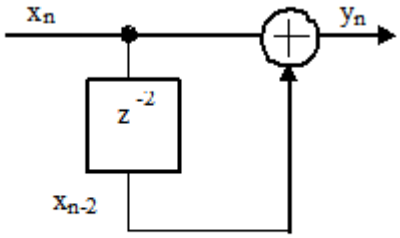


Рисунок 1

a) 0

23. Фазовый сдвиг, вносимый линией задержки рисунка 1, на частоте, равной четверти частоты дискретизации, равен ...

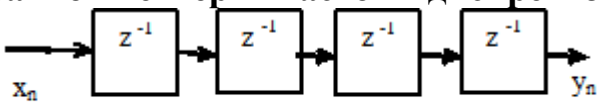


Рисунок 1

c) 0

24. Коэффициент передачи цифрового фильтра рисунка 1 на частоте, равной половине частоты дискретизации, равен ...

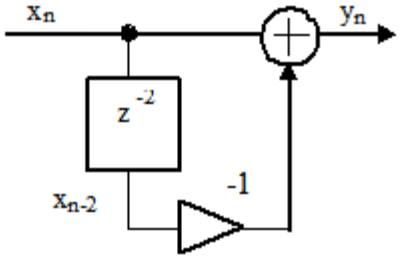


Рисунок 1

e) 0

25. Коэффициент передачи цифрового фильтра рисунка 1 для постоянной составляющей входного сигнала равен ...

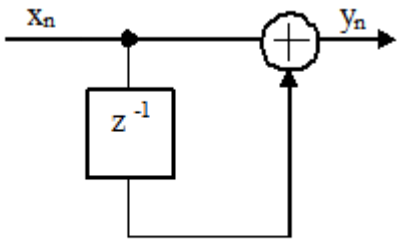
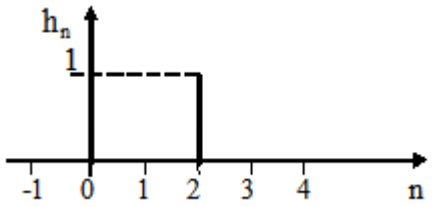


Рисунок 1

а) 2

26. Системная функция цифрового фильтра определяется соотношением $H(z) = 1 - 2z^{-1} + z^{-2}$.
Коэффициент передачи (модуль комплексного коэффициента передачи) фильтра на частоте, равной четверти частоты дискретизации, равен ...
а) 2

ы27. На рисунке приведена импульсная характеристика цифрового фильтра. Коэффициент передачи фильтра на частоте, равной четверти частоты дискретизации, равен ...



а) 0

28. Коэффициент передачи цифрового фильтра рисунка 1 для постоянной составляющей входного сигнала равен ...

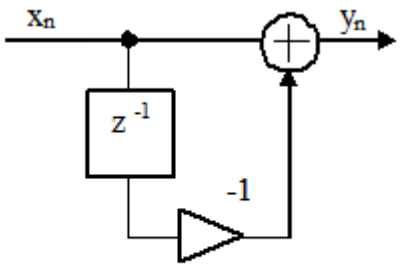


Рисунок 1

с) 0

29. Системная функция цифрового фильтра описывается соотношением

$$H(z) = \frac{1}{1 + A z^{-2}},$$ **где A = 0.99.**

Коэффициент передачи фильтра на частоте, равной четверти частоты дискретизации, равен ...

a) 100

30. Коэффициент передачи (модуль комплексного коэффициента передачи) цифрового фильтра рисунка 1 на частоте, равной четверти частоты дискретизации, при A = -0.999 равен ...

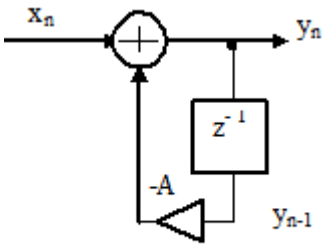


Рисунок 1

c) 0.707