|  |
| --- |
| МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ |
| ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  высшего профессионального образования |
| **«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»** |

#### Кафедра «Кибернетика»

|  |
| --- |
| УтверждЕН  на заседании кафедры  «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_20\_\_ г., протокол №\_\_\_  Заведующий кафедрой  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_А.М. Загребаев |

**ФОНД**

**ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

ВХОДНОГО/ ТЕКУЩЕГО ОЦЕНИВАНИЯ/ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ / ИТОГОВОЙ

АТТЕСТАЦИИ

#### ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

#### «Статистическая обработка временных рядов»

Направление подготовки (специальность) – 09.04.04 Программная инженерия

Наименование образовательной программы –Технологии разработки высококритичных кибернетических систем

Квалификация (степень) выпускника – магистр

2015 г.

**Паспорт**

**фонда оценочных средств**

**по дисциплине «Статистическая обработка временных рядов»**

**1. Состав контролируемых компетенций**

Дисциплина **«Статистическая обработка временных рядов»** относится к общенаучному циклу М1 образовательной программы и являетсяобязательной для магистранта.

Дисциплина требует от слушателя общематематической подготовки по математическому анализу, линейной алгебре, дифференциальным уравнениям, а также по теории вероятностей и математической статистике.

Целью учебного курса «Статистическая обработка временных рядов» является овладение будущими специалистами теоретическими знаниями по методам анализа и построению математических моделей случайных временных рядов для применения в будущей профессиональной деятельности по направлениям:

– математическое моделирование динамических объектов и систем в условиях статистически неточных данных;

– анализ и прогноз случайных процессов;

– оптимальное управление динамическими объектами в условиях неточных измерений;

– разработка алгоритмического, информационного и программного обеспечения систем обработки динамических данных.

Освоение основных понятий теории случайных временных рядов необходимо для проведения самостоятельных исследований, разработки теоретических моделей в новой предметной области, применения современных математических теорий для решения прикладных задач.

По окончании курса студент должен обладать следующими компетенциями в сфере научной и научно-исследовательской деятельности:

ОК-3 – способность к самостоятельному обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности

ПК-5 – владением существующими методами и алгоритмами решения задач цифровой обработки сигналов

ПК-15 – владением навыками создания программного обеспечения для анализа, распознавания и обработки информации, систем цифровой обработки сигналов

Кроме того, курс способствует развитию следующих способностей:

– способность использовать углубленные теоретические и практические знания в области прикладной математики и информатики;

– способность проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты;

– способность разрабатывать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач;

– способность углубленного анализа проблем, постановки и обоснования задач научной и проектно-технологической деятельности;

– способность разрабатывать аналитические обзоры состояния области прикладной математики и информационных технологий по профильной направленности.

В результате освоения дисциплины студент должен:

**ЗНАТЬ**: базовые понятия теории случайных временных рядов и математические модели, наиболее часто используемые в практических приложениях; методы статистического анализа временных рядов; основы спектрального анализа временных рядов;

**УМЕТЬ:** применять на практике математический аппарат теории случайных временных рядов; строить математические модели случайных процессов по их системным характеристикам; сравнивать разные методы обработки временных рядов по критериям точности и полноты статистического анализа данных;

**ОБЛАДАТЬ НАВЫКАМИ**: постановки и решения проблем математического моделирования прикладных случайных процессов; исследования точности разработанных математических моделей; расчета типовых статистических характеристик случайных временных рядов.

**2. Программа оценивания контролируемой компетенции**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Контролируемые модули, разделы (темы) дисциплины\* | Код контролируемой компетенции (или ее части) | Наименование  оценочного средства\*\* |
|  | Раздел 1  Статистическое описание и примеры случайных временных рядов | ОК-3, ПК-5 | Контрольная работа  (письменная) |
|  | ОК-3, ПК-5 | Контрольный опрос по списку вопросов |
|  | Раздел 2  Стационарные временные ряды | ОК-3, ПК-5, ПК-15 | Контрольная работа  (письменная) |
|  | ОК-3, ПК-5, ПК-15 | Контрольный опрос по списку вопросов |
|  | Раздел 3 Чисто разрывные случайные процессы. Обработка временных рядов линейными фильтрами | ОК-3, ПК-5, ПК-15 | Контрольная работа  (письменная) |
|  | ОК-3, ПК-5, ПК-15 | Контрольный опрос по списку вопросов |
|  | Раздел 4 Спектральный анализ стационарных временных рядов | ОК-3, ПК-5, ПК-15 | Контрольная работа  (письменная) |
|  | ОК-3, ПК-5, ПК-15 | Контрольный опрос по списку вопросов |
|  | Зачет | ОК-3, ПК-5, ПК-15 | Билеты к зачету  (письменный ответ) |

**БИЛЕТ № 1**

к зачету по курсу “Статистическая обработка временных рядов”

1. Автоковариационная матрица временного ряда (общий случай). Свойства. Нормированная автоковариационная матрица (корреляционная матрица). Иллюстрация на примерах: дискретный накопитель, временной ряд первых разностей, параметрический временной ряд.
2. Математическая модель линейной дискретной стационарной системы (модели авторегрессии и “скользящего” среднего). Начальные условия. Физическая осуществимость. Структурная схема линейной дискретной стационарной системы (ЛДСС).
3. Теорема о “наложении спектров”. Графическая иллюстрация и практическая интерпретация.
4. На физически осуществимый линейный фильтр с импульсной характеристикой   
   *hi =* 0.5 (0.3)*i*  для *i ≥* 0 поступает стационарный “белый шум” с интенсивностью 3. Чему равна дисперсия выходного временного ряда в установившемся режиме ? Чему равен коэффициент подавления помехи?

**БИЛЕТ № 2**

к зачету по курсу “Статистическая обработка временных рядов”

1. Примеры временных рядов: абсолютно случайный временной ряд (дискретный “белый” шум), временной ряд с независимыми приращениями; параметрический временной ряд; временной ряд «скользящего среднего».

2. Анализ независимости значений временного ряда по одной реализации. Методы проверки статистической гипотезы о независимости: по числу пересечений уровня медианы, по числу поворотных точек.

3. Эргодическое свойство стационарного временного ряда по отношению к математическому ожиданию. Необходимое и достаточное условие (с выводом).

1. Импульсная характеристика звена запаздывания на 3 такта равна Δ(*n-*3), *n=*0,1,...,(*N-*1), где Δ -дельта-функция Кронекера. Рассчитайте его амплитудную и фазовую частотные характеристики для длины периода *N*=12 и интервала дискретности *T*=0.2. Постройте графики Проверьте выполнение свойств симметрии частотных характеристик.

**БИЛЕТ № 3**

к зачету по курсу “Статистическая обработка временных рядов”

1. Случайный временной ряд. Определение. Законы распределения вероятностей первого, второго и произвольного порядков. Свойства. Начальные и центральные моменты.
2. Пуассоновский поток событий. Определение. Свойства.
3. *RC*-фильтр. Стационарный *RC*-шум. Определение, свойства. Автоковариационная функция.
4. Два независимых дискретных стационарных “белых шума” *xi* и *yi* , *i∈*(-∞,∞), характеризуются интервалом дискретности *T*=0.5 и интенсивностями *dx*=4 и *dy*=2. Чему равна спектральная плотность мощности временного ряда *z,* который формируется в соответствии с формулой: *zi =* 5*xi* - 3*yi* .

**БИЛЕТ № 4**

к зачету по курсу “Статистическая обработка временных рядов”

1. Распределение случайного времени между двумя последовательными событиями пуассоновского потока. Среднее время ожидания события пуассоновского потока.
2. Импульсная реакция ЛДСС. Определение. Примеры. Расчет реакции ЛДСС на входной сигнал с помощью ее импульсной характеристики в переходном и установившемся режимах.
3. Ряд Фурье. Связь с дискретным преобразованием Фурье бесконечного временного ряда. Свойства (линейность, теорема о запаздывании, спектр круговой свертки конечных временных рядов, симметричность спектральных коэффициентов).
4. Рассчитайте автоковариационную функцию оценки *yi* скорости изменения временного ряда *xi* в соответствии с формулой:

*yi =* 0.5 (*xi+1 - xi-1*),

где *xi* - стационарный центрированный “белый шум” с интенсивностью *d=*5.

Дайте графическое представление полученного результата.

Обладает ли временной ряд *yi* эргодическим свойством по отношению к математическому ожиданию?

**БИЛЕТ № 5**

к зачету по курсу “Статистическая обработка временных рядов”

1. Стационарный временной ряд. Определение. Свойства моментов и автоковариационной матрицы. Стационарность в узком и широком смыслах (сильная и слабая стационарность).
2. Устойчивость линейной дискретной стационарной системы. Определение. Необходимое и достаточное условие устойчивости. Доказательство. Примеры.
3. Спектральный анализ стационарных конечных временных рядов. Равенство Парсеваля.
4. Бесконечный временной ряд *X =* {*xi , i∈* (-∞, +∞)} является “белым шумом” с постоянной дисперсией *d*. Временной ряд *Y* получен с помощью функционального преобразования временного ряда *X* в соответствии с выражением:



Чему равны автоковариационная и автокорреляционная функции временного ряда *Y*,

Ответ должен содержать вывод аналитических выражений и соответствующие графики.

Как зависит решение поставленной задачи от математического ожидания временного ряда *X* ?

**БИЛЕТ № 6**

к зачету по курсу “Статистическая обработка временных рядов”

1. Распределение случайного числа событий пуассоновского потока на произвольном интервале времени (*t*1, *t*2).
2. Обработка временного ряда линейным фильтром с конечной импульсной характеристикой. Реакция фильтра на входное воздействие в переходном и установившемся режимах. Пример.
3. Передаточная функция линейной дискретной стационарной системы (ЛДСС). Связь частотной характеристики с импульсной реакцией ЛДСС. Примеры: амплитудная и фазовая характеристики звена запаздывания, *RC*-фильтра.
4. На дискретный накопитель с момента времени *i=*1 поступает “белый шум” с постоянной интенсивностью *d*=4.

*а*) Рассчитайте автоковариацию *kij* выходного временного ряда для значений *i, j>*0.

*б*) Является ли выходной временной ряд стационарным ?

*в*) Покажите на графике характер изменения автоковариации *kij* в сечении *j*=3 как функции переменной  *i* ?

**БИЛЕТ № 7**

к зачету по курсу “Статистическая обработка временных рядов”

1. Оценки дисперсии, автоковариационного и автокорреляционного моментов по одной реализации стационарного временного ряда. Условия применения оценок, точность оценок.
2. Чисто разрывный случайный процесс с непрерывным временем и счетным множеством возможных состояний. Обобщенное уравнение Маркова.
3. Спектральная плотность мощности стационарного временного ряда. Определение. Свойства. Пример.
4. Временной ряд *xi* является случайной гармонической функцией:

*xi = a* sin(0.125 *i*)*+ b* cos (0.125 *i*)*,*

где *a* и *b -* **независимые нормально распределенные центрированные** случайные величины с одинаковой дисперсией *d* = 4.

*а*) Чему равна автоковариация временного ряда *xi* ?

*б*) Является ли временной ряд *xi* стационарным в “широком смысле” ? в “узком смысле” ?

*в*) Удовлетворяет ли рассматриваемый временной ряд достаточному условию эргодичности по отношению к математическому ожиданию?

**БИЛЕТ № 8**

к зачету по курсу “Статистическая обработка временных рядов”

1. Нормальный (гауссов) временной ряд. Определение. Свойства. Стационарность гауссова временного ряда в узком и широком смысле.
2. Дискретный RC-фильтр. Определение. Импульсная характеристика. Анализ математического ожидания временного ряда на выходе фильтра при воздействии постоянного сигнала. Вывод основных выражений. Коэффициент усиления *RC*-фильтра.
3. Спектрограмма временного ряда. Свойства.
4. Временной ряд *Y* является результатом преобразования **стационарного центрированного нормально распределенного** “белого шума” *X* с интенсивностью *d*=5 линейным фильтром:

*yi+1 =yi + xi , i>*0 , *y0 =* 0.

Чему равны математическое ожидание и дисперсия временного ряда *Y* для *i ≥* 0? Является ли временной ряд *yi*  стационарным в “широком смысле”? в “узком смысле”?

**БИЛЕТ № 9**

к зачету по курсу “Статистическая обработка временных рядов”

1. Связь спектральной плотности мощности стационарного временного ряда и его автоковариационной функции. Спектральная плотность мощности “белого” шума. Формирующий фильтр.

2. Чисто разрывные случайные процессы. Процесс рождения и гибели.

3. Понятие динамической и случайной ошибок в задачах обработки случайных временных рядов. Коэффициент усиления линейной системы, коэффициент подавления помехи.

4. Два линейных **физически осуществимых** динамических звена с импульсными характеристиками ** и ** соединены последовательно. Чему равна импульсная характеристика образованной динамической системы? Дайте подробные пояснения к результату. Используйте свойство физической осуществимости динамических звеньев для уточнения формулы.

**БИЛЕТ № 10**

к зачету по курсу “Статистическая обработка временных рядов”

1. Дискретный *RC*-фильтр. Определение. Импульсная характеристика. Анализ дисперсии временного ряда на выходе фильтра при воздействии стационарного “белого” шума. Вывод основных выражений. Коэффициент подавления помехи *RC*-фильтром.
2. Теорема о наложении спектров. Частота Найквиста. О возможности восстановления непрерывного сигнала по его дискретным измерениям. Теорема Шеннона.
3. Распределение случайного времени между двумя последовательными событиями пуассоновского потока. Среднее время ожидания события пуассоновского потока.
4. Фильтр “скользящего среднего” формирует реакцию *yi=* на входное воздействие *xi* . Чему равна импульсная характеристика рассматриваемого фильтра? Дайте аналитическое выражение и постройте график для *n=*5. Чему равна “память” этой системы? Является ли фильтр физически осуществимым?

Составитель \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_О.А. Мишулина

(подпись)

«\_\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2015 г.

|  |
| --- |
| МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ |
| ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  высшего профессионального образования |
| **«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»** |

Кафедра «Кибернетика»

**Вопросы для собеседования**

**по дисциплине«Статистическая обработка временных рядов»**

**Раздел 1 «Статистическое описание и примеры случайных временных рядов»**

1. Что называется одномерной функцией распределения вероятностей случайного временного ряда? Какими свойствами она обладает?
2. Что называется одномерной плотностью распределения вероятностей случайного временного ряда непрерывного типа? Какими свойствами она обладает?
3. Какие статистические характеристики временного ряда рассчитываются на основании распределения вероятностей первого порядка?
4. Напишите расчетные выражения для математического ожидания и дисперсии, если множество возможных значений временного ряда является конечным.
5. Напишите выражение для плотности распределения 2-го порядка для гауссова временного ряда и дайте пояснения ко всем используемым в формуле обозначениям
6. Что называется нормированным временным рядом (по аналогии с нормированной случайной величиной)? В каких единицах измеряется нормированный временной ряд?
7. Какие статистические характеристики временного ряда рассчитываются на основании распределения вероятностей второго порядка?
8. Дайте определение автоковариационной матрицы случайного временного ряда. Какими свойствами она обладает?
9. Дайте определение и укажите основные свойства элементов автокорреляционной матрицы случайного временного ряда.
10. Для какого типа временного ряда одномерный закон распределения вероятностей содержит его полное статистическое описание?
11. Чему равны автоковариационная и автокорреляционная матрицы «белого шума»?
12. Дайте определение интервала корреляции случайного временного ряда.
13. Как практически рассчитать интервал корреляции временного ряда?
14. Дайте определение условной функции распределения вероятностей  случайного временного ряда *X*.
15. Как определена условная плотность вероятности, если временной ряд *X* относится к непрерывному типу?
16. Каким выражением связаны плотность вероятности второго порядка  и условная плотность вероятности ?
17. Дайте определение гауссова временного ряда. Объясните все обозначения, использованные в определении.
18. Какими особыми свойствами обладает гауссов временной ряд?
19. Почему для гауссова временного ряда некоррелированность его значений означает их независимость?
20. Напишите выражение для плотности распределения вероятностей нормально распределенного временного ряда.
21. Что называется случайным временным рядом с независимыми приращениями? Приведите математическую модель и поясните используемые обозначения. Докажите, что приращения рассматриваемого временного ряда на непересекающихся интервалах времени независимы.
22. Чему равны автоковариационная и автокорреляционная функции случайного временного ряда с независимыми приращениями?
23. Дайте математическое описание модели бинарного временного ряда случайных переключений. Чему равны его математическое ожидание и дисперсия?
24. Что называется авторегрессионной моделью временного ряда? Напишите выражение. Чем определяется порядок авторегрессии?
25. В каком случае авторегрессионная модель соответствует физически осуществимой обработке данных?

Собеседование по теме раздела 1 проводится в случае неудовлетворительной оценки по контрольной работе 1.

**Критерии оценки собеседования**

* Балл от 13 до 15 выставляется студенту, если он ответил более чем на 80% заданных вопросов;
* балл от 11 до 13 выставляется студенту, если он полно ответил на вопросы, составляющие от 60% до 80% от общего числа заданных вопросов;
* балл от 7 до 11 выставляется студенту, если он полно ответил на вопросы, составляющие от 40% до 60% от общего числа заданных вопросов;
* балл менее 5 выставляется студенту, если он полно ответил не более чем на 30% от общего числа заданных вопросов.

Составитель \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ О.А. Мишулина

«\_\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2015 г.

|  |
| --- |
| МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ |
| ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  высшего профессионального образования |
| **«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»** |

Кафедра «Кибернетика»

**Вопросы для собеседования**

**по дисциплине«Статистическая обработка временных рядов»**

**Раздел 2 «Стационарные временные ряды»**

1. Дайте определение стационарного в узком смысле временного ряда.
2. Каким свойством обладает закон распределения вероятностей первого порядка для стационарного в узком смысле временного ряда?
3. Каким свойством обладают начальные и центральные моменты временного ряда, стационарного в узком смысле?
4. Может ли быть стационарным временной ряд, значения которого отличны от нуля только на конечном интервале времени?
5. Какими свойствами обладает автоковариационная матрица стационарного в узком смысле временного ряда?
6. Какими свойствами обладает автокорреляционная функция стационарного временного ряда?
7. Дайте определение стационарного в широком смысле временного ряда.
8. Для какого класса временных рядов понятия стационарности в узком и широком смыслах совпадают?
9. В чем состоит эргодическое свойство временного ряда по отношению к математическому ожиданию?
10. Дайте определение сходимости случайной последовательности к пределу в среднеквадратическом смысле.
11. Чему равна дисперсия ошибки оценки математического ожидания временного ряда его среднеквадратическим значением на реализации конечной длины?
12. Сформулируйте необходимое и достаточное условие эргодичности временного ряда по отношению к математическому ожиданию.
13. В чем состоит достаточное условие эргодичности временного ряда по отношению к математическому ожиданию.
14. Какое логическое обоснование можно дать достаточному условию эргодичности стационарного временного ряда с использованием понятия интервала корреляции?
15. Обладает ли эргодическим свойством по отношению к постоянному математическому ожиданию «белый шум» с ограниченной интенсивностью своих значений?
16. Чему равна дисперсия ошибки оценки математического ожидания, полученной осреднением по времени конечного отрезка реализации стационарного «белого шума»?
17. Приведите пример временного ряда, не обладающего эргодическим свойством по отношению к математическому ожиданию.
18. Приведите формулу, позволяющую оценить дисперсию стационарного временного ряда по единственной реализации конечной длины.
19. Приведите формулу, позволяющую оценить значение автоковариационного момента по единственной реализации стационарного временного ряда конечной длины.
20. Как определяется статистический показатель в критерии проверки независимости значений временного ряда по числу пересечений уровня медианы?
21. Какова структура критической области для значений показателя, используемого в критерии числа пересечений уровня медианы?
22. Что значит показатель *p* –*value*, используемый для построения решающего правила в критерии числа пересечений уровня медианы?
23. Как используется значение *p* – *value* при принятии решения относительно справедливости основной гипотезы?
24. Какому закону распределения вероятностей подчиняется число пересечений абсолютно случайного временного ряда уровня медианы? Каковы параметры этого закона?
25. Что называется поворотной точкой в реализации случайного временного ряда?
26. Какова вероятность наличия поворотной точки на временном интервале [*i* – 1, *i* + 1]? Как рассчитывается эта вероятность для абсолютно случайного временного ряда?
27. Каковы математическое ожидание и дисперсия числа поворотных точек абсолютно случайного временного ряда ?
28. Какой статистический показатель используется для принятия решения о независимости выборки в критерии числа поворотных точек? Как распределен этот показатель при условии справедливости гипотезы *H*0?
29. Что характеризует показатель ранговой корреляции Кендалла? Как вычисляется этот показатель?
30. Каков диапазон возможных значений показателя ранговой корреляции Кендалла?
31. Какова структура области допустимых значений и критической области при использовании показателя ранговой корреляции Кендалла для проверки гипотезы о независимости выборки?
32. Какой статистический показатель используется в критерии Бокса – Пирса проверки независимости выборки? Какому закону подчиняется распределение этого показателя?
33. Какова структура критической области для значения показателя, используемого в критерии Бокса – Пирса проверки независимости выборки?
34. Дайте математическое описание функционирования -фильтра.
35. Какова реакция -фильтра на единичное ступенчатое воздействие на предварительно невозбужденный фильтр? Как зависит динамика реакции -фильтра от его параметров?
36. При выполнении какого условия -фильтр является устойчивым?
37. Что означает коэффициент передачи сигнала-фильтром? В каком случае этот коэффициент равен 1?
38. Дайте определение -шума.
39. Чему равна дисперсия -шума в переходном и установившемся режимах?
40. При выполнении каких условий -фильтр обладает сглаживающим свойством, т.е. понижает дисперсию временного ряда?
41. Как качественно влияет значение параметра  -фильтра (при условии ) на значение дисперсии -шума и на длительность переходного процесса?
42. Какому уравнению удовлетворяет автоковариационный момент -шума?
43. Является ли стационарным -шум в переходном режиме?
44. Является ли стационарным -шум в установившемся режиме?
45. Удовлетворяет ли стационарный -шум достаточному условию эргодичности по отношению к математическому ожиданию? Приведите обоснование ответа.
46. В каком случае -шум является нормально распределенным?
47. Почему -фильтр называют иначе фильтром с экспоненциальными весовыми коэффициентами?

Собеседование по теме раздела 2 проводится в случае неудовлетворительной оценки по контрольной работе 2.

**Критерии оценки собеседования**

* Балл от 13 до 15 выставляется студенту, если он ответил более чем на 80% заданных вопросов;
* балл от 11 до 13 выставляется студенту, если он полно ответил на вопросы, составляющие от 60% до 80% от общего числа заданных вопросов;
* балл от 7 до 11 выставляется студенту, если он полно ответил на вопросы, составляющие от 40% до 60% от общего числа заданных вопросов;
* балл менее 5 выставляется студенту, если он полно ответил не более чем на 30% от общего числа заданных вопросов.

Составитель \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ О.А. Мишулина

«\_\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2015 г.

|  |
| --- |
| МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ |
| ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  высшего профессионального образования |
| **«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»** |

Кафедра «Кибернетика»

**Вопросы для собеседования**

по дисциплине«**Статистическая обработка временных рядов**»

**Раздел 3 «Чисто разрывные случайные процессы.**

**Обработка временных рядов линейными фильтрами»**

1. Пуассоновский поток событий. Определение.
2. Дайте объяснение всех использованных в определении обозначений.
3. Распределение случайного числа событий пуассоновского потока на произвольном интервале времени (*t*1, *t*2). Обобщение на случай нестационарного потока событий.
4. Распределение случайного времени между двумя последовательными событиями пуассоновского потока. Среднее время ожидания события пуассоновского потока.
5. Дайте определение чисто разрывного случайного процесса с непрерывным временем и произвольными **действительными** значениями.
6. Что называется интенсивностью скачкообразных изменений чисто разрывного случайного процесса с произвольными **действительными** значениями? От каких аргументов зависит в общем случае функция интенсивности скачков?
7. Как определяется распределение вероятностей чисто разрывного случайного процесса с произвольными **действительными** значениями после скачка?
8. Дайте определение чисто разрывного случайного процесса с непрерывным временем и **счетным множеством** возможных состояний.
9. Что называется интенсивностью скачкообразных изменений чисто разрывного случайного процесса с непрерывным временем и **счетным множеством** возможных состояний? От каких аргументов зависит в общем случае функция интенсивности скачков?
10. Какая характеристика определяет распределение вероятностей чисто разрывного случайного процесса с непрерывным временем и **счетным множеством** возможных состояний после скачка?
11. Какие характеристики чисто разрывного случайного процесса со счетным множеством состояний используются для его описания не в локальной окрестности момента времени, а на произвольных временных интервалах?
12. Почему чисто разрывные случайные процессы являются процессами без последействия? Дайте пояснение.
13. Докажите, что для марковского случайного процесса закон распределения вероятностей второго порядка содержит его полное статистическое описание.
14. Обобщенное уравнение Маркова для чисто разрывного случайного процесса с непрерывным временем и счетным множеством состояний (в скалярной и векторно-матричной формах).
15. Уравнение для вероятностей состояний , выраженных через  и , для чисто разрывного случайного процесса с непрерывным временем и счетным множеством состояний.
16. Прямое уравнение Колмогорова для **вероятностей перехода** чисто разрывного случайного процесса с непрерывным временем и счетным множеством состояний. Вывод уравнения. Начальное условие.
17. Пуассоновский процесс. Определение. Множество возможных значений.
18. Дифференциальное уравнение для вероятностей состояний пуассоновского процесса. Начальное условие. Решение уравнения – распределение вероятностей состояний (закон распределения вероятностей первого порядка).
19. Процесс чистого рождения (Юла - Фарри). Определение (интенсивность скачкообразных изменений процесса, распределение вероятностей после скачка, начальное условие).
20. Процесс чистого рождения (Юла - Фарри). Дифференциальное уравнение для вероятностей состояний (уравнение Колмогорова). Начальное условие.
21. Процесс «чистой гибели». Определение (интенсивность скачкообразных изменений процесса, распределение вероятностей после скачка).
22. Процесс чистой гибели. Дифференциальное уравнение для вероятностей состояний (уравнение Колмогорова). Начальное условие.
23. Импульсная реакция (характеристика) линейной дискретной стационарной системы. Определение. Иллюстрация на примерах. Свойства импульсной характеристики для физически осуществимой линейной дискретной стационарной системы и системы с «конечной памятью».
24. Расчет реакции линейной дискретной стационарной системы (ЛСДС) на произвольный входной сигнал с помощью импульсной характеристики. Вывод основного выражения. Частные случаи: *а*) сигнал поступает с момента времени *k*=0, *б*) ЛСДС является физически осуществимой, *в*) ЛСДС имеет «конечную память».
25. Устойчивость линейной дискретной стационарной системы (ЛСДС). Необходимое и достаточное условие устойчивости, использующее известную импульсную реакцию линейной системы.
26. Понятия статической и динамической ошибок обработки временного ряда линейным фильтром.
27. Каким выражением определяется дисперсия временного ряда на выходе линейной стационарной системы в установившемся режиме при воздействии на ее входе стационарного «белого шума»?
28. В чем состоит задача сглаживания временного ряда линейным стационарным фильтром?
29. Что называется динамической ошибкой сглаживания временного ряда линейным стационарным фильтром?
30. Что называется случайной ошибкой сглаживания временного ряда линейным стационарным фильтром?
31. Что называется коэффициентом подавления помехи линейным стационарным фильтром в установившемся режиме?

Собеседование по теме раздела 3 проводится в случае неудовлетворительной оценки по контрольной работе 3.

**Критерии оценки собеседования**

* Балл от 13 до 15 выставляется студенту, если он ответил более чем на 80% заданных вопросов;
* балл от 11 до 13 выставляется студенту, если он полно ответил на вопросы, составляющие от 60% до 80% от общего числа заданных вопросов;
* балл от 7 до 11 выставляется студенту, если он полно ответил на вопросы, составляющие от 40% до 60% от общего числа заданных вопросов;
* балл менее 5 выставляется студенту, если он полно ответил не более чем на 30% от общего числа заданных вопросов.

Составитель \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ О.А. Мишулина

«\_\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2015 г.

|  |
| --- |
| МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ |
| ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  высшего профессионального образования |
| **«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»** |

Кафедра «Кибернетика»

**Вопросы для собеседования**

**по дисциплине«Статистическая обработка временных рядов»**

**Раздел 4 «Спектральный анализ стационарных временных рядов»**

1. Дайте определение интегрального преобразования Фурье (ДПФ). Напишите формулы прямого и обратного преобразований. Амплитудно- и фазочастотная характеристики функции *x*(*t*).
2. Рассчитайте интегральное преобразование Фурье чисто гармонического сигнала *x*(*t*) = sin(ω0 *t*). С использованием полученного результата напишите формулу спектрального разложения функции *x*(*t*).
3. Рассчитайте интегральное преобразование Фурье чисто гармонического сигнала *x*(*t*) = cos(ω0 *t*). С использованием полученного результата напишите формулу спектрального разложения функции *x*(*t*).
4. Рассчитайте интегральное преобразование Фурье сигнала *x*(*t*) = δ(*t*), где δ(*t*) – δ-функция Дирака. С использованием полученного результата напишите формулу спектрального разложения функции δ(*t*).
5. Что называется частотой Найквиста сигнала *x*(*t*)? Чему равна частота Найквиста для чисто гармонического сигнала *x*(*t*) = sin(ω0 *t*)?
6. Прямое и обратное дискретное преобразование Фурье (ДПФ) бесконечного временного ряда. Определение. Свойство периодичности спектра бесконечного временного ряда. Основной период.
7. Амплитудно- и фазочастотная характеристики бесконечного временного ряда. Свойство симметрии (с обоснованием). Иллюстрация на примере.
8. Максимальная частота в спектре бесконечного временного ряда. Связь с интервалом дискретности (с подробными пояснениями).
9. ДПФ ∆-функции Кронекера. С использованием полученного результата напишите формулу спектрального разложения функции ∆(*nT*). Каковы амплитудно- и фазочастотная характеристики сигнала ∆(*nT*)?
10. Известно, что бесконечный временной ряд *x*(*nT*), *n* = … -2, -1, 0, 1, 2, …, имеет спектр *X*(*i*ω). Чему равен спектр сигнала *y*(*nT*) = *x*((*n–n*0) *T*)? Приведите выражение с выводом.
11. Почему при расчете спектра бесконечного временного ряда рекомендуется предварительно провести его центрирование? Дайте подробное пояснение.
12. Теорема о свертке бесконечных временных рядов.
13. Передаточная функция ЛСДС. Определение. Расчет спектра сигнала на выходе линейной дискретной стационарной системы при известной передаточной функции и заданном спектре входного сигнала.
14. Теорема Парсеваля. Формулировка и доказательство.
15. Иллюстрация справедливости равенства Парсеваля на примере ∆-функции Кронекера
16. Связь спектральных характеристик процессов с непрерывным и дискретным временем (теорема о наложении спектров). Графическая интерпретация теоремы. Выбор интервала дискретизации процесса с непрерывным временем для обеспечения отсутствия информационных потерь при переходе от непрерывного процесса к дискретному.
17. Теорема отсчетов. Интерполяция сигнала по его дискретным измерениям и обсуждение интерполяционной формулы.
18. Спектральная плотность мощности стационарного временного ряда
19. Связь ковариационной функции и спектральной плотности мощности стационарного временного ряда. Рассчитайте спектральную плотность мощности центрированного стационарного «белого шума» с заданной интенсивностью *d*.
20. Дайте определение ряда Фурье конечного временного ряда.
21. Как могут быть вычислены спектральные коэффициенты  ряда Фурье по известному дискретному преобразованию Фурье  конечного временного ряда?
22. Чему равен ряд Фурье для импульсной функции ?
23. Чему равны частоты  базисных функций при разложении конечного временного ряда , в ряд Фурье?
24. Чему равны частота и период максимальной гармоники при разложении конечного временного ряда  в ряд Фурье?
25. Как влияет изменение периода продолжения конечного временного ряда  на его спектральные характеристики?
26. Как изменится спектр Фурье конечного временного ряда, если его сместить по временной оси на *n*0 тактов?
27. Какими свойствами симметрии обладают спектральные коэффициенты Фурье конечного временного ряда?
28. Что называется спектральной характеристикой *ℋk* линейной дискретной стационарной системы с конечной «памятью»?
29. Как связаны спектры входного и выходного временных рядов линейной дискретной стационарной системы с конечной «памятью»?
30. Дайте формулировку теоремы Парсеваля для конечного временного ряда.
31. Что называется спектрограммой конечного временного ряда?
32. В чем состоит теорема о начальном значении  ряда спектральных коэффициентов Фурье?
33. Алгоритм быстрого преобразования Фурье с прореживанием по времени.

Собеседование по теме раздела 4 проводится в случае неудовлетворительной оценки по контрольной работе 4.

**Критерии оценки собеседования**

* Балл от 13 до 15 выставляется студенту, если он ответил более чем на 80% заданных вопросов;
* балл от 11 до 13 выставляется студенту, если он полно ответил на вопросы, составляющие от 60% до 80% от общего числа заданных вопросов;
* балл от 7 до 11 выставляется студенту, если он полно ответил на вопросы, составляющие от 40% до 60% от общего числа заданных вопросов;
* балл менее 5 выставляется студенту, если он полно ответил не более чем на 30% от общего числа заданных вопросов.

Составитель \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ О.А. Мишулина

«\_\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_20 15 г.

|  |
| --- |
| МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ |
| ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  высшего профессионального образования |
| **«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»** |

#### Кафедра «Кибернетика»

**Образец варианта задания контрольной работы 1**

**по дисциплине«Статистическая обработка временных рядов»**

**Раздел 1 «Статистическое описание и примеры случайных временных рядов»**

1. Приведите практический пример случайного процесса с непрерывным временем и множеством возможных значений на отрезке действительных чисел [*a*, *b*]. Изобразите возможные **функции распределения вероятностей** рассматриваемого случайного процесса в разные моменты времени (несколько графиков, оси координат и диапазоны изменения переменных должны быть обозначены).
2. Для какого типа временного ряда одномерный закон распределения вероятностей содержит его полное статистическое описание? Дайте ответ с обоснованием.
3. Что называется нормированным временным рядом (по аналогии с нормированной случайной величиной)? В каких единицах измеряется нормированный временной ряд, если исходный ряд измеряется в [*м*]?
4. Что называется одномерным дифференциальным законом распределения вероятностей случайного **временного ряда** непрерывного типа? Справедливы ли равенства:



Если Вы считаете, что формула неверна, то напишите верную формулу, исправив левую **или** правую часть равенства.

1. Закон распределения вероятностей какого порядка необходимо знать для расчета дисперсии случайного временного ряда? Напишите расчетное выражение для дисперсии, если множество возможных значений временного ряда является конечным.
2. Рассматривается случайный временной ряд  с независимыми приращениями (), который порождается "белым шумом" *X* с затухающей дисперсией: . Выведите выражение для автоковариационного момента  нарисуйте график. Чему равна автоковариационная матрица временного ряда *Z* ?
3. Рассматриваются два случайных временных ряда  
   *X*=(*X*i, *i*[-10, 10]) и *Y*=(*Y*i, *i*[-10, 10]), каждый из которых представлен линейной параметрической моделью:

*Xi = A + B i*,

*Yi = A –*2*B i*,

где случайные величины *A* и *B* - независимые случайные величины со статистическими характеристиками

*mA* = 5, *mB =* 0, *dA =* 0.1, *dB =* 0.02.

Найдите выражение для математического ожидания временного ряда *Z=*(*Zi, i*[-10, 10]), где *Zi=Xi Yi*.

1. Дайте определение интервала корреляции случайного временного ряда. Чему равен интервал корреляции временного ряда , , где - центрированный "белый шум" с постоянной дисперсией *d*. Следует обосновать решение с помощью выражения для автоковариационного момента .
2. Что называется авторегрессионной моделью временного ряда? Напишите выражение. Чем определяется порядок авторегрессии?   
   В каком случае авторегрессионная модель соответствует физически осуществимой обработке данных? Напишите выражение для **линейной** модели авторегрессии 3 порядка с глубиной "памяти" 2. Какие должны быть заданы начальные условия, если моделирование начинается с момента времени *i*=0?
3. Выведите выражение для дисперсии временного ряда на выходе дискретного *RC*-фильтра (начальное условие нулевое) при воздействии на него центрированного "белого шума" с постоянной дисперсией *d*.

Составитель \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ О.А. Мишулина

«\_\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2015 г.

**Критерии оценки**

* Балл от 13 до 15 выставляется студенту, если он правильно ответил не менее чем на 8 вопросов билета;
* балл от 11 до 13 выставляется студенту, если он обозначил направления решения не менее для 8-и вопросов и из них дал полные правильные ответы не менее чем на 6 вопросов;
* балл от 8 до 11 выставляется студенту, если он обозначил направления решения не менее чем для 6-и вопросов и дал полные правильные ответы не менее чем на 4 вопроса билета;
* балл менее 5 выставляется студенту, если он дал полные правильные ответы менее чем на 4 вопроса билета.

|  |
| --- |
| МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ |
| ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  высшего профессионального образования |
| **«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»** |

#### Кафедра «Кибернетика»

**Образец варианта задания контрольной работы 2**

**по дисциплине«Статистическая обработка временных рядов»**

**Раздел 2 «Стационарные временные ряды»**

1. Математическая модель RC-шума. Вывод и решение уравнения для дисперсии RC-шума. Какие параметры модели влияют на дисперсию RC-шума?

2. RC-шум описывается уравнением



где ξi – белый шум интенсивности 1.5. Рассчитайте его корреляционную функцию в установившемся режиме и постройте график. Чему в этом примере равен интервал корреляции RC-шума?

3. Дайте математическое описание бинарного временного ряда *X* случайных переключений в **дискретные моменты времени**. Какие параметры его характеризуют? Обладает ли рассматриваемый временной ряд марковским свойством? Дайте ответ с обоснованием. Выведите уравнение для вероятности Р[*Xi* =0], *i* > 0.

4. Какой случайный процесс называется марковским? Докажите, что для полного статистического описания марковского случайного процесса достаточно знания закона распределения вероятностей второго порядка.

5. Какая характеристика описывает одномерное распределение вероятностей для чисто разрывного случайного процесса с непрерывным временем и **счетным множеством** возможных состояний? Выведите уравнение, которое позволяет рассчитать одномерное распределение вероятностей в момент времени τ, если оно известно в момент времени *t <* τ и задана матрица вероятностей перехода.

6. Дайте определение пуассоновского процесса. К какому классу процессов он относится? Каковы его характеристики? Дайте их определение. Нарисуйте график одной возможной реализации пуассоновского процесса.

Составитель \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ О.А. Мишулина

«\_\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2015 г.

**Критерии оценки**

* Балл от 13 до 15 выставляется студенту, если он правильно ответил не менее чем на 8 вопросов билета;
* балл от 11 до 13 выставляется студенту, если он обозначил направления решения не менее для 8-и вопросов и из них дал полные правильные ответы не менее чем на 6 вопросов;
* балл от 8 до 11 выставляется студенту, если он обозначил направления решения не менее чем для 6-и вопросов и дал полные правильные ответы не менее чем на 4 вопроса билета;
* балл менее 5 выставляется студенту, если он дал полные правильные ответы менее чем на 4 вопроса билета.

|  |
| --- |
| МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ |
| ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  высшего профессионального образования |
| **«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»** |

#### Кафедра «Кибернетика»

**Образец варианта задания контрольной работы 3**

**по дисциплине«Статистическая обработка временных рядов»**

**Раздел 3 «Чисто разрывные случайные процессы.**

**Обработка временных рядов линейными фильтрами»**

1. Пуассоновский поток событий. Определение. Ординарность, стационарность, отсутствие последействия.
2. Процесс Юла–Фарри чистого рождения (деления) клеток в популяции в лабораторном биологическом эксперименте характеризуется параметром λ=5 1/день. Первоначально популяция состояла из одной клетки, а ее рост наблюдается с момента τ=0. Напишите дифференциальное уравнение для *q*1(τ) = P[*X*(τ)=1], τ>0. Какова вероятность того, что через день после начала наблюдения в популяции по-прежнему будет одна клетка? Как изменится это значение для λ=2 1/день?
3. Дайте определения стационарности случайного временного ряда в узком и широком смыслах. Какова связь этих понятий (какой из классов включает в себя другой)? Какие свойства законов распределения вероятностей первого и второго порядков следуют из определения стационарности временного ряда в узком смысле?
4. На вход предварительно невозбужденного RC-фильтра поступают постоянный неслучайный сигнал на уровне *с* и центрированный "белый шум" постоянной интенсивности . Докажите, что в установившемся режиме наблюдаемый на выходе RC-фильтра временной ряд *Y* обладает свойством стационарности. Укажите, какая стационарность имеется в виду: в узком или широком смысле.
5. Дайте определение эргодического свойства временного ряда по отношению к математическому ожиданию. В каком смысле понимается предел случайной последовательности, который использован в определении. Дайте подробное пояснение. Объясните практический смысл эргодического свойства временного ряда.
6. Экспериментальная оценка математического ожидания, дисперсии и корреляционной функции стационарного временного ряда, обладающего эргодическим свойством относительно перечисленных характеристик. Принцип анализа точности построенных оценок.
7. *а*) Какому закону распределения вероятностей подчиняется число пересечений реализацией временного ряда уровня медианы при условии справедливости гипотезы о независимости его значений? Каковы параметры этого распределения?

*б*) Напишите логическое выражение, которое принимает значение «истинно», если в *i*-й момент времени наблюдается поворотная точка реализации временного ряда.

*в*) Дайте определение показателя *τ* ранговой корреляции по Кендаллу.

*г*) Какой статистический показатель используется в критерии Бокса-Пирса проверки гипотезы о независимости значений временного ряда?

Составитель \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ О.А. Мишулина

«\_\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2015 г.

**Критерии оценки**

* Балл от 13 до 15 выставляется студенту, если он правильно ответил не менее чем на 8 вопросов билета;
* балл от 11 до 13 выставляется студенту, если он обозначил направления решения не менее для 8-и вопросов и из них дал полные правильные ответы не менее чем на 6 вопросов;
* балл от 8 до 11 выставляется студенту, если он обозначил направления решения не менее чем для 6-и вопросов и дал полные правильные ответы не менее чем на 4 вопроса билета;
* балл менее 5 выставляется студенту, если он дал полные правильные ответы менее чем на 4 вопроса билета.

|  |
| --- |
| МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ |
| ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  высшего профессионального образования |
| **«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»** |

#### Кафедра «Кибернетика»

**Образец варианта задания контрольной работы 4**

**по дисциплине«Статистическая обработка временных рядов»**

**Раздел 2 «Спектральный анализ стационарных временных рядов»**

1. Линейная стационарная система описывается уравнением регрессии
2. .

Каков порядок этого уравнения? Какие начальные условия следует написать, если предварительно невозбужденная система начинает функционировать в нулевой момент времени? Является ли система физически осуществимой? Требуется обоснование ответа.

2. Дайте определение импульсной характеристики линейной стационарной системы. Рассчитайте импульсную характеристику  
RC-фильтра (приведите подробный расчет).

1. Дайте определение устойчивости линейной стационарной системы. Сформулируйте необходимое и достаточное условие устойчивости. Приведите доказательство **достаточности** приведенного условия.
2. На вход линейной стационарной системы поступает стационарный белый шум ξ*k* интенсивности . Как рассчитать дисперсию временного ряда на выходе системы, если известна ее импульсная характеристика *hk* ? Приведите выражение и дайте его вывод.
3. Какими свойствами обладают амплитудно-частотная и фазочастотная характеристики линейного стационарного фильтра?
4. Теорема Парсеваля (с доказательством). Практическая интерпретация. Спектрограмма бесконечного временного ряда.
5. Связь спектральных характеристик процессов с непрерывным и дискретным временем (теорема о наложении спектров, без доказательства). Графическая интерпретация теоремы.
6. Спектральная плотность мощности дискретного белого шума. Вывод выражения и обсуждение результата.

Составитель \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ О.А. Мишулина

«\_\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2015 г.

**Критерии оценки**

* Балл от 13 до 15 выставляется студенту, если он правильно ответил не менее чем на 8 вопросов билета;
* балл от 11 до 13 выставляется студенту, если он обозначил направления решения не менее для 8-и вопросов и из них дал полные правильные ответы не менее чем на 6 вопросов;
* балл от 8 до 11 выставляется студенту, если он обозначил направления решения не менее чем для 6-и вопросов и дал полные правильные ответы не менее чем на 4 вопроса билета;
* балл менее 5 выставляется студенту, если он дал полные правильные ответы менее чем на 4 вопроса билета.