МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тверской государственный технический университет»
(ТвГТУ)

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
Радиотехнических
информационных систем

_____С.Ф. Боев
« ___ » _____ 2020 г.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА

_____зачет_____
(промежуточной аттестации: экзамен, зачет, курсовая работа или курсовой проект; практики: с указанием вида и типа практики; государственного экзамена)

ЛАЗЕРНЫЕ И ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ

Наименование дисциплины (для промежуточной аттестации)

Направление подготовки специалистов - 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы
Типы задач профессиональной деятельности – проектный, научно-исследовательский

Разработаны в соответствии с рабочей программой дисциплины «Лазерные и оптико-электронные системы», утвержденной проректором по УР Майковой Э.Ю.

Разработчик: к.в.н., доцент Павлов В.А.

Тверь 2020

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

Направление подготовки специалистов - 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы

Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Лазерные и оптико-электронные системы»

ЗАДАНИЕ № 1
для дополнительного итогового контрольного испытания

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» –0 или 1 балл:
Виды, состав, назначение, классификация ЛОЭП.

Правильный ответ:
Лазерные и оптико-электронные системы играют важную роль в современной технологии и науке. Давайте рассмотрим их виды, состав, назначение и классификацию.

Лазерные системы
Виды:
1. Газовые лазеры - используют газ в качестве активной среды (например, углекислотные, гелий-неоновые).
2. Твердотельные лазеры - используют твердое вещество в качестве активной среды (например, рубиновый лазер).
3. Полупроводниковые лазеры - используют полупроводниковые материалы (например, лазеры на основе индиум-галиум-арсениды).
4. Волоконные лазеры - используют оптические волокна в качестве активной среды.
Состав:
- Активная среда - материал, который генерирует лазерное излучение.
- Система накачки - источник энергии, который возбуждает атомы в активной среде.
- Оптическая резонаторная система - зеркала, которые создают условия для усиления света.

Назначение:
- Лазеры используются в различных областях: медицине (лазерная хирургия), промышленности (резка и сварка), связи (оптоволоконные технологии), науке (спектроскопия).

Оптико-электронные системы

Виды:
1. Оптические системы - системы, использующие оптические элементы (линзы, призмы) для формирования изображения.
2. Электронные системы - системы, которые обрабатывают электронные сигналы (камеры, датчики).
3. Оптико-электронные приборы - комбинированные устройства, которые используют как оптические, так и электронные компоненты (например, цифровые камеры, лазерные дальномеры).

Состав:
- Оптические элементы - линзы, зеркала, призмы.
- Датчики - преобразуют световые сигналы в электрические.
- Элементы обработки - микропроцессоры, программное обеспечение для анализа данных.

Назначение:
- Оптико-электронные системы находят применение в медицине (диагностика), безопасности (видеонаблюдение), промышленности (контроль качества), научных исследованиях.

Классификация

- По назначению: медицинские, промышленные, научные, военные.
- По принципу действия: активные (используют источник энергии) и пассивные (не требуют активной энергии).
- По типу излучения: видимые, инфракрасные, ультрафиолетовые.

Каждый из этих видов и категорий играет свою уникальную роль в различных приложениях и технологиях.

2. Задание для проверки уровня «ЗНАТЬ» - 0 или 1 балл:

Алгоритм гармонического анализа сигналов.

Правильный ответ:

Алгоритм гармонического анализа сигналов заключается в представлении произвольного сигнала в виде суммы гармонических колебаний.

Практическая реализация алгоритмов гармонического анализа сводится к выполнению простейших арифметических операций суммирования и вычитания дискретных значений фильтрующих функций, вычисленных в моменты времени, когда результат знакового аналого-стохастического квантования меняет свой знак.

Задача гармонического анализа может формулироваться как поиск в реальном сигнале факта присутствия той или иной частоты.
При использовании цифровой аппаратуры реальный непрерывный сигнал представляется набором точек, точнее значениями их координат. Для этого исходный сигнал квантуется по времени и по амплитуде. Иначе говоря, измерение и запоминание величины сигнала происходит дискретно через некоторый интервал времени Δt, а само значение величины в момент измерения округляется до возможной ближайшей величины.
Повторяя описанные действия нужное количество раз, можно выяснить наличие и уровень сигнала любой частоты, кратной несущей.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 1 балл:
Расчет потоков и облученности на входном зрачке оптической системы от различных типов излучателей.

Правильный ответ:
Расчёт потоков и облученности на входном зрачке оптической системы от различных типов излучателей ведётся с учётом специфики работы прибора. К факторам, которые нужно учесть, относятся метод или режим работы, выбранный способ обзора или сканирования поля зрения, тип источника, влияние среды, фона и помех, временные (динамические) характеристики процесса слежения или измерения.
Для расчёта все возможные на практике излучатели делят на три группы:

1. **Точечный излучатель.** Основной энергетической характеристикой является сила излучения. Для малых телесных углов поток или облученность на входном зрачке можно рассчитать с помощью соотношений, введя в них коэффициент пропускания среды распространения излучения на пути от излучателя до входного зрачка.
2. **Излучатель конечных размеров**, меньших поля зрения (иногда такой излучатель называют «площадным»). Энергетической характеристикой такого излучателя чаще всего служит яркость.
3. **Протяжённый излучатель**, по размерам перекрывающий поле зрения системы.

Для точечного излучателя поток или облученность на входном зрачке можно рассчитать, введя в соответствующие формулы коэффициент пропускания среды между источником и входным отверстием. **Для излучателя конечной площади**, занимающего часть углового поля оптической системы, можно воспользоваться формулой для определения потока, приходящего на вход системы от расположенного на оси системы элемента с видимой площадью. **Для протяжённого излучателя** поток увеличивается за счёт увеличения относительного отверстия.

Критерии итоговой оценки за зачет:
“зачтено” – при сумме баллов 2 или 3;
“не зачтено” – при сумме баллов 0 или 1.

Составитель: к.в.н., доцент каф. РИС _____В.А. Павлов

Заведующий кафедрой РИС: д.т.н., профессор_____С.Ф. Боев

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

Направление подготовки специалистов - 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы

Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Лазерные и оптико-электронные системы»

ЗАДАНИЕ № 2
для дополнительного итогового контрольного испытания

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 балл:
Энергетические параметры и характеристики детерминированных оптических сигналов.

Правильный ответ:
Некоторые энергетические параметры и характеристики детерминированных оптических сигналов:

- **Энергия сигнала**. Геометрический смысл энергии сигнала заключается в величине площади под квадратом временной функции сигнала. Для аналоговых импульсных сигналов энергию можно также определить по амплитудно-частотному спектру.
- **Средняя мощность сигнала**. Периодические сигналы обладают бесконечной энергией, поэтому для их характеристики пользуются средней мощностью сигнала за период.
- **Эффективная ширина спектра**. Характеризует размеры интервалов времени и частоты, в пределах которых сосредоточена основная часть энергии сигнала.

Кроме того, информация об излучающем объекте содержится в параметрах оптического сигнала: амплитуде, частоте, фазе, состоянии поляризации, длительности импульса и т. д.

2. Задание для проверки уровня «ЗНАТЬ» - 0 или 1 балл:

Алгоритм спектрального анализа детерминированных сигналов.

Правильный ответ:

Алгоритм спектрального анализа детерминированных сигналов предполагает **разложение сигналов в ряд по тригонометрическим функциям** — синусам и косинусам.

Эти функции описывают гармонические колебания, которые сохраняют свою форму в процессе преобразований линейными устройствами (изменяются только амплитуда и фаза). Совокупность гармонических компонент образует спектр сигнала.

Некоторые этапы алгоритма:

1. **Выбор системы базисных функций**. На практике наибольшее распространение получили тригонометрические функции. Это обусловлено тем, что при преобразовании сигналов такой формы линейными радиотехническими цепями их форма сохраняется, а меняются только амплитуда и фазы колебаний.
2. **Определение эффективной длительности и эффективной ширины спектра**. В качестве эффективной длительности и эффективной ширины спектра рассматриваются соответственно интервал времени и диапазон частот, в пределах которых сосредоточена подавляющая часть энергии сигнала.

Также в рамках спектрального анализа можно вычислить амплитуды гармонических составляющих спектра, построить графики спектра амплитуд и вычислить практическую ширину спектра (число составляющих, входящих в спектр).

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 1 балл:

Представить спектр оптических монохроматических сигналов (Фурье спектры).

Правильный ответ:

Спектр оптических монохроматических сигналов (Фурье-спектр) можно представить как **зависимость спектральной плотности потока излучения от волнового числа или длины волны**.

В основе метода Фурье-спектроскопии лежит то, что излучению каждой длины волны соответствует определённая интерференционная кривая. Она получается при изменении разности хода вследствие перемещения одного из зеркал интерферометра. Каждому спектральному элементу излучения источника соответствует своя косинусоидальная функция с определённой амплитудой. Для источника излучения со множеством длин волн интерферограмма представляет собой сумму кривых, соответствующих каждой из содержащихся в спектре источника длин волн.

Фурье-анализ электрического сигнала преобразует интерферограмму в спектр, то есть представляет сигнал как функцию длины волны.

Критерии итоговой оценки за зачет:
“зачтено” – при сумме баллов 2 или 3;
“не зачтено” – при сумме баллов 0 или 1.

Составитель: к.в.н., доцент каф. РИС _____В.А. Павлов

Заведующий кафедрой РИС: д.т.н., профессор _____ С.Ф. Боев

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

Направление подготовки специалистов - 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы

Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Лазерные и оптико-электронные системы»

ЗАДАНИЕ № 3
для дополнительного итогового контрольного испытания

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 балл:
Параметры и характеристики источников излучения в области отраженного и собственного излучения.

Правильный ответ:
Некоторые параметры и характеристики источников излучения в области отражённого излучения:

- **Коэффициент интегральной яркости**. Характеризует величину отражённого потока излучения в заданном направлении по сравнению с упавшим потоком.
- **Яркостный контраст**. Различие двух яркостей объектов.
- **Индикатриса отражения (рассеяния)**. Характеризует величину яркости объекта в зависимости от направления наблюдения.

Некоторые параметры и характеристики источников излучения в области собственного излучения:

- **Спектральная плотность энергетической светимости**. Равна количеству энергии, излучаемой единицей поверхности тела, в единицу времени, в единичном интервале длин волн.
- **Спектральный коэффициент поглощения**. Показывает, какая часть падающего на поверхность тела монохроматического потока излучения при определённой температуре и длине волны поглощается.

2. Задание для проверки уровня «ЗНАТЬ» - 0 или 1 балл:
Алгоритм расчета параметров и характеристик приемников излучений.

Правильный ответ:
Алгоритм расчёта параметров и характеристик приёмников излучений включает следующие этапы:

1. **Составление развёрнутого выражения** для известного (паспортного) параметра приёмника с учётом его размерности (через спектральные плотности отдельных функций).
2. **Составление такого же выражения** для искомого — пересчитываемого параметра с учётом отличий в условиях работы приёмника и размерности по сравнению с паспортным параметром.
3. **Решение полученной системы из двух уравнений** относительно искомой величины.

Также для пересчёта параметров фотоприёмников необходимо знать спектральную плотность потока излучения произвольного и эталонного источников излучения, спектральную характеристику фотоприёмника и кривую видности. Все эти характеристики достаточно знать в относительных единицах. Кроме того, для расчёта напряжения и тока шума приёмника оптического излучения в заданной полосе частот электронного тракта нужно учитывать, что шумы существуют как при наличии, так и при отсутствии фотосигнала.
Также для расчёта порога чувствительности и обнаружительной способности приёмника оптического излучения по отношению к излучению заданного источника нужно учитывать, что шумовые параметры приёмника приводятся в паспортах и справочниках, как правило, по отношению к излучению того же источника, что и чувствительность.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 1 балл:
Расчет потоков и облученности на входном зрачке оптической системы от различных типов излучателей.

Правильный ответ:
Расчёт потоков и облученности на входном зрачке оптической системы от различных типов излучателей базируется на определении основных энергетических и фотометрических величин.
Для точечного излучателя основной энергетической характеристикой является сила излучения. Для малых телесных углов поток или облученность на входном зрачке площадью можно рассчитать с помощью соотношений, введя в них коэффициент пропускания среды распространения излучения на пути от излучателя до входного зрачка.
Для излучателя конечной площади, который занимает часть углового поля оптической системы, энергетической характеристикой чаще всего служит

яркость. Для определения потока, приходящего на вход системы от расположенного на оси элемента с видимой площадью, можно воспользоваться формулой, где учитывается площадь входного зрачка системы.
Для протяжённого излучателя, размеры которого перекрывают всё угловое поле системы, поток увеличивается за счёт увеличения относительного отверстия.
Следует учитывать, что формулы справедливы только для небольших телесных углов, в пределах которых сила излучения источника постоянна.

Критерии итоговой оценки за зачет:
“зачтено” – при сумме баллов 2 или 3;
“не зачтено” – при сумме баллов 0 или 1.

Составитель: к.в.н., доцент каф. РИС_____В.А. Павлов

Заведующий кафедрой РИС: д.т.н., профессор _____С.Ф. Боев

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

Направление подготовки специалистов - 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы

Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Лазерные и оптико-электронные системы»

ЗАДАНИЕ № 4
для дополнительного итогового контрольного испытания

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 балл:
Спектральное (по Фурье) описание детерминированных сигналов. Единичный импульс.

Правильный ответ:
Спектральное описание детерминированных сигналов предусматривает выбор системы базисных функций. На практике наибольшее распространение получили тригонометрические функции. Это обусловлено тем, что при преобразовании сигналов такой формы линейными радиотехническими цепями их форма сохраняется, а меняются только амплитуда и фазы колебаний.
Единичный импульс (импульсная функция) вводится для описания линейной системы. В силу свойства суперпозиции и однородности любой входной сигнал можно представить в виде суммы таких импульсов, подаваемых в разные моменты времени и умноженных на соответствующие коэффициенты.
Выходной сигнал системы в этом случае представляет собой сумму откликов на эти импульсы.
Спектр единичного импульса равен одному.

2. Задание для проверки уровня «ЗНАТЬ» - 0 или 1 балл:
Алгоритм фильтрации сигнала в электронном тракте.

Правильный ответ:

Алгоритм фильтрации сигнала в электронном тракте может включать различные методы в зависимости от задачи.
В основе построения цифрового фильтра лежит алгоритм разностного уравнения. В нём используются отсчёты входного сигнала в текущий момент времени, отсчёты выходного сигнала в предыдущие моменты времени, задержанные на определённое количество тактов, а также постоянные множители — коэффициенты фильтра.
Для решения проблемы фазового искажения сигнала после фильтрации используется алгоритм двойной фильтрации. Суть метода в повторной фильтрации временного ряда сигнала, в котором порядок точек изменён на обратный. После этого проводится повторная фильтрация тем же фильтром, затем порядок точек меняется на исходный.
Для оценки параметров медленно изменяющегося сигнала применяется алгоритм, основанный на операциях с реверсивным счётчиком. Он относится к категории эвристических (не имеет строгого математического обоснования), но эффективных и часто применяемых в реальных разработках, так как сокращает аппаратурные и вычислительные затраты.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 1 балл:
Расчет ослабления оптического излучения в атмосфере.

Правильный ответ:
Для расчёта ослабления оптического излучения в атмосфере используется закон Бугера — Ламберта — Бера. Он описывает ослабление параллельного монохроматического пучка света при распространении его в поглощающей среде.
Коэффициент оптической прозрачности атмосферы на длине волны λ на горизонтальной трассе определяется двумя явлениями ослабления излучения:

1. **Молекулярное поглощение** газовыми составляющими атмосферы. Основными газовыми составляющими атмосферы являются водяной пар, углекислый газ и озон. Наиболее сильно влияют на прозрачность атмосферы поглощение излучения водяным паром и углекислым газом.
2. **Аэрозольное рассеяние**. Падающий световой пучок сталкивается с аэрозольными частицами. Это приводит к изменению направления распространения света: часть света отражается назад, часть рассеивается в различных направлениях, а остальная часть проходит через атмосферу.

Для оценки коэффициента прозрачности атмосферы необходимо оценить спектральный коэффициент пропускания для составляющих молекулярного поглощения излучения по таблице Пассмана–Лармора и спектральный коэффициент пропускания для составляющих аэрозольного рассеяния излучения по измерениям метеорологической дальности видимости.

Критерии итоговой оценки за зачет:
“зачтено” – при сумме балиов 2 или 3;
“не зачтено” – при сумме баллов 0 или 1.

Составитель: к.в.н., доцент каф. РИС _____ В.А. Павлов

Заведующий кафедрой РИС: д.т.н., профессор _____ С.Ф. Боев

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

Направление подготовки специалистов - 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы

Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Лазерные и оптико-электронные системы»

ЗАДАНИЕ № 5
для дополнительного итогового контрольного испытания

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 балл:
Спектральное (по Фурье) описание детерминированных сигналов. Экспоненциальная и форма представления периодического сигнала.

Правильный ответ:
Спектральное описание детерминированных сигналов предполагает представление их в виде совокупности постоянной составляющей и суммы гармонических колебаний с кратными частотами. Для этого используют преобразование Фурье, которое разбивает пространственную или временную функцию на синусоидальные составляющие, каждая из которых имеет свою частоту, амплитуду и фазу.
Периодический детерминированный сигнал — это сигнал известной формы, периодически повторяющийся через интервал времени, называемый периодом повторения. К таким сигналам относятся гармоническое колебание, определённое на бесконечном интервале времени, последовательность импульсов с известной амплитудой, длительностью и периодом повторения и другие.
Спектр периодического колебания представляет собой сумму дельта-функций по частоте, веса (площади) которых являются соответствующими коэффициентами комплексного ряда Фурье. Положение дельта-функций на оси частот указывает на значение частот гармоник колебания.

2. Задание для проверки уровня «ЗНАТЬ» - 0 или 1 балл:
Алгоритм гармонического анализа сигналов.

Правильный ответ:
Алгоритм гармонического анализа сигналов включает следующие этапы:

1. **Представление реального непрерывного сигнала набором точек**. Для этого исходный сигнал квантуется по времени и по амплитуде. Измерение и запоминание величины сигнала происходит дискретно через определённый интервал времени Δt, а само значение величины в момент измерения округляется до возможной ближайшей величины.
2. **Получение оценок коэффициентов ряда Фурье**. По значению этих коэффициентов можно судить о доле в исследуемой функции гармонических колебаний соответствующей частоты, кратной ω.
3. **Вычисление оценок амплитудного и фазового спектров**. Амплитуды образуют амплитудный спектр, а начальные фазы — фазовый спектр.
4. **Принятие решения об обнаружении гармонических составляющих**. Для этого используется критерий превышения порогового значения оценками амплитуд гармонических составляющих.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 1 балл:
Определить положения энергетического центра тяжести изображения прямоугольника.

Правильный ответ:
Определение положения энергетического центра тяжести (центра масс) изображения прямоугольника в контексте лазерных и оптико-электронных систем может быть связано с распределением интенсивности лазерного излучения, отраженного от или проходящего через данный прямоугольник. Это важно для понимания, как луч света взаимодействует с объектами и как это влияет на обработку и анализ изображений.
Параметры прямоугольника
1. Ширина: (w)
2. Высота: (h)
3. Координаты нижнего левого угла: $((x_0, y_0))$
Определение центра тяжести
Для равномерно освещенного прямоугольника (или равномерно распределенной интенсивности) центр тяжести (или энергетический центр тяжести)$((C_x, C_y))$ можно определить следующим образом:
1. Координата по оси (x):

$$C_x = x_0 + \frac{w}{2}$$

2. Координата по оси (y):

$$C_y = y_0 + \frac{h}{2}$$

Пример расчета

Допустим, прямоугольник имеет следующие параметры:

- Нижний левый угол в точке $((1,2))$
- Ширина ($w = 4$)
- Высота ($h = 3$)

Теперь рассчитаем координаты центра тяжести:

1. По оси (x):

$$C_x = 1 + \frac{4}{2} = 1 + 2 = 3$$

2. По оси (y):

$$C_y = 2 + \frac{3}{2} = 2 + 1.5 = 3.5$$

Следовательно, энергетический центр тяжести изображения данного прямоугольника находится в точке $((3,3.5))$.

Критерии итоговой оценки за зачет:

“зачтено” – при сумме баллов 2 или 3;

“не зачтено” – при сумме баллов 0 или 1.

Составитель: к.в.н., доцент каф. РИС _____ В.А. Павлов

Заведующий кафедрой РИС: д.т.н., профессор _____ С.Ф. Боев

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

Направление подготовки специалистов - 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы

Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Лазерные и оптико-электронные системы»

ЗАДАНИЕ № 6
для дополнительного итогового контрольного испытания

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 балл:
Случайные процессы, реализации, функции распределения плотности вероятности.

Правильный ответ:

2. Задание для проверки уровня «ЗНАТЬ» - 0 или 1 балл:
Структурная схема усилительно-преобразующего тракта оптико-электронной системы.

Правильный ответ:

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 1 балл:
Произвести перерасчет параметров приемников оптического монохроматического излучения и импульсного излучения.

Правильный ответ:

Критерии итоговой оценки за зачет:
“зачтено” – при сумме баллов 2 или 3;
“не зачтено” – при сумме баллов 0 или 1.

Составитель: к.в.н., доцент каф. РИС _____ В.А. Павлов

Заведующий кафедрой РИС: д.т.н., профессор _____ С.Ф. Боев

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

Направление подготовки специалистов - 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы

Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Лазерные и оптико-электронные системы»

ЗАДАНИЕ № 7
для дополнительного итогового контрольного испытания

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 балл:
Математическое ожидание и дисперсия случайного процесса.

Правильный ответ:
Математическое ожидание случайного процесса — это неслучайная функция, которая характеризует поведение случайного процесса в среднем и представляет собой «среднюю» функцию, вокруг которой происходит разброс случайного процесса.
Дисперсия случайного процесса — это неслучайная неотрицательная функция, характеризующая степень разброса реализаций случайного процесса около его математического ожидания.

2. Задание для проверки уровня «ЗНАТЬ» - 0 или 1 балл:
Алгоритм расчета параметров и характеристик приемников излучений.

Правильный ответ:
Алгоритм расчёта параметров и характеристик приёмников излучений включает следующие шаги:

1. Составление развёрнутого выражения для известного (паспортного) параметра приёмника с учётом его размерности (через спектральные плотности отдельных функций).
2. Составление такого же выражения для искомого — пересчитываемого параметра с учётом отличий в условиях работы приёмника и размерности по сравнению с паспортным параметром.

3. Решение полученной системы из двух уравнений относительно искомой величины.

Для пересчёта параметров фотоприёмников также необходимо знать спектральную плотность потока излучения произвольного и эталонного источников излучения, спектральную характеристику фотоприёмника и кривую видности. Все эти характеристики достаточно знать в относительных единицах. Для автоматизации расчётов можно использовать программные модули информационной поддержки.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 1 балл:

Рассчитать динамическую (импульсную) характеристику приемника. Параметры излучения принять самостоятельно.

Правильный ответ:

Для расчета динамической (импульсной) характеристики приемника, давайте рассмотрим оптический приемник, который может использоваться в лазерных и оптико-электронных системах. Мы будем учитывать основные параметры, такие как мощность излучения, длина волны, квантовая эффективность приемника и время реакции.

Исходные параметры

1. Длина волны излучения ($\lambda = 800$) нм (инфракрасное излучение)
2. Мощность излучения ($P = 1$) мВт
3. Квантовая эффективность приемника ($\eta = 0.7$) (70%)
4. Время реакции приемника($t_r = 10$) нс (наносекунды)

Расчет основных характеристик

1. Энергия фотона:

Энергия фотона (E) рассчитывается по формуле:

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

где (h) - постоянная Планка ($(h \approx 6.626 \times 10^{-34})$Дж · с), (c) - скорость света ($(c \approx 3 \times 10^{8})$м/с).

Подставим значения:

$$E = \frac{(6.626 \times 10^{-34}\ \text{Дж·с})(3 \times 10^{8}\ \text{м/с})}{800 \times 10^{-9}\ \text{м}} \approx 2.48 \times 10^{-19}\ \text{Дж}$$

2. Число фотонов в единицу времени:

Количество фотонов (N) в секунду, приходящих на приемник, можно рассчитать по формуле:

$$N = \frac{P}{E}$$

Подставим значения:

$$N = \frac{1 \times 10^{-3}\ \text{Вт}}{2.48 \times 10^{-19}\ \text{Дж}} \approx 4.03 \times 10^{15}\ \text{фотонов/с}$$

3. Ток, генерируемый приемником:

Ток (I), генерируемый приемником, можно рассчитать по формуле:

$$I = q \cdot N \cdot \eta$$

где($q \approx 1.602 \times 10^{-19}$ Кл)- заряд электрона.

Подставим значения:

$$I = (1.602 \times 10^{-19}\ \text{Кл})(4.03 \times 10^{15}\ \text{фотонов/с})(0.7) \approx 4.61 \times 10^{-4}\ \text{А} \approx 461\ \text{мкА}$$

Динамическая (импульсная) характеристика

Импульсная характеристика приемника определяется временем реакции (t_r) и максимальным током (I), который он может генерировать. Для простоты можно использовать следующие параметры:

- Время реакции ($t_r = 10$) нс
- Максимальный ток ($I \approx 461$ мкА)

Для заданных параметров излучения мы получили следующие результаты:

- Энергия фотона: ($E \approx 2.48 \times 10^{-19}$ Дж)
- Количество фотонов в секунду: ($N \approx 4.03 \times 10^{15}$ фотонов/с)
- Генерируемый ток:($I \approx 461$ мкА)
- Время реакции: ($t_r = 10$) нс

Эти характеристики позволяют оценить динамическую производительность приемника в оптико-электронных системах.

Критерии итоговой оценки за зачет:

“зачтено” – при сумме баллов 2 или 3;

“не зачтено” – при сумме баллов 0 или 1.

Составитель: к.в.н., доцент каф. РИС _____В.А. Павлов

Заведующий кафедрой РИС: д.т.н., профессор _____ С.Ф. Боев

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

Направление подготовки специалистов - 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы

Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Лазерные и оптико-электронные системы»
=

ЗАДАНИЕ № 8
для дополнительного итогового контрольного испытания

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 балл:
Автоковариационная и автокорреляционная функции.

Правильный ответ:
Автоковариационная функция характеризует меру статистической зависимости значений, сдвинутых относительно друг друга на интервал времени. Она рассчитывается как ковариация значений функции при различных значениях её аргумента. Особенностью автоковариационной функции является то, что она зависит только от разности значений аргумента.
Автокорреляционная функция измеряет корреляцию между членами одного и того же ряда. Она безразмерна, то есть не зависит от масштаба измерения анализируемого временного ряда. Её значения могут изменяться в пределах от –1 до +1, при этом $\rho(0) = 1$.
Эти функции связаны соотношением: $\rho(k) = \gamma(k)/\gamma(0)$.

2. Задание для проверки уровня «ЗНАТЬ» - 0 или 1 балл:
Алгоритм выбора материалов оптической системы.

Правильный ответ:
Алгоритм выбора материалов для оптической системы включает следующие этапы:

1. **Определение требований к оптическим характеристикам** (коэффициент пропускания, оптическая однородность,

разрешающая способность и др.). Также учитываются механические свойства, лучевая прочность, химическая устойчивость.

2. **Выбор подходящего материала**. Для изготовления деталей с повышенными требованиями к коэффициенту пропускания в видимой области спектра используются бесцветные оптические стёкла. Цветные оптические стёкла применяют для изготовления светофильтров, ограничивающих или ослабляющих пропускание света в заданном спектральном диапазоне.
3. **Использование графоаналитического метода**. Он основан на использовании диаграмм, отражающих зависимость оптических и температурных характеристик оптических материалов. Метод позволяет осуществить оптимальный выбор для получения апохроматической коррекции при сохранении характеристик в широком диапазоне рабочих температур.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 1 балл:
Рассчитать параметры сканирующей системы. Параметры излучения и период сканирования принять самостоятельно.

Правильный ответ:
Для расчета параметров сканирующей системы в контексте лазерных и оптико-электронных систем, давайте примем следующие параметры:
Исходные параметры
1. Длина волны лазерного излучения: ($\lambda = 532$) нм (зеленый лазер)
2. Мощность излучения: ($P = 10$) мВт
3. Период сканирования: ($T = 1$) с
4. Ширина сканируемой области: ($W = 10$) см
5. Высота сканируемой области: ($H = 5$) см
6. Скорость сканирования: ($v = 20$) см/с (скорость перемещения лазера по сканируемой области)
Расчет основных характеристик
1. Площадь сканируемой области:

$$S = W \cdot H$$

Подставим значения:

$$S = 10\,\text{см} \cdot 5\,\text{см} = 50\,\text{см}^2 = 0.005\,\text{м}^2$$

2.Объем сканируемого пространства (если учитывать толщину лазерного луча):
Пусть толщина лазерного луча ($d = 1$) мм ($= 0.001$) м. Тогда объем (V) будет:

$$V = S \cdot d$$

Подставим значения:

$$V = 0.005\,\text{м}^2 \cdot 0.001\,\text{м} = 5 \times 10^{-8}\,\text{м}^3$$

3.Частота сканирования:
Частота (f) сканирования определяется как обратная величина периода:

$$f = \frac{1}{T}$$

Подставим значения:

$$f = \frac{1}{1\,\text{с}} = 1\,\text{Гц}$$

4.Количество сканирований за период:
Если за один период сканирования лазер проходит всю ширину (W), то общее количество проходов по ширине сканируемой области (N) можно определить как:

$$N = \frac{W}{v \cdot T}$$

Подставим значения:

$$N = \frac{10\,\text{см}}{20\,\text{см/с} \cdot 1\,\text{с}} = \frac{10}{20} = 0.5$$

Это говорит о том, что лазер не успевает пройти всю ширину области за один период. Следовательно, для полного сканирования потребуется больше времени или увеличенная скорость.
5.Энергия, испускаемая лазером за период:
Энергия (E), испускаемая лазером за период (T):

$$E = P \cdot T$$

Подставим значения:

$$E = 10 \times 10^{-3}\,\text{Вт} \cdot 1\,\text{с} = 10 \times 10^{-3}\,\text{Дж} = 0.01\,\text{Дж}$$

Итоговые параметры сканирующей системы
1. Площадь сканируемой области: ($S = 0.005\,\text{м}^2$)
2. Объем сканируемого пространства: ($V = 5 \times 10^{-8}\,\text{м}^3$)
3. Частота сканирования: ($f = 1\,\text{Гц}$)
4. Количество проходов по ширине за период сканирования: ($N = 0.5$)
5. Энергия, испускаемая лазером за период: ($E = 0.01\,\text{Дж}$)
Заключение
Эти параметры позволяют оценить работу сканирующей системы, а также помогут в выборе оптимальных условий для ее функционирования. При необходимости, параметры можно скорректировать для достижения нужного уровня сканирования и обработки информации.

Критерии итоговой оценки за зачет:
“зачтено” – при сумме баллов 2 или 3;
“не зачтено” – при сумме баллов 0 или 1.

Составитель: к.в.н., доцент каф. РИС _____ В.А. Павлов

Заведующий кафедрой РИС: д.т.н., профессор _____ С.Ф. Боев

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

Направление подготовки специалистов - 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы

Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Лазерные и оптико-электронные системы»

ЗАДАНИЕ № 9
для дополнительного итогового контрольного испытания

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 балл:
Спектр случайного процесса. Случайные сигналы в ООЭПС.

Правильный ответ:
Спектр случайного процесса — это величина, эквивалентная мощности, приходящейся на единицу частоты. В отличие от детерминированных функций, преобразование Фурье к случайным функциям неприменимо, так как спектральная плотность самой спектральной функции — бессмысленное понятие. Можно ввести понятие о спектральной плотности дисперсии, так как последняя — неслучайная функция. Эта величина часто эквивалентна мощности, приходящейся на единицу частоты, поэтому её называют энергетическим спектром случайной функции (статистическим спектром).
Случайные сигналы в ООЭПС — это, например, **внутренние шумы приёмников оптического излучения**. Основные источники внешних случайных помех для ОЭП — излучение естественных фонов, на которых наблюдаются или исследуются объекты (излучение наземных ландшафтов, небесных тел, облаков и т.д.). В ряде случаев источником помех для ОЭП является искажающее влияние атмосферы на оптический сигнал, например, «мерцание» и «дрожание» изображения.

2. Задание для проверки уровня «ЗНАТЬ» - 0 или 1 балл:
Математические модели оптических сигналов.

Правильный ответ:

Математической моделью оптического сигнала является адекватная функциональная зависимость от временно́го и пространственного аргументов. Размерность сигнала определяется числом описывающих его независимых функций.

Некоторые другие математические модели оптических сигналов:

- **Периодическая функция**. Подходит для описания сигнала, периодически повторяющегося во времени или в пространстве.
- **Спектральное разложение в ряд Фурье**. Представление сигнала в виде суммы гармонических функций.
- **Математическая модель распространения оптического сигнала по высоконелинейному волокну**. Основана на нелинейном уравнении Шрёдингера.

Также существует **математическая модель систем передачи оптического сигнала насекомым** с различными типами зрения с учётом характеристик среды их обитания.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 1 балл:

Определить требуемые характеристики ЛОЭС. Параметры излучения и период сканирования принять самостоятельно.

Правильный ответ:

Для определения характеристик лазерной оптико-электронной системы (ЛОЭС) давайте примем следующие параметры излучения и период сканирования.

Исходные параметры

1. Длина волны лазерного излучения: ($\lambda = 650$) нм (красный лазер)
2. Мощность излучения: ($P = 5$) мВт
3. Период сканирования: ($T = 2$) с
4. Ширина сканируемой области: ($W = 20$) см
5. Высота сканируемой области: ($H = 10$) см
6. Скорость сканирования: ($v = 15$) см/с

Расчет основных характеристик

1. Энергия фотона:

Энергия фотона (E) рассчитывается по формуле:

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

где:

- (h) - постоянная Планка ($(h \approx 6.626 \times 10^{-34})$Дж · с)
- (c) - скорость света ($(c \approx 3 \times 10^{8})$м/с)

Подставим значения:

$$E = \frac{(6.626 \times 10^{-34}\ \text{Дж·с})(3 \times 10^{8}\ \text{м/с})}{650 \times 10^{-9}\ \text{м}} \approx 3.06 \times 10^{-19}\ \text{Дж}$$

2. Число фотонов в единицу времени:
Количество фотонов (N) в секунду, приходящих на приемник, можно рассчитать по формуле:

$$N = \frac{P}{E}$$

Подставим значения:

$$N = \frac{5 \times 10^{-3}\ \text{Вт}}{3.06 \times 10^{-19}\ \text{Дж}} \approx 1.63 \times 10^{16}\ \text{фотонов/с}$$

3. Генерируемый ток (приемником):

Если предположить, что квантовая эффективность приемника составляет ($\eta = 0.7$), то ток (I), генерируемый приемником, можно рассчитать по формуле:

$$I = q \cdot N \cdot \eta$$

где ($q \approx 1.602 \times 10^{-19}$ Кл) - заряд электрона.
Подставим значения:

$$I = (1.602 \times 10^{-19}\ \text{Кл})(1.63 \times 10^{16}\ \text{фотонов/с})(0.7) \approx 1.83 \times 10^{-3}\ \text{А} \approx 1.83\ \text{мА}$$

4. Энергия, испускаемая лазером за период:

Энергия (E_T), испускаемая лазером за период (T):

$$E_T = P \cdot T$$

Подставим значения:

$$E_T = 5 \times 10^{-3}\ \text{Вт} \cdot 2\ \text{с} = 10 \times 10^{-3}\ \text{Дж} = 0.01\ \text{Дж}$$

5. Площадь сканируемой области:

$$S = W \cdot H$$

Подставим значения:

$$S = 20\ \text{см} \cdot 10\ \text{см} = 200\ \text{см}^2 = 0.02\ \text{м}^2$$

Итоговые характеристики ЛОЭС
1. Энергия фотона:

$$E \approx 3.06 \times 10^{-19}\ \text{Дж}$$

2. Количество фотонов в секунду:

$$N \approx 1.63 \times 10^{16}\ \text{фотонов/с}$$

3. Генерируемый ток приемником:

$$I \approx 1.83\ \text{мА}$$

4. Энергия, испускаемая лазером за период:

$$E_T = 0.01\ \text{Дж}$$

5. Площадь сканируемой области:

$$S = 0.02\ \text{м}^2$$

Заключение

Эти характеристики позволяют оценить работу ЛОЭС, а также помогут в выборе оптимальных условий для ее функционирования. При необходимости, параметры можно скорректировать для достижения нужного уровня сканирования и обработки информации.

Критерии итоговой оценки за зачет:

“зачтено” – при сумме баллов 2 или 3;

“не зачтено” – при сумме баллов 0 или 1.

Составитель: к.в.н., доцент каф. РИС _____ В.А. Павлов

Заведующий кафедрой РИС: д.т.н., профессор _____ С.Ф. Боев

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

Направление подготовки специалистов - 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы

Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Лазерные и оптико-электронные системы»

ЗАДАНИЕ № 10
для дополнительного итогового контрольного испытания

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 балл:
Классификация излучателей. Естественные источники излучения (наземные, атмосферные, космические).

Правильный ответ:
Классификация излучателей включает в себя разделение источников ионизирующего излучения в зависимости от их происхождения на естественные и искусственные.
Естественные источники излучения включают в себя:

- **Космическое излучение**. Представляет собой поток протонов (90%) и альфа-частиц (ядер атомов гелия, около 10%). Примерно 1% космического излучения составляют нейтроны, фотоны, электроны, а также ядра лёгких химических элементов. Источниками образования космического излучения являются звѐздные взрывы в Галактике и солнечные вспышки.
- **Земные источники**. К ним относятся более 60 естественных радиоактивных веществ и радионуклидов, в том числе 32 урано-радиевого и ториевого рядов, около 12 радиоактивных долгоживущих изотопов, не входящих в эти ряды (калий-40, рубидий-87, кальций-48 и др.).
- **Атмосферные источники**. В атмосфере Земли содержится более 60 естественных радионуклидов, которые подразделяются на две категории: первичные и космогенные. Последние в основном образуются в атмосфере в результате взаимодействия протонов и нейтронов с ядрами азота и кислорода, а затем поступают на земную поверхность с осадками.

2. Задание для проверки уровня «ЗНАТЬ» - 0 или 1 балл:
Алгоритм демодуляции сигнала в оптико-электронной системе.

Правильный ответ:
Один из алгоритмов демодуляции сигнала в оптико-электронной системе основан на **дифференциальном самоперемножении и вычислении значений функции арктангенса**.
Процесс включает следующие шаги:

1. Интерференционный сигнал подвергается синхронному детектированию на частоте модуляции и удвоенной частоте модуляции.
2. Получается пара квадратурных компонентов (первая и вторая гармоники частоты модуляции), амплитуда которых пропорциональна функциям Бесселя 1-го рода 1-го и 2-го порядков соответственно. Значения функций Бесселя зависят от глубины фазовой модуляции.
3. Затем первая гармоника делится на вторую гармонику.
4. Чтобы получить значение дифференциального самоперемножения, первая и вторая гармоники сначала подвергаются дифференцированию, а потом самоперемножаются со своими собственными производными.
5. Результат дифференциального самоперемножения первой гармоники делится на результат дифференциального самоперемножения второй гармоники, полученное значение подвергается операции инверсии и извлечения корня и подставляется в качестве делителя для значения деления первой гармоники на вторую.
6. Затем вычисляется арктангенс и осуществляется развёртка фазы. Для избавления от шумов на выходе системы может быть поставлен фильтр высоких частот.

Также существует **способ демодуляции сигнала волоконно-оптического датчика тока**, который включает вспомогательную модуляцию разности фаз в фазовом волоконно-оптическом датчике гармоническим сигналом, выделение из сигнала, получаемого с фотоприёмника, напряжений первой и второй гармоник частоты вспомогательной модуляции, синхронное детектирование напряжений первой и второй гармоник частоты вспомогательной модуляции и вычисление искомой разности фаз.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 1 балл:
Рассчитать частотную характеристику приемника. Параметры излучения принять самостоятельно.

Правильный ответ:
Исходные параметры
1. Длина волны излучения: ($\lambda = 800$) нм (инфракрасный лазер)

2. Мощность излучения: ($P = 1$) мВт
3. Квантовая эффективность приемника: ($\eta = 0.6$) (60%)
4. Время реакции приемника: ($t_r = 5$) нс (наносекунд)
5. Скорость передачи данных: ($f_d = 1$) Мбит/с
Расчет основных характеристик
1.Энергия фотона:
Энергия фотона (E) рассчитывается по формуле:

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

где:
- (h) - постоянная Планка (($h \approx 6.626 \times 10^{-34}$)Дж · с)
- (c) - скорость света (($c \approx 3 \times 10^{8}$)м/с)
Подставим значения:

$$E = \frac{(6.626 \times 10^{-34}\ \text{Дж·с})(3 \times 10^{8}\ \text{м/с})}{800 \times 10^{-9}\ \text{м}} \approx 2.49 \times 10^{-19}\ \text{Дж}$$

2.Число фотонов в единицу времени:
Количество фотонов (N) в секунду, приходящих на приемник, можно рассчитать по формуле:

$$N = \frac{P}{E}$$

Подставим значения:

$$N = \frac{1 \times 10^{-3}\ \text{Вт}}{2.49 \times 10^{-19}\ \text{Дж}} \approx 4.02 \times 10^{15}\ \text{фотонов/с}$$

3.Генерируемый ток:
Ток (I), генерируемый приемником, можно рассчитать по формуле:

$$I = q \cdot N \cdot \eta$$

где ($q \approx 1.602 \times 10^{-19}$ Кл) - заряд электрона.
Подставим значения:

$$I = (1.602 \times 10^{-19}\ \text{Кл})(4.02 \times 10^{15}\ \text{фотонов/с})(0.6) \approx 3.86 \times 10^{-4}\ \text{А} \approx 386\ \text{мкА}$$

4.Частота передачи данных:
Частота передачи данных (f_d) равна:

$$f_d = 1\ \text{Мбит/с} = 10^{6}\ \text{бит/с}$$

5.Частотная характеристика приемника:
Частотная характеристика приемника определяется его полосой пропускания.
Полоса пропускания (B) может быть связана с временем реакции (t_r):

$$B \approx \frac{1}{t_r}$$

Подставим значения:

$$B \approx \frac{1}{5 \times 10^{-9}\ \text{с}} \approx 2 \times 10^{8}\ \text{Гц} = 200\ \text{МГц}$$

Итоговые характеристики

1.Энергия фотона:

$$E \approx 2.49 \times 10^{-19} \text{ Дж}$$

2.Количество фотонов в секунду:

$$N \approx 4.02 \times 10^{15} \text{ фотонов/с}$$

3. Генерируемый ток:

$$I \approx 386 \text{ мкА}$$

4.Частота передачи данных:

$$f_d = 1 \text{ Мбит/с}$$

5. Полоса пропускания приемника:

$$B \approx 200 \text{ МГц}$$

Заключение

Эти характеристики позволяют оценить частотную производительность приемника и его способность обрабатывать данные на заданной скорости. При необходимости, параметры можно скорректировать для достижения нужного уровня работы приемника.

Критерии итоговой оценки за зачет:

“зачтено” – при сумме баллов 2 или 3;

“не зачтено” – при сумме баллов 0 или 1.

Составитель: к.в.н., доцент каф. РИС _____ В.А. Павлов

Заведующий кафедрой РИС: д.т.н., профессор _____ С.Ф. Боев

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

Направление подготовки специалистов - 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы

Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Лазерные и оптико-электронные системы»

ЗАДАНИЕ № 11
для дополнительного итогового контрольного испытания

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 балл:
Строение и состав атмосферы. Общие сведения о прохождении оптического сигнала через атмосферу.

Правильный ответ:
Строение и состав атмосферы: атмосфера Земли — это сложная многопараметрическая система. В её состав входят молекулярные и атомарные газы, а также частицы аэрозолей, образующиеся в основном за счёт космогенных факторов, геологической и биологической активности планеты.
Структура атмосферы неоднородна как по вертикали, так и по горизонтали. В соответствии с температурной стратификацией её принято делить на тропосферу, стратосферу, мезосферу и термосферу. По характеру взаимодействия атмосферы с земной поверхностью её подразделяют на пограничный слой (или слой трения), где наиболее существенно влияние земной поверхности и сил турбулентного трения, и свободную атмосферу, где силами турбулентного трения можно пренебречь.
Общие сведения о прохождении оптического сигнала через атмосферу: при распространении оптических сигналов в атмосфере наблюдаются потери, обусловленные поглощением и рассеянием излучения частицами атмосферы. Эти потери количественно характеризуются коэффициентом пропускания атмосферы, значение которого зависит от рабочей длины волны.
В атмосфере существуют так называемые «окна прозрачности», проходя через которые излучение подвергается ослаблению в меньшей степени, чем вне

«окон».

2. Задание для проверки уровня «ЗНАТЬ» - 0 или 1 балл:
Синтез сигналов по Фурье.

Правильный ответ:
Синтез сигналов по Фурье основан на принципе, согласно которому любой периодический сигнал можно представить в виде суммы синусоидальных компонентов с различными частотами, амплитудами и фазами. Это выражается через ряд Фурье.
Для периодического сигнала ($f(t)$) с периодом (T) его ряд Фурье можно записать как:

$$f(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} \left(a_n \cos\left(\frac{2\pi nt}{T}\right) + b_n \sin\left(\frac{2\pi nt}{T}\right)\right)$$

где коэффициенты (a_0), (a_n) и (b_n) определяются следующими формулами:

$$a_0 = \frac{1}{T}\int_0^T f(t)\ dt$$

$$a_n = \frac{2}{T}\int_0^T f(t)\cos\left(\frac{2\pi nt}{T}\right)\ dt$$

$$b_n = \frac{2}{T}\int_0^T f(t)\sin\left(\frac{2\pi nt}{T}\right)\ dt$$

Для непериодического сигнала используется преобразование Фурье, которое представляет сигнал как интеграл:

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)e^{-i\omega t}\ dt$$

где ($F(\omega)$) — это спектр сигнала, а (ω) — угловая частота.
Обратное преобразование Фурье позволяет восстановить сигнал из его спектра:

$$f(t) = \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty} F(\omega)e^{i\omega t}\ d$$

Таким образом, синтез сигналов по Фурье позволяет представлять и анализировать сигналы в частотной области, что является важным инструментом в обработке сигналов.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 1 балл:
Рассчитать эргономические характеристики и показатели РЭСК.

Правильный ответ:

Критерии итоговой оценки за зачет:
“зачтено” – при сумме баллов 2 или 3;

“не зачтено” – при сумме баллов 0 или 1.

Составитель: к.в.н., доцент каф. РИС _____ В.А. Павлов

Заведующий кафедрой РИС: д.т.н., профессор _____ С.Ф. Боев

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

Направление подготовки специалистов - 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы

Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Лазерные и оптико-электронные системы»

ЗАДАНИЕ № 12
для дополнительного итогового контрольного испытания

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 балл:
Волоконные и градиентные световоды, их структурные параметры. Потери оптической мощности в световодах.

Правильный ответ:
Волоконные световоды разделяют на одно- и многомодовые в зависимости от числа распространяющихся на рабочей частоте волн (мод). Число мод зависит от соотношения диаметра сердечника световода и длины волны.
К структурным параметрам волоконных световодов относят, например:

- **Числовую апертуру (NA)**. От её значения зависят эффективность ввода излучения лазера или светодиода в световод, потери на микроизгибах, дисперсия импульсов, число распространяющихся мод.
- **Длину волны отсечки (lc)**. Этот параметр разделяет области одномодового и многомодового режимов световода. При длине волны входного излучения l > lc световод будет обеспечивать одномодовый режим распространения, при длинах волн l < lc — многомодовый.

Потери оптической мощности в волоконных световодах состоят из трёх видов потерь:

- на межзонное и примесное поглощение;
- на рассеяние на неоднородностях волокна;
- на изгибах волокна.

В регулярных оптических волоконных световодах имеется два базовых механизма оптического затухания: поглощение в среде и рассеяние на неоднородностях.

2. Задание для проверки уровня «ЗНАТЬ» - 0 или 1 балл:
Структурная схема усилительно-преобразующего тракта оптико-электронной системы.

Правильный ответ:
Структурная схема усилительно-преобразующего тракта оптико-электронной системы может включать следующие элементы:

1. **Оптический кабель (ОК)**. Через оптический соединитель (ОС) оптический сигнал поступает на фотодетектор (ФД), где происходит его преобразование в электрический сигнал.
2. **Предварительный малошумящий усилитель (ПМШУ)**. Используется для усиления электрического сигнала на выходе ФД без существенной потери в шумозащищённости.
3. **Мощный усилитель с автоматической регулировкой усиления (МУ с АРУ)**. Усиливает усиленный электрический сигнал.
4. **Фильтр-корректор (ФК)**. С его помощью осуществляется отфильтровывание помех и коррекция формы электрического сигнала, который подаётся на оборудование сопряжения тракта приёма.

Также в структуру электронного тракта оптико-электронных систем (ОЭС) могут входить функциональные модули, обеспечивающие первичное формирование и преобразование аналоговых и цифровых электрических сигналов, подлежащих дальнейшей обработке с помощью цифрового вычислительного устройства.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 1 балл:
Рассчитать ослабление оптического излучения в атмосфере. Параметры излучения принять самостоятельно.

Правильный ответ:
Ослабление оптического излучения в атмосфере можно описать с помощью закона Бугера-Ламберта, который гласит, что интенсивность света уменьшается экспоненциально с увеличением расстояния, пройденного через среду, в результате поглощения и рассеяния.

Формула для ослабления оптического излучения выглядит следующим образом:

$$I = I_0 e^{-\alpha x}$$

где:

- (I) — интенсивность излучения на расстоянии (x),
- (I_0) — начальная интенсивность излучения,

- (α) — коэффициент ослабления (дБ/м),
- (x) — пройденное расстояние (м).

Для примера, давайте возьмем следующие параметры:

- Начальная интенсивность ($I_0 = 1000\,\text{Вт/м}^2$),
- Коэффициент ослабления ($\alpha = 0.1\,\text{м}^{-1}$),
- Расстояние ($x = 100\,\text{м}$).

Теперь подставим значения в формулу:

$$I = 1000\,e^{-0.1\cdot 100} = 1000\,e^{-10}$$

Вычислим значение (e^{-10}):

$$e^{-10} \approx 0.0000453999$$

Теперь подставим это значение в уравнение для (I):

$$I \approx 1000 \times 0.0000453999 \approx 0.0454\,\text{Вт/м}^2$$

Таким образом, интенсивность оптического излучения на расстоянии 100 метров составит приблизительно ($0.0454\,\text{Вт/м}^2$).

Это означает, что световые потоки значительно ослабляются при прохождении через атмосферу, что важно учитывать при проектировании оптических систем и связи.

Критерии итоговой оценки за зачет:
“зачтено” – при сумме баллов 2 или 3;
“не зачтено” – при сумме баллов 0 или 1.

Составитель: к.в.н., доцент каф. РИС _____ В.А. Павлов

Заведующий кафедрой РИС: д.т.н., профессор _____ С.Ф. Боев

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

Направление подготовки специалистов - 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы

Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Лазерные и оптико-электронные системы»

ЗАДАНИЕ № 13
для дополнительного итогового контрольного испытания

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 балл:
Ширина полосы пропускания световодов и дисперсия

Правильный ответ:
Ширина полосы пропускания световода — это мера способности волокна передавать определённый объём информации в единицу времени. Чем шире полоса пропускания, тем выше скорость передачи волокна.
Дисперсия — это уширение оптического импульса, передаваемого по оптоволокну, во времени. При высокой частоте следования импульсов такое уширение на некотором расстоянии от передатчика приводит к перекрыванию соседних импульсов и ошибочному приёму данных.
Дисперсия накладывает ограничение на дальность передачи и на верхнюю частоту передаваемых сигналов. Чем меньше значение дисперсии, тем больший поток информации можно передать по волокну.
В многомодовом световоде лучи распространяются по зигзагообразной траектории и имеют разную задержку на единице длины волны световода. **В одномодовом волокне** все лучи проходят один и тот же оптический путь, в результате чего все они достигают приёмника одновременно, и форма сигнала практически не искажается.

2. Задание для проверки уровня «ЗНАТЬ» - 0 или 1 балл:
Синтез сигналов по Фурье.

Правильный ответ:
Синтез сигналов по Фурье основан на принципе, согласно которому любой

периодический сигнал можно представить в виде суммы синусоидальных компонентов с различными частотами, амплитудами и фазами. Это выражается через ряд Фурье.
Для периодического сигнала $(f(t))$ с периодом (T) его ряд Фурье можно записать как:

$$f(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} \left(a_n \cos\left(\frac{2\pi nt}{T}\right) + b_n \sin\left(\frac{2\pi nt}{T}\right) \right)$$

где коэффициенты (a_0), (a_n) и (b_n) определяются следующими формулами:

$$a_0 = \frac{1}{T} \int_0^T f(t)\ dt$$

$$a_n = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \cos\left(\frac{2\pi nt}{T}\right)\ dt$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \sin\left(\frac{2\pi nt}{T}\right)\ dt$$

Для непериодического сигнала используется преобразование Фурье, которое представляет сигнал как интеграл:

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-i\omega t}\ dt$$

где $(F(\omega))$ — это спектр сигнала, а (ω) — угловая частота.
Обратное преобразование Фурье позволяет восстановить сигнал из его спектра:

$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F(\omega) e^{i\omega t}\ d$$

Таким образом, синтез сигналов по Фурье позволяет представлять и анализировать сигналы в частотной области, что является важным инструментом в обработке сигналов.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 1 балл:
Рассчитать ослабление оптического излучения в атмосфере. Параметры излучения принять самостоятельно.

Правильный ответ:
Для расчета ослабления оптического излучения в атмосфере воспользуемся законом Бугера-Ламберта, который описывает экспоненциальное ослабление интенсивности света при прохождении через среду.
Формула для ослабления оптического излучения выражается следующим образом:

$$I = I_0 e^{-\alpha x}$$

где:
- (I) — интенсивность излучения на расстоянии (x),

- (I_0) — начальная интенсивность излучения,
- (α) — коэффициент ослабления (дБ/м),
- (x) — пройденное расстояние (м).

Примеры параметров

Предположим следующие параметры:

- Начальная интенсивность($I_0 = 1000\ \text{Вт/м}^2$),
- Коэффициент ослабления ($\alpha = 0.2\ \text{м}^{-1}$) (это значение может варьироваться в зависимости от условий атмосферы),
- Расстояние($x = 200$ м).

Подстановка значений

Теперь подставим значения в формулу:

$$I = 1000\, e^{-0.2\cdot 200} = 1000\, e^{-40}$$

Вычисление значения (e^{-40})

Вычислим значение(e^{-40}):

$$e^{-40} \approx 4.248 \times 10^{-18}$$

Расчет интенсивности

Теперь подставим это значение в уравнение для (I):

$$I \approx 1000 \times 4.248 \times 10^{-18} \approx 4.248 \times 10^{-15}\ \text{Вт/м}^2$$

Результат

Таким образом, интенсивность оптического излучения на расстоянии 200 метров составит приблизительно ($4.248 \times 10^{-15}\ \text{Вт/м}^2$).

Это демонстрирует, что интенсивность оптического излучения значительно уменьшается при прохождении через атмосферу, что важно учитывать при проектировании оптических систем и связи.

Критерии итоговой оценки за зачет:

“зачтено” – при сумме баллов 2 или 3;

“не зачтено” – при сумме баллов 0 или 1.

Составитель: к.в.н., доцент каф. РИС _____ В.А. Павлов

Заведующий кафедрой РИС: д.т.н., профессор _____ С.Ф. Боев

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

Направление подготовки специалистов - 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы

Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Лазерные и оптико-электронные системы»

ЗАДАНИЕ № 14
для дополнительного итогового контрольного испытания

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 балл:
Пространственно-частотная характеристики оптической системы. Контрастно-частотная характеристика (коэффициент передачи модуляции).

Правильный ответ:
Пространственно-частотная характеристика оптической системы — это зависимость временной частоты от пространственной частоты. Пространственной частотой называют величину, обратную периоду структуры, то есть число элементов регулярной структуры, приходящейся на единицу длины.
Частотно-контрастная характеристика (ЧКХ) — это зависимость контраста изображения от пространственной частоты, выраженной в линиях на единицу длины (мм). В основе принципа построения графиков ЧКХ лежит свойство оптической системы понижать контраст изображения с увеличением пространственной частоты (или, другими словами, плотности) изображаемого объекта.
Коэффициент передачи модуляции (КПМ) — это отношение модуляции в изображении мира заданной пространственной частоты с синусоидальным распределением освещённости, построенным испытуемым объективом, к модуляции в предмете.

2. Задание для проверки уровня «ЗНАТЬ» - 0 или 1 балл:
Определение положения энергетического центра тяжести изображения

прямоугольника.

Правильный ответ:

Энергетический центр тяжести изображения прямоугольника можно определить как центр масс (или геометрический центр) этого прямоугольника. Для прямоугольника с равномерным распределением массы, его центр тяжести находится в середине по горизонтали и вертикали.

Определение центра тяжести

Рассмотрим прямоугольник с шириной (W) и высотой (H), размещенный в координатной системе. Пусть его нижний левый угол находится в точке $((x_0, y_0))$. Тогда координаты центра тяжести $((x_{cg}, y_{cg}))$ можно вычислить следующим образом:

$$x_{cg} = x_0 + \frac{W}{2}$$

$$y_{cg} = y_0 + \frac{H}{2}$$

Пример

Рассмотрим прямоугольник с параметрами:

- Ширина ($W = 4$ м)
- Высота ($H = 2$ м)
- Нижний левый угол в точке $((1,1))$

Вычисление центра тяжести

1. Найдем координаты (x_{cg}):

$$x_{cg} = 1 + \frac{4}{2} = 1 + 2 = 3 \text{ м}$$

2. Найдем координаты (y_{cg}):

$$y_{cg} = 1 + \frac{2}{2} = 1 + 1 = 2 \text{ м}$$

Результат

Таким образом, положение энергетического центра тяжести изображения прямоугольника с заданными параметрами будет:

$$(x_{cg}, y_{cg}) = (3 \text{ м}, 2 \text{ м})$$

Это значит, что центр тяжести прямоугольника находится в точке $((3,2))$ в заданной системе координат.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 1 балл:

Рассчитать параметры сканирующей системы. Параметры излучения и период сканирования принять самостоятельно.

Правильный ответ:

Критерии итоговой оценки за зачет:
“зачтено” – при сумме баллов 2 или 3;
“не зачтено” – при сумме баллов 0 или 1.

Составитель: к.в.н., доцент каф. РИС _____ В.А. Павлов

Заведующий кафедрой РИС: д.т.н., профессор _____ С.Ф. Боев

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

Направление подготовки специалистов - 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы

Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Лазерные и оптико-электронные системы»

ЗАДАНИЕ № 15
для дополнительного итогового контрольного испытания

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 балл:
Передающие оптические системы и их основные элементы.

Правильный ответ:
Основные элементы передающей оптической системы:

1. **Оптический передатчик**. Преобразует аналоговый или цифровой электрический сигнал в соответствующий ему световой сигнал. Источником света может быть светодиод или твердотельный лазер.
2. **Оптоволоконный кабель**. Состоит из одного или нескольких стеклянных волокон, которые для света работают как волноводы (световоды). По конструкции оптоволоконный кабель похож на электрический, но содержит специальные элементы для защиты находящихся внутри него световодов.
3. **Оптический приёмник**. Преобразует световой сигнал в копию исходного электрического сигнала. В качестве чувствительного элемента оптического приёмника используется либо лавинный фотодиод, либо (чаще) PIN-фотодиод.

Некоторые другие элементы передающей оптической системы:

- **Регенератор**. Устройство, осуществляющее восстановление формы оптического импульса, который, распространяясь по волокну, претерпевает искажения.
- **Усилитель**. Устройство, усиливающее мощность сигнала.
- **Оптическая муфта**. Устройство, используемое для соединения двух и более оптических кабелей.

- **Оптический кросс**. Устройство, предназначенное для оконечивания оптического кабеля и подключения к нему активного оборудования.
- **Мультиплексор/Демультиплексор**. Широкий класс устройств, предназначенных для объединения и разделения информационных каналов.

2. Задание для проверки уровня «ЗНАТЬ» - 0 или 1 балл:
Алгоритм выбора материалов оптической системы.

Правильный ответ:
Алгоритм выбора материалов для оптической системы включает следующие этапы:

1. **Определение требований к оптическим характеристикам** (коэффициент пропускания, оптическая однородность, разрешающая способность и другие). Также учитываются механические свойства, лучевая прочность и химическая устойчивость.
2. **Выбор подходящего материала**. Для изготовления деталей с высокими требованиями к однородности и повторяемости свойств по всему объёму детали используются оптические стёкла. Бесцветные оптические стёкла применяют для деталей с повышенными требованиями к коэффициенту пропускания в видимой области спектра. Цветные оптические стёкла используют для изготовления светофильтров, ограничивающих или ослабляющих пропускание света в заданном спектральном диапазоне. Для решения специфических задач оптического приборостроения применяют оптические кристаллы.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 1 балл:
Произвести перерасчет параметров приемников оптического монохроматического излучения и импульсного излучения.

Правильный ответ:
Для перерасчета параметров приемников оптического монохроматического и импульсного излучения, рассмотрим основные параметры и формулы, которые помогут вам сделать необходимые расчеты.
1. Монохроматическое излучение
Параметры:
- Длина волны $((\lambda))$
- Интенсивность излучения $((I))$
- Чувствительность приемника $((S))$
- Площадь приемной поверхности $((A))$
Формула для мощности
Мощность, получаемая приемником, может быть рассчитана по формуле:

$$P = I \cdot A \cdot S$$

где:
- (P) — мощность (Вт)
- (I) — интенсивность излучения (Вт/м²)
- (A) — площадь приемника (м²)
- (S) — чувствительность (А/Вт)

Перерасчет чувствительности

Если длина волны изменяется с (λ_1) на (λ_2), и мы знаем интенсивности при обеих длинах волн (I_1) и (I_2):

$$S_2 = S_1 \cdot \frac{I_2}{I_1}$$

2. Импульсное излучение

Параметры:
- Длительность импульса $((t))$
- Пиковая мощность $\left((P_{\text{peak}})\right)$
- Энергия импульса $((E))$
- Чувствительность приемника $((S))$

Формула для энергии импульса

Энергия импульса рассчитывается по формуле:

$$E = P_{\text{peak}} \cdot t$$

где:
- (E) — энергия импульса (Дж)
- (P_{peak}) — пиковая мощность (Вт)
- (t) — длительность импульса (с)

Перерасчет энергии и чувствительности

Если длительность импульса изменяется с (t_1) на (t_2):

$$E_2 = P_{\text{peak}} \cdot t_2$$

Перерасчет чувствительности может выглядеть так:

$$S_2 = S_1 \cdot \frac{E_2}{E_1}$$

где ($E_1 = P_{\text{peak}} \cdot t_1$).

1. Монохроматическое излучение:
   - Исходные данные:
     - ($S_1 = 0.5\,\text{А/Вт}$)
     - ($I_1 = 100\,\text{Вт/м}^2$)
     - ($I_2 = 80\,\text{Вт/м}^2$)
   - Перерасчет чувствительности:

$$S_2 = 0.5 \cdot \frac{80}{100} = 0.4\,\text{А/Вт}$$

2. Импульсное излучение:
- Исходные данные:
  - ($P_{\text{peak}} = 50$ Вт)
  - ($t_1 = 2$ мс $= 0.002$ с)
  - ($t_2 = 3$ мс $= 0.003$ с)
- Расчет энергии:
  - ($E_1 = 50 \cdot 0.002 = 0.1$ Дж)
  - ($E_2 = 50 \cdot 0.003 = 0.15$ Дж)

Критерии итоговой оценки за зачет:
“зачтено” – при сумме баллов 2 или 3;
“не зачтено” – при сумме баллов 0 или 1.

Составитель: к.в.н., доцент каф. РИС _____ В.А. Павлов

Заведующий кафедрой РИС: д.т.н., профессор _____ С.Ф. Боев

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

Направление подготовки специалистов - 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы

Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Лазерные и оптико-электронные системы»

ЗАДАНИЕ № 16
для дополнительного итогового контрольного испытания

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» –0 или 1 балл:
Многоэлементные фотоприемники. ПИ с зарядовой связью и с зарядовой инжекцией.

Правильный ответ:
Многоэлементные фотоприёмники — это экраны, состоящие из множества миниатюрных фотоприёмников, которые преобразуют световые потоки в электрические сигналы. Записанная таким образом оптическая информация некоторое время сохраняется, а затем «считывается» тем или иным способом. Электрические сигналы от различных ячеек экрана могут быть последовательно переданы в другое место и использованы для воссоздания изображения объекта (фототелеграфия, телевидение).
Приборы с зарядовой связью (ПЗС) — это полупроводниковые устройства, в которых при подаче на них определённой последовательности тактовых импульсов осуществляется управляемое перемещение пакетовых зарядов вдоль полупроводниковой подложки. Эти устройства состоят из ряда МДП-структур, в которых металлические электроды образуют регулярную систему с достаточно малым шагом — расстоянием между электродами.
Приборы с зарядовой инжекцией (ПЗИ) — полупроводниковые ПИ с поверхностным каналом, в котором для считывания и обработки сигналов используется инжекция и перенос заряда внутри отдельных фоточувствительных ячеек. Ячейки ПЗИ аналогичны ПЗС, но считывание заряда в ПЗИ идёт в той же ячейке, где он был создан, а инжекция заряда в полупроводниковую подложку служит для освобождения фоточувствительных

ячеек от ранее накопленного заряда. Эти ПИ могут работать как развёртывающие ПИ с координатной адресацией (произвольной выборкой изображения).

2. Задание для проверки уровня «ЗНАТЬ» - 0 или 1 балл:
Алгоритм демодуляции сигнала в оптико-электронной системе.

Правильный ответ:

1. Синхронное детектирование интерференционного сигнала на частоте модуляции и удвоенной частоте модуляции.
2. Получение пары квадратурных компонентов (первая и вторая гармоники частоты модуляции), амплитуда которых пропорциональна функциям Бесселя 1-го рода 1-го и 2-го порядков соответственно. Значения функций Бесселя зависят от глубины фазовой модуляции.
3. Деление первой гармоники на вторую.
4. Дифференцирование первой и второй гармоник и самоперемножение их со своими собственными производными.
5. Деление результата дифференциального самоперемножения первой гармоники на результат дифференциального самоперемножения второй гармоники.
6. Инверсия полученного значения и извлечение корня, после чего оно подставляется в качестве делителя для значения деления первой гармоники на вторую.
7. Вычисление арктангенса и осуществление развёртки фазы.
8. Для избавления от шумов на выходе системы может быть поставлен фильтр высоких частот.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 1 балл:
Разработать и обосновать алгоритм спектрального анализа детерминированных сигналов.

Правильный ответ:
Спектральный анализ детерминированных сигналов позволяет исследовать частотное содержание сигнала, что полезно в ряде приложений, таких как обработка сигналов, телекоммуникации и системы управления. Ниже представлен алгоритм спектрального анализа, основанный на методе быстрое преобразование Фурье (БПФ), который является одним из самых распространенных методов для этой задачи, а также обоснование каждого шага.
Алгоритм спектрального анализа
1. Сбор данных:
- Получите детерминированный сигнал в виде временного ряда ($x[n]$), где (n) — индекс отсчета.

- Убедитесь, что сигнал дискретизирован с достаточной частотой (по теореме Найквиста, не менее чем в два раза выше максимальной частоты сигнала).

2. Предварительная обработка:

- Оконная функция: Примените оконную функцию ($w[n]$) (например, Ханна, Хэмминга или Бартлетта) к сигналу для уменьшения утечек спектра.

$$x_w[n] = x[n] \cdot w[n]$$

- Центрирование: Если необходимо, центрируйте сигнал (например, вычтем среднее значение).

3. Применение БПФ:

- Примените быстрое преобразование Фурье (БПФ) к оконному сигналу:

$$X[k] = \sum_{n=0}^{N-1} x_w[n] \cdot e^{-j\frac{2\pi}{N}kn}, \quad k = 0,1,\dots,N-1$$

- Здесь (N) — количество отсчетов в окне.

4. Выделение амплитудного и фазового спектров:

- Вычислите амплитудный спектр:

$A[k] = |X[k]|$

- Вычислите фазовый спектр:

$$\phi[k] = \arg(X[k])$$

5. Нормализация:

- Нормализуйте амплитудный спектр для удобства анализа:

$$A[k] = \frac{A[k]}{N}$$

6. Построение спектра:

- Постройте график амплитудного спектра ($A[k]$) по частоте. Частота (f_k) для каждого (k) определяется как:

$f_k = \frac{k \cdot f_s}{N}, \quad k = 0,1,\dots,N-1$

- Здесь (f_s) — частота дискретизации.

7. Анализ результатов:

- Проанализируйте полученный спектр для выявления частотных компонент, пиков и других характеристик сигнала.

Обоснование алгоритма

- Сбор данных: Это первый шаг, который обеспечивает наличие сигнала для анализа. Дискретизация необходима для работы с цифровыми сигналами.
- Предварительная обработка: Оконная функция помогает минимизировать утечки, которые возникают при преобразовании конечного сигнала, а центрирование помогает устранить смещения, которые могут искажать частотный спектр.
- БПФ: Быстрое преобразование Фурье является эффективным методом для вычисления дискретного преобразования Фурье (ДПФ) за ($O(N \log N)$) времени, что делает его подходящим для анализа больших массивов данных.

- Амплитудный и фазовый спектры: Эти характеристики являются основными для понимания частотного содержания сигнала и его поведения.
- Нормализация: Упрощает сравнение результатов между различными сигналами и условиями.
- Построение спектра и анализ: Визуализация спектра позволяет быстро идентифицировать важные частоты и особенности сигнала.

Заключение

Предложенный алгоритм спектрального анализа детерминированных сигналов является мощным инструментом для исследования частотных характеристик сигналов. Он может быть адаптирован и расширен для различных приложений, включая обработку сигналов в реальном времени и анализ временных рядов.

Критерии итоговой оценки за зачет:

“зачтено” – при сумме баллов 2 или 3;

“не зачтено” – при сумме баллов 0 или 1.

Составитель: к.в.н., доцент каф. РИС _____ В.А. Павлов

Заведующий кафедрой РИС: д.т.н., профессор _____ С.Ф. Боев

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

Направление подготовки специалистов - 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы

Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Лазерные и оптико-электронные системы»

ЗАДАНИЕ № 17
для дополнительного итогового контрольного испытания

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» –0 или 1 балл:
Сканирование: анализ процесса, классификация сканирующих систем, их параметры.

Правильный ответ:
1. Анализ процесса сканирования:
- Подготовка объекта: Определение области интереса и установка сенсоров.
- Сканирование: Получение данных о поверхности с помощью лазеров, камер или других датчиков.
- Обработка данных: Преобразование информации в 2D или 3D изображения.
- Анализ: Интерпретация данных для выявления характеристик объекта.
2. Классификация сканирующих систем:
- По типу источника излучения:
  - Лазерные сканеры
  - Оптические системы (камеры)
- По методу сканирования:
  - Линейное сканирование
  - Плоскостное сканирование
  - 3D-сканирование
- По принципу работы:
  - Активные системы (излучают собственное излучение)
  - Пассивные системы (используют доступное освещение)

3. Параметры сканирующих систем:
- Разрешение: Пространственное и спектральное разрешение.
- Скорость сканирования: Время, необходимое для завершения сканирования.
- Дальность действия: Максимальное расстояние сканирования.
- Точность и погрешность: Уровень точности измерений.
- Обработка данных: Алгоритмы для фильтрации и визуализации.
- Устойчивость: Способность работать в различных условиях окружающей среды.

2. Задание для проверки уровня «ЗНАТЬ» - 0 или 1 балл:
Математические модели оптических сигналов.

Правильный ответ:
Математической моделью оптического сигнала является адекватная функциональная зависимость от временно́го и пространственного аргументов. Размерность сигнала определяется числом описывающих его независимых функций.
Некоторые другие математические модели оптических сигналов:

- **Периодическая функция**. Подходит для описания сигнала, периодически повторяющегося во времени или в пространстве.
- **Спектральное разложение в ряд Фурье**. Представление сигнала в виде суммы гармонических функций.
- **Нелинейное уравнение Шрёдингера**. Используется для описания распространения оптического сигнала по волоконному световоду.

Также существует математическая модель параметрического усиления оптического сигнала, основанная на нелинейном уравнении Шрёдингера.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» –0 или 1 балл:
Представить спектр оптических монохроматических сигналов (Фурье спектры).

Правильный ответ:
Спектр оптических монохроматических сигналов (Фурье-спектр) можно представить следующим образом: **интерферограмма монохроматического излучения представляет собой косинусоиду с постоянной амплитудой**. Она получается при изменении разности хода вследствие перемещения одного из зеркал интерферометра.
Для источника излучения со множеством длин волн интерферограмма представляет собой сумму кривых, соответствующих каждой из содержащихся в спектре источника длин волн. Фурье-анализ электрического сигнала преобразует интерферограмму в спектр, то есть представляет сигнал как функцию длины волны.
В основе метода Фурье-спектроскопии лежит то, что излучению каждой длины волны λi соответствует определённая интерференционная кривая. Она

получается при изменении разности хода вследствие перемещения одного из зеркал интерферометра.

Критерии итоговой оценки за зачет:
“зачтено” – при сумме баллов 2 или 3;
“не зачтено” – при сумме баллов 0 или 1.

Составитель: к.в.н., доцент каф. РИС _____ В.А. Павлов

Заведующий кафедрой РИС: д.т.н., профессор _____ С.Ф. Боев

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

Направление подготовки специалистов - 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы

Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Лазерные и оптико-электронные системы»

ЗАДАНИЕ № 18
для дополнительного итогового контрольного испытания

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 балл:
Распознавание образов.

Правильный ответ:
Основные аспекты распознавания образов:
1. Сбор данных: Использование лазерных сканеров и камер для захвата изображений или 3D-моделей объектов.
2. Предобработка изображений: Устранение шума, улучшение контрастности и коррекция искажений, чтобы подготовить данные для дальнейшего анализа.
3. Извлечение признаков: Определение ключевых характеристик объектов, таких как формы, текстуры и цвета, которые помогут в их идентификации.
4. Классификация: Применение алгоритмов машинного обучения для классификации объектов на основе извлечённых признаков. Это может включать в себя использование нейронных сетей, деревьев решений или методов поддержки векторных машин (SVM).
5. Верификация и оценка: Проверка правильности распознавания и оценка эффективности системы на основе тестовых данных.
Применение лазерных и оптико-электронных систем в распознавании образов включает:
- Автономные транспортные средства: Использование лазерных радаров (LiDAR) для распознавания окружающей среды.
- Промышленная автоматизация: Контроль качества продукции и

идентификация дефектов.
- Безопасность и видеонаблюдение: Распознавание лиц и мониторинг подозрительного поведения.

2. Задание для проверки уровня «ЗНАТЬ» - 0 или 1 балл:
Многоэлементные фотоприемники на основе ПЗС-, ПЗИ-матриц.

Правильный ответ:

1. **ПЗС-фотоприёмники**. Принцип действия состоит в накоплении зарядов в конденсаторах со структурой «метал-окисел-полупроводник» (МОП-структура) и передаче накопленных зарядов к измерительному устройству. ПЗС-линейки обычно содержат от 512 до 2048 ячеек, матрицы — от 105 (256x512) до 2 · 106 (1024x2048) ячеек (пикселей). Размер каждого пикселя колеблется от 5 до 15 мкм, расстояние между ними составляет 0,1–1,0 мкм.
2. **ПЗИ-фотоприёмники**. Основой прибора является матрица с координатной адресацией, в каждой ячейке которой имеется пара смежных МОП-конденсаторов. Основными достоинствами ПЗИ являются возможности неразрушающего считывания сигналов и произвольный порядок считывания. Основным недостатком долгое время являлась низкая чувствительность.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 1 балл:
Определить требуемые характеристики ЛОЭС. Параметры излучения и период сканирования принять самостоятельно.

Правильный ответ:
Определение требуемых характеристик лазерных и оптико-электронных систем (ЛОЭС) зависит от конкретных приложений и условий работы.
Основные характеристики ЛОЭС:
1. Тип лазера: В зависимости от приложения, можно использовать разные типы лазеров (например, полупроводниковые, волоконные, газовые и т.д.).
2. Длина волны излучения: Важно выбрать длину волны, которая соответствует требованиям к разрешению и проникновению в материал. Например, для оптической обработки материалов часто используются лазеры с длиной волны 1064 нм (Nd:YAG) или 532 нм (зеленые лазеры).
3. Мощность излучения: Мощность лазера должна быть достаточной для выполнения поставленных задач. Например, для резки и сварки материалов могут использоваться лазеры мощностью от 100 Вт до нескольких кВт.
4. Разрешение: Для систем, требующих высокой точности, разрешение может быть в пределах микронов (например, 1-10 мкм).
5. Период сканирования: Это время, необходимое для завершения одного цикла сканирования. Для некоторых приложений период сканирования может

составлять от миллисекунд до секунд. Например, для сканирования объектов в реальном времени можно принять период сканирования 100 мс.
6. Скорость сканирования: Эта характеристика определяет, насколько быстро система может перемещаться и собирать данные. Например, скорость сканирования может быть в диапазоне от 1 до 10 м/с.
7. Угол сканирования: Определяет область, в которой лазерное излучение может работать. Угол может варьироваться от 90° до 360° в зависимости от конструкции системы.
Примерные значения параметров:
- Тип лазера: Полупроводниковый лазер
- Длина волны излучения: 850 нм
- Мощность излучения: 5 Вт
- Разрешение: 5 мкм
- Период сканирования: 200 мс
- Скорость сканирования: 5 м/с
- Угол сканирования: 180°

Критерии итоговой оценки за зачет:
“зачтено” – при сумме баллов 2 или 3;
“не зачтено” – при сумме баллов 0 или 1.

Составитель: к.в.н., доцент каф. РИС _____ В.А. Павлов

Заведующий кафедрой РИС: д.т.н., профессор _____ С.Ф. Боев

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

Направление подготовки специалистов - 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы

Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Лазерные и оптико-электронные системы»

ЗАДАНИЕ № 19
для дополнительного итогового контрольного испытания

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 балл:
Методы приема оптического сигнала.

Правильный ответ:
Методы приёма оптического сигнала подразделяются на методы прямого фотодетектирования и методы фотосмещения:

1. **Методы прямого фотодетектирования**. К ним относятся некогерентный приём и энергетический приём. При прямом приёме фотодетектор принимает оптический сигнал и преобразует его в электрический сигнал, представляющий мощность оптического сигнала, без возможности определения фазы или частоты несущей.
2. **Методы фотосмещения**. К ним относятся когерентный приём, гетеродинный приём и гомодинный приём.

Гетеродинный приём сложнее метода прямого детектирования и требует совмещения волнового фронта поля гетеродина с волновым фронтом поля сигнала. Преимущество этого метода — более высокая чувствительность.
Гомодинный приём отличается от гетеродинного тем, что частота излучения гетеродина и передатчика совпадают. Этот метод улучшает отношение сигнал/шум, но практически реализовать его труднее из-за необходимости фазовой автоподстройки частоты лазерного гетеродина.

2. Задание для проверки уровня «ЗНАТЬ» - 0 или 1 балл:
Определение положения энергетического центра тяжести изображения прямоугольника.

Правильный ответ:
Энергетический центр тяжести изображения прямоугольника можно определить как центр масс (или геометрический центр) этого прямоугольника. Для прямоугольника с равномерным распределением массы, его центр тяжести находится в середине по горизонтали и вертикали.
Определение центра тяжести
Рассмотрим прямоугольник с шириной (W) и высотой (H), размещенный в координатной системе. Пусть его нижний левый угол находится в точке $((x_0, y_0))$. Тогда координаты центра тяжести $((x_{cg}, y_{cg}))$ можно вычислить следующим образом:

$$x_{cg} = x_0 + \frac{W}{2}$$
$$y_{cg} = y_0 + \frac{H}{2}$$

Пример
Рассмотрим прямоугольник с параметрами:
- Ширина ($W = 4$ м)
- Высота ($H = 2$ м)
- Нижний левый угол в точке $((1,1))$
Вычисление центра тяжести
1. Найдем координаты (x_{cg}):

$$x_{cg} = 1 + \frac{4}{2} = 1 + 2 = 3 \text{ м}$$

2. Найдем координаты (y_{cg}):

$$y_{cg} = 1 + \frac{2}{2} = 1 + 1 = 2 \text{ м}$$

Результат
Таким образом, положение энергетического центра тяжести изображения прямоугольника с заданными параметрами будет:

$$(x_{cg}, y_{cg}) = (3 \text{ м}, 2 \text{ м})$$

Это значит, что центр тяжести прямоугольника находится в точке $((3,2))$ в заданной системе координат.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 1 балл:
Выполнить графическую свертку детерминированного сигнала. Параметры излучения принять самостоятельно.

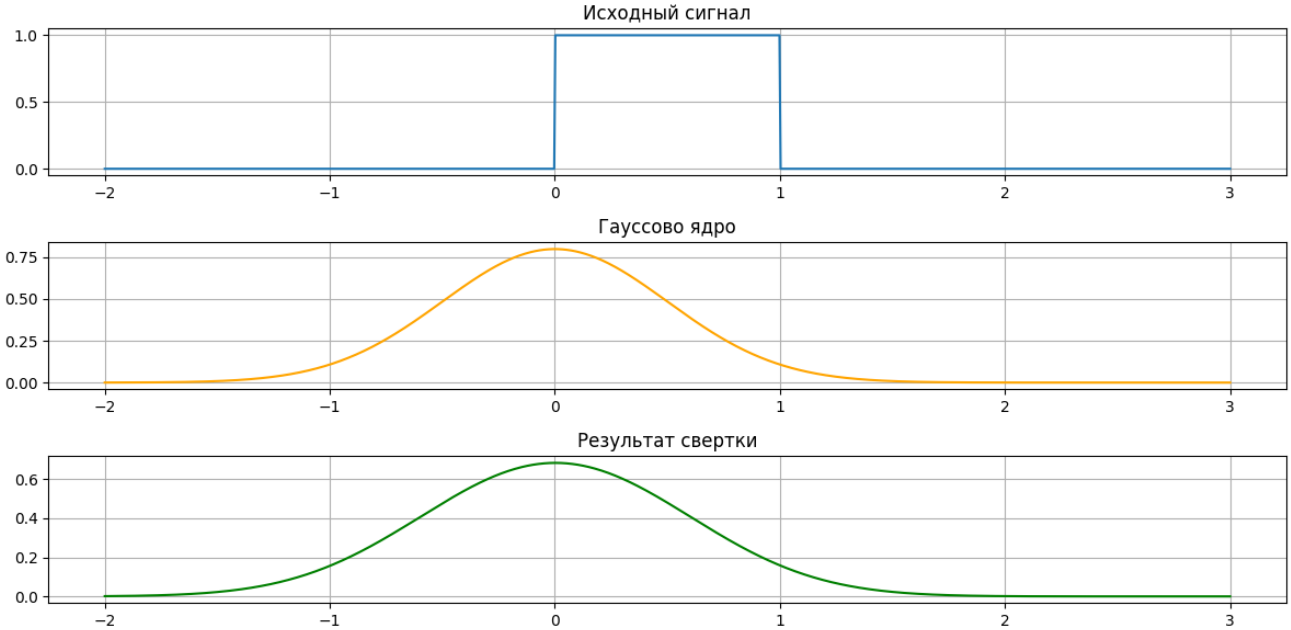
Правильный ответ:
Графическая свертка детерминированного сигнала — это процесс, который используется для обработки сигналов, например, в системах обработки

изображений или в цифровой обработке сигналов. При свертке используется функция, называемая ядром свертки или фильтром, чтобы модифицировать сигнал или извлечь определённые характеристики.

Параметры

Для выполнения графической свертки, давайте примем следующие параметры:

1. Исходный сигнал: Прямоугольный импульс (например, длительность 1 секунда, амплитуда 1).
2. Ядро свертки: Простое гауссово ядро, которое используется для сглаживания сигнала. Предположим, что стандартное отклонение ($\sigma = 0.5$).



Критерии итоговой оценки за зачет:

“зачтено” – при сумме баллов 2 или 3;

“не зачтено” – при сумме баллов 0 или 1.

Составитель: к.в.н., доцент каф. РИС _____ В.А. Павлов

Заведующий кафедрой РИС: д.т.н., профессор _____ С.Ф. Боев

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

Направление подготовки специалистов - 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы

Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Лазерные и оптико-электронные системы»

ЗАДАНИЕ № 20
для дополнительного итогового контрольного испытания

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 балл:
Этапы энергетического расчета. Расчет потоков и облученности на входе ОС.

Правильный ответ:
Этапы энергетического расчёта:

1. **Составление основного светоэнергетического уравнения**. Оно устанавливает необходимое для качественной работы системы соотношение между сигналом и шумом. Уравнение составляется на основе анализа общего алгоритма работы прибора.
2. **Представление входящих в уравнение величин сигналов, помех, шумов в виде функций параметров и характеристик излучателя, передающей оптической системы, наблюдаемого объекта, среды распространения, приёмного канала прибора**.
3. **Решение светоэнергетического уравнения** и определение параметров прибора.

Расчёт потоков и облученности на входе оптической системы включает учёт разных случаев излучателя:

- **Точечный излучатель**. Его энергетическая характеристика — сила света. Чтобы увеличить поток, нужно увеличить Dвх.
- **Площадной излучатель**. Его энергетическая характеристика — яркость.
- **Протяжённый излучатель**. Для этого случая поток увеличивается за счёт увеличения относительного отверстия.

Также для малых телесных углов поток или облучённость на входном зрачке площадью A можно рассчитать с помощью соотношений, введя в них

коэффициент пропускания среды распространения излучения на пути г от излучателя до входного зрачка.

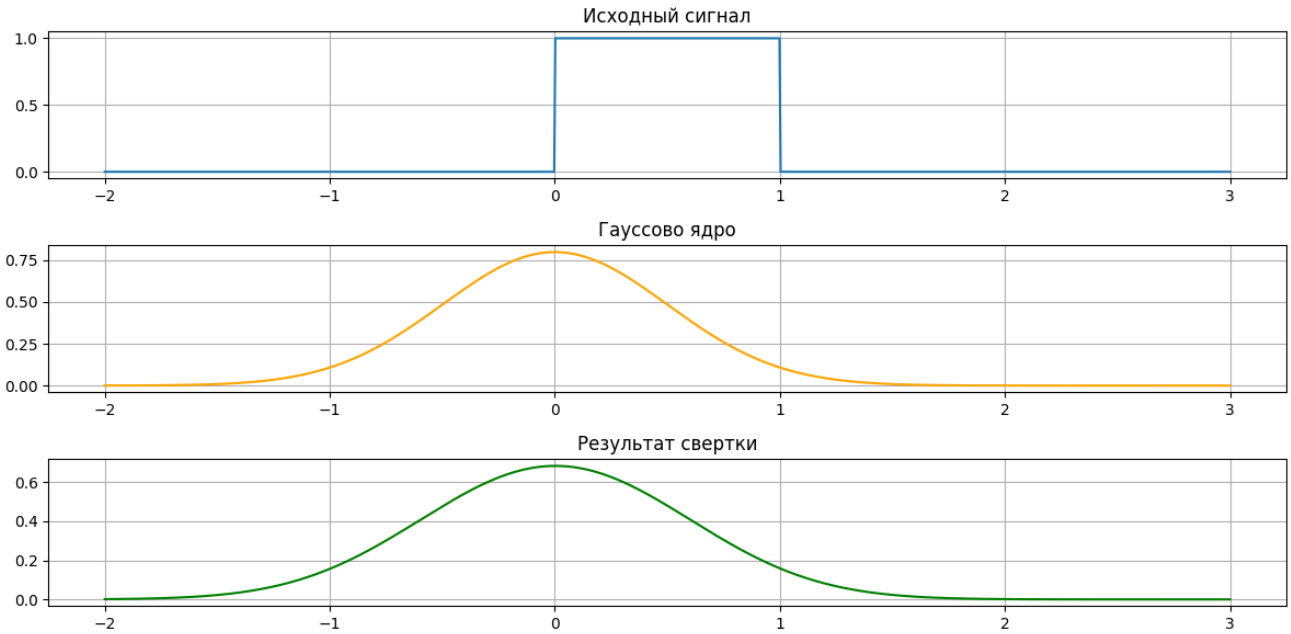
2. Задание для проверки уровня «ЗНАТЬ» - 0 или 1 балл:
Многоэлементные фотоприемники на основе ПЗС-, ПЗИ-матриц.

Правильный ответ:
Многоэлементные фотоприёмники на основе ПЗС- и ПЗИ-матриц имеют свои особенности:

1. **ПЗС-фотоприёмники**. Принцип действия состоит в накоплении зарядов в конденсаторах со структурой «метал-окисел-полупроводник» (МОП-структура) и передаче накопленных зарядов к измерительному устройству. ПЗС-линейки обычно содержат от 512 до 2048 ячеек, матрицы — от 105 (256x512) до 2 · 106 (1024x2048) ячеек (пикселей). Размер каждого пикселя колеблется от 5 до 15 мкм, расстояние между ними составляет 0,1–1,0 мкм.
2. **ПЗИ-фотоприёмники**. Основой прибора является матрица с координатной адресацией, в каждой ячейке которой имеется пара смежных МОП-конденсаторов. Основными достоинствами ПЗИ являются возможности неразрушающего считывания сигналов и произвольный порядок считывания. Основным недостатком долгое время являлась низкая чувствительность.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 1 балл:
Выполнить графическую свертку детерминированного сигнала. Параметры излучения принять самостоятельно.

Правильный ответ:
Графическая свертка детерминированного сигнала — это процесс, который используется для обработки сигналов, например, в системах обработки изображений или в цифровой обработке сигналов. При свертке используется функция, называемая ядром свертки или фильтром, чтобы модифицировать сигнал или извлечь определённые характеристики.
Параметры
Для выполнения графической свертки, давайте примем следующие параметры:
1. Исходный сигнал: Прямоугольный импульс (например, длительность 1 секунда, амплитуда 1).
2. Ядро свертки: Простое гауссово ядро, которое используется для сглаживания сигнала. Предположим, что стандартное отклонение ($\sigma = 0.5$).



Критерии итоговой оценки за зачет:
“зачтено” – при сумме баллов 2 или 3;
“не зачтено” – при сумме баллов 0 или 1.

Составитель: к.в.н., доцент каф. РИС _____ В.А. Павлов

Заведующий кафедрой РИС: д.т.н., профессор _____ С.Ф. Боев