

ПРОГРАММА
вступительного экзамен для магистерской программы
направление 11.04.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»
профиль «Глобальные инфокоммуникационные сети и системы»
в форме собеседования

Регламент проведения вступительного испытания:

Вступительное испытание в магистратуру по направлению 11.04.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», профиль «Глобальные инфокоммуникационные сети и системы» на 2023/24 учебный год проводится в виде собеседования.

Процедура проведения вступительного испытания:

1. Во время начала испытания Абитуриент должен войти в аудиторию для проведения собеседования. Абитуриент не вправе выходить из помещения, где выполняется задание по вступительному испытанию, и не вправе выносить или вносить в данное помещение посторонние предметы. Присутствие третьих лиц в помещении с экзаменуемым не допускается. Опоздание на вступительное испытание не является основанием для продления времени испытания.
2. Председатель комиссии поочередно называет фамилию, имя и отчество Абитуриента из числа присутствующих и просит экзаменуемого Абитуриента пройти процедуру идентификации. Абитуриент отчетливо произносит свою фамилию, имя и отчество, демонстрируя в развернутом виде документ, удостоверяющий личность, на странице с фотографией.
3. Комиссия выдает Абитуриенту экзаменационное задание, состоящее из трех вопросов, представленных в программе вступительных испытаний.
4. Абитуриенты готовят письменные ответы (не более 1 страницы А4 рукописного ответа на вопрос) на представленные вопросы в течение 45 минут и сдают комиссии.
5. Абитуриент проходит устное индивидуальное собеседование.
6. После заслушивания ответов всех абитуриентов комиссия оглашает результаты собеседования.

Максимальное количество баллов за собеседование: 100 баллов

Программа вступительных испытаний
направление 11.04.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»
профиль «Глобальные инфокоммуникационные сети и системы»

Программа вступительных испытаний для поступающих на программу магистратуры 11.04.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» включает в себя вопросы по следующим основным разделам: «Общая теория связи», «Устройства систем подвижной радиосвязи и цифровая обработка сигналов», «Приемо-передающие устройства и системы электропитания», «Коммутация и сети подвижной радиосвязи».

1. Описание раздела программы вступительных испытаний «Общая теория связи».

Основные закономерности и методы передачи информации по каналам связи, для чего решаются следующие задачи:

- математическое представление сообщений, сигналов, помех каналов связи, методы формирования и преобразования сигналов;
- экономное и помехоустойчивое кодирование, оптимальный прием сигналов, их цифровая обработка, принципы многоканальной передачи и распределение информации в сетях связи;
- анализ и синтез систем передачи и приёма аналоговых и цифровых сообщений в условиях мешающих воздействий, их помехоустойчивость, пропускная способность;
- оптимизация телекоммуникационных систем и устройств на основе вариационных и статистических методов;
- формулирование и решение задачи оптимизации систем связи, творческое применение знаний в области инфокоммуникаций.

2. Описание раздела программы вступительных испытаний «Устройства систем подвижной радиосвязи и цифровая обработка сигналов»

- многостанционные системы. Системы сухопутной подвижной радиосвязи. Методы многостанционного доступа FDMA, TDMA, CDMA;
- основные принципы реализации цифровых систем сухопутной подвижной радиосвязи;
- обработка речи в цифровых системах подвижной радиосвязи;
- способы использования частотного ресурса систем подвижной радиосвязи;
- классификация и стандарты систем связи с подвижными объектами.

3. Описание раздела программы вступительных испытаний «Приемо-передающие устройства и системы электропитания»

- электропитание устройств и систем телекоммуникаций, импульсные и «непрерывные» стабилизаторы и преобразователи постоянного напряжения;
- радиопередающие и радиоприемные устройства радиоэлектронных средств, устройства формирования сигналов, приемопередающие антенны.

4. Описание раздела программы вступительных испытаний «Коммутация и сети подвижной радиосвязи»

- сети персональной связи, спутниковая связь;
- системообразующие признаки (диапазон используемых частот, вид модуляции сигналов, способ соединения системы связи с коммутируемой ТФОП, число обслуживаемых абонентов);
- категории обслуживаемых системой связи абонентов; назначение системы и размер зоны радиопокрытия; метод множественного доступа; схема дуплекса каналов радиолинии, организации информационного обмена в радиоканале двусторонней связи между абонентами либо между базовой станцией и абонентом;
- типы СПР: системы персонального радиовызова; конвенциональные системы связи; транкинговые системы связи; сотовые системы связи.

Примерные вопросы вступительного испытания

Раздел 1. Общая теория связи.

1. Модели непрерывных каналов связи, заданные дифференциальными уравнениями.

1.1. Уравнение состояния и уравнение наблюдения.

1.2. Моделирование систем с использованием метода переменных состояния.

1.3. Задача: Стационарный случайный процесс описывается уравнением состояния

$$\frac{dx(t)}{dt} = -\alpha X(t) + \alpha U(t), \quad X(t_0) = 0$$

и наблюдения

$$Z(t) = K X(t) + N(t),$$

где $U(t)$, $N(t)$ – независимые, центрированные гауссовские дельтакоррелированные стационарные случайные процессы со спектральной плотностью N_U и N_N ;

α и K – константы.

Нарисовать аналоговую схему, моделирующую уравнения состояния и наблюдения. Найти спектральные плотности мощности процессов $X(t)$, $Z(t)$ и их корреляционные функции. Каковы распределения этих процессов?

2. Канал с межсимвольной интерференцией (МСИ) и аддитивным шумом. Память канала с МСИ.

2.1. Понятие МСИ, ее природа.

2.2. Что такое память канала с МСИ?

2.3. Отклик линейного канала.

2.4. Задача: Память канала с МСИ $Q = 5$, а задержка в принятии решения при поэлементном приеме $D = 6$. Какое различное число цепочек двоичных символов при простом кодировании (без избыточности) определяет сигнал на интервале анализа?

3. Случайные линейные каналы связи и их характеристики.

3.1. Характеристики случайного линейного канала связи.

3.2. Многопутевое распространение сигнала.

3.3. Аддитивные помехи в канале, их виды.

3.4. Канал с неопределенной фазой сигнала.

3.5. Задача: Вероятность попадания сосредоточенной помехи в полосе сигнала $P_{\Pi} = 0,001$. Связь считается некачественной, если амплитуды помехи U_{Π} превышает пороговую амплитуду $U_{\text{пор}}$. Найти вероятность некачественной связи, если амплитуда помехи распределена по Рэлею и $U_{\Pi}^2/U_{\text{пор}} = 0,1$.

4. Оптимальные алгоритмы приема дискретных сообщений при полностью известных сигналах (когерентный прием).

4.1. Критерии качества и правила приема.

4.2. Оптимальный демодулятор на основе коррелятора.

4.3. Оптимальный демодулятор с согласованным фильтром.

4.4. Помехоустойчивость когерентного приема.

4.5. Задача: По каналу связи 2СК БП передаются двоичные символы b_1 и b_2 с вероятностями $p(b_1) = 0,65$, $p(b_2) = 0,35$, причем символ b_1 определяется в месте приема на интервале T сигналом $S_1(t) = 0$, а символ b_2 – сигналом $S_2(t) = a = 20^{-2} \text{В}$ (двоичная АИМ). В канале действует АГШ с дисперсией $\sigma^2 = 2 \cdot 10^{-6} \text{Вт}$. Сигналы $S_1(t)$ и $S_2(t)$ известны точно в месте приема.

Какой символ регистрирует приемник оптимальный по критерию минимума средней вероятности ошибки, принимающий решение по одному отсчету смеси $Z(t) = S_i(t) + n(t)$ на интервале T , если в момент принятия решения $Z = 3 \cdot 10^{-3} \text{В}$? Изобразите структурную схему этого приемника.

5. Оптимальный прием дискретных сигналов с неопределенной фазой и амплитудой (некогерентный прием).

5.1. Оптимальное правило приема сигналов с неопределенной фазой.

5.2. Квадратурная схема реализации оптимального приема.

5.3. Фильтровая схема реализации оптимального приема.

5.4. Прием в условиях флуктуации фаз и амплитуд сигналов.

5.5. Вероятности ошибки при некогерентном приеме.

5.6. Задача: Составить схему согласованного фильтра на базе длинной линии задержки с отводами для однополярного сигнала, соответствующего последовательности символов 110110101. Нарисовать структурную схему фильтра и сигнал на выходе.

6. Помехоустойчивое (канальное) кодирование.

6.1. Коды с гарантированным обнаружением и с исправлением ошибок (основные определения).

6.2. Линейные двоичные коды для обнаружения и исправления ошибок.

6.3. Порождающая и проверочная матрицы, синдром. Табличный способ синдромного декодирования.

6.4. Задача: Чему равна избыточность, относительная скорость, минимальное расстояние, число обнаруживаемых и число исправляемых ошибок для кода Хэмминга (7, 4) и кода с общей проверкой на четность (4, 3).

7. Помехоустойчивое (канальное) кодирование и декодирование. Непрерывное кодирование и декодирование.

7.1. Определение интерактивных и каскадных кодов.

7.2. Кодирование в каналах с памятью.

7.3. Системы с обратной связью.

7.4. Сверточные (решетчатые коды).

7.5. Задача: При кодовом ограничении $v = 4$ и скорости кода $R = 1/2$ нарисуйте кодер сверточного кода (13,10). Задайте порождающие полиномы кода.

8. Помехоустойчивость приема непрерывных сообщений.

8.1. Критерии приема.

8.2. Оптимальная оценка отдельных параметров сигнала. Максимально правдоподобные и байесовские оценки.

8.3. Структурные схемы оптимальных демодуляторов.

8.4. Задача: Найти оптимальную оценку амплитуды сигнала γ , если принимаемый сигнал представлен в виде $\gamma S(t, \theta)$, где θ – фаза сигнала, случайна и может считаться равномерно распределенной на интервале $(-\pi, \pi)$.

9. Принципы многоканальной связи.

9.1. Структурная схема системы многоканальной связи.

9.2. Частотное и временное разделение сигналов.

9.3. Системы передачи с шумоподобными сигналами.

9.4. Задача: Определите ширину спектра группового сигнала 12-канальной системы однополосной ЧРК при условии, что каждое канальное сообщение занимает полосу частот 300...3400 Гц, а защитный промежуток Δf_z составляет 30% от разнеса между поднесущими частотами. Нарисуйте частотную картинку для этого случая.

Раздел 2. Устройства систем подвижной радиосвязи и цифровая обработка сигналов.

10. Разработать алгоритм процедуры трехкаскадного дециматора, оптимизированный для реализации на процессоре семейства ADSP-218x. Привести структурную схему дециматора. Определить выходную задержку дециматора.

11. Разработать алгоритм процедуры трехкаскадного интерполятора, оптимизированный для реализации на процессоре семейства ADSP-218х. Привести структурную схему интерполятора.

12. Требуется система ЦОС, в реальном времени выполняющая следующий алгоритм:

$$y(n) = a_0x(n) + a_1x(n-1) + a_2x(n-2) + \dots + a_{N-1}x[n-(N-1)]$$

Сколько времени (в тактах) затратит умножитель-накопитель на получение каждой выходной выборки?

13. Определить пропускную способность умножителя-накопителя, если время обращения к памяти равно 150нс, время умножения – 100нс, время сложения – 100нс, служебные издержки на каждом каскаде конвейера – 5нс.

14. В состав системы ЦОС реального времени входит 16-битовый биполярный АЦП. Полоса обрабатываемого сигнала составляет 0 ... 8 кГц. Требуется оценить минимальное затухание в полосе подавления A_{\min} для фильтра защиты от наложения спектров.

15. Для выделения сигнала в нужном канале в устройстве предварительной обработки данных приемника многоканальной системы связи используется полосовой фильтр. Предположив, что фильтр идеальный и имеет характеристики:

$$H(f) = 1 \quad 60 \text{ кГц} \leq f \leq 70 \text{ кГц}$$

0 - в других случаях, требуется найти минимальную теоретическую частоту дискретизации и изобразить спектр сигнала до дискретизации и после дискретизации.

16. В устройстве предварительной обработки данных динамический диапазон АЦП составляет 70 дБ, а выборки нужно оцифровывать с точностью 1/2 МЗР. Требуется найти минимальное разрешение АЦП в битах и максимальное допустимое апертурное время, предположив, что максимальная частота сигнала равна 20 кГц.

17. В цифровой системе обработки речевых данных для оцифровки аналогового входного сигнала с частотными компонентами в диапазоне 0...4 кГц используется метод выборки с запасом по частоте и 8-битовый биполярный преобразователь. Требуется оценить эффективное разрешение преобразователя (в битах), если частота дискретизации равна 40 МГц.

18. В системе обработки при нескольких скоростях используется трехкаскадный дециматор для уменьшения частоты дискретизации с 3072 кГц до 48 кГц. Предполагая что шаги дискретизации – 8, 4 и 2, требуется: указать частоту дискретизации на выходе каждого каскада, выразить общее число операций умножения в секунду и общую требуемую память через длины фильтров N_1 , N_2 и N_3 .

19. В схема детектирования тонов ДТМЧ для цифрового кнопочного телефона используется фильтр Горцеля второго порядка. Требуется вычислить коэффициенты фильтра для декодирования цифр в приемнике, если набрано “99”.

20. Схема детектирования ДТМЧ сигнала в цифровом телефоне использует ряд фильтров Горцеля второго порядка для извлечения тонов ДТМЧ и их вторых гармоник. Если тоны для цифры “0” – 941 и 1336 Гц, определите значения коэффициентов в цепи обратной связи фильтров Горцеля для нижнего тона (941 Гц), если для основной и второй гармоники используются соответственно значения $N=205$ и $N=210$, а номера соответствующих дискретных частот – 24 и 47.

21. Для цифрового восстановления тактовой синхронизации в модеме 4,8Кбит/с при частоте дискретизации 153,6 кГц используется полосовой цифровой фильтр. Фильтр характеризуется следующей передаточной функцией:

$$H(z) = (1 + a_1z^{-1} + a_2z^{-2})^{-1}$$

$$\text{где } a_1 = -1,957558 \text{ и } a_2 = 0,995913$$

Требуется оценить влияние квантования коэффициентов до 8 бит на положение полюсов, а следовательно, центральную частоту.

22. Разработать алгоритм формирования двухтонального сигнала на базе процессора семейства ADSP-218х.

Раздел 3. Приемно-передающие устройства и системы электропитания

23. Эквивалентные схемы и параметры приемных антенн.
24. Входная цепь с емкостной связью с антенной.
25. Входная цепь с трансформаторной связью с антенной.
26. Входные цепи приемников СВЧ.
27. Усилители высокой (радио) частоты.
28. Транзисторные преобразователи (смесители) частоты.
29. Диодные смесители СВЧ.
30. Детекторы АМ-колебаний.
31. Детекторы радиоимпульсов (амплитудная модуляция).
32. УПЧ с сосредоточенной избирательностью. Типы ФСС.
33. УЧП с распределенной избирательностью.
34. Частотные детекторы.
35. Фазовые детекторы.
36. Автоматическая регулировка усиления (АРУ).
37. Автоматическая регулировка частоты (ЧАРЧ).
38. Фазовая автоматическая регулировка частоты (ФАРЧ).
39. Выпрямители с активной нагрузкой, нагрузкой типа RC и RL.
40. Сглаживающие фильтры.
41. Выпрямители напряжения импульсной формы.
42. Источники питания с нагрузкой импульсного характера (накопители типа C, L и длинной линии).
43. «Непрерывные» стабилизаторы постоянного напряжения.
44. Преобразователи постоянного напряжения в напряжение импульсной формы.
45. Импульсные стабилизаторы постоянного напряжения.

Раздел 4. Коммутация и сети подвижной радиосвязи

46. Сети персональной спутниковой связи (СПСС). Структурная блок-схема.
47. Космический сегмент СПСС: расчет высоты орбиты, угол склонения орбиты, угол возвышения. Спутники GEO, MEO, LEO, NEO.
48. Маршрутизация и переключения в СПСС, HLR, VLR, SUMR.
49. Кодирование речи: общие положения, практические приложения, классификация методов кодирования.
50. ИКМ с равномерным квантованием.
51. Обработка речи в стандарте GSM. Упрощенная блок-схема кодека речи стандарта GSM.
52. Код HDB3.
53. Многомодовые ОВ. Одномодовые ОВ.
54. Плезиохронная цифровая иерархия (PDH). Основные понятия.
55. Синхронная цифровая иерархия (SDH). Основные понятия.
56. Принципы построения телефонной сети общего пользования: основные понятия, классификация.
57. Система и план нумерации на сетях связи стран 7-й зоны всемирной нумерации: основные принципы.
58. Нумерация на федеральных сетях сухопутной подвижной радиотелефонной связи.
59. Характеристики трафика, понятия систем с потерями, систем с ожиданием, Эрланга, интенсивности нагрузки.
60. Большие и малые группы.
61. Сигнализация в сетях связи: основные понятия, классификация.
62. Сигнализация по 2ВСК: сценарий обмена сигналами при местном вызове.
63. Многочастотная сигнализация импульсный челнок.

64. Многочастотная сигнализация безынтервальный импульсный пакет.
65. Форматы сигнальных единиц ОКС-7.
66. Коммутация: основные понятия и определения, виды, методы.
67. Неблокируемый трехзвенный коммутатор.
68. Обобщенная структурная схема цифровой АТС.

Рекомендуемая литература.

1. Маковеева М.М., Шинаков Ю.С. Системы связи с подвижными объектами. – М.: Радио и связь, 2002. - 440 с.
2. Прокис, Джон. Цифровая связь. Пер. с англ./Под ред. Д.Д. Кловского.–М.: Радио и связь, 2000.
3. Скляр, Бернард. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. Изд. 2-е, испр.: Пер. с англ.– М.: Издательский дом «Вильямс», 2003.
4. Нефедов, В. И. Общая теория связи учебник для вузов по инж.-техн. направлениям и специальностям В. И. Нефедов, А. С. Сигов ; под ред. В. И. Нефедова ; Моск. технол. ун-т. - М.: Юрайт, 2016. - 495 с., ил.
5. Теория электрической связи: Учебник для вузов/ А.Г. Зюко, Д.Д. Кловский, В.И. Коржик, М.В. Назаров; Под ред. Д.Д. Кловского. – М.: Радио и связь, 1999.
6. Карташевский, В. Г. Сети подвижной связи В. Г. Карташевский, С. Н. Семенов, Т. В. Фирстова. - М.: Эко-Трендз, 2001. - 299 с., ил.
7. Бабков, В. Ю. Сети мобильной связи. Частотно-территориальное планирование Текст учеб. пособие для вузов по направлению подгот. бакалавров и магистров 550400 - "Телекоммуникации" и по направлению подгот. дипломир. специалистов 654400 - "Телекоммуникации" В. Ю. Бабков, М. А. Вознюк, П. А. Михайлов. - 2-е изд., испр. - М.: Горячая линия-Телеком, 2007.
8. Маковеева, М. М. Системы связи с подвижными объектами Учеб. пособие для вузов связи по специальности 201200 "Средства связи с подвиж. объектами" М. М. Маковеева, Ю. С. Шинаков. - М.: Радио и связь, 2002. -438 с., ил.
9. Мухин, А. М. Энциклопедия мобильной связи Т. 1 Системы связи подвижной службы общего пользования В 2 т. А. М. Мухин, Л. С. Чайников. -СПб.: Наука и техника, 2001. - 236 с. ил.
10. Белов, Л. А. Устройства генерирования и формирования радиосигналов Учеб. для вузов по направлению "Радиотехника" Л. А. Белов, В. М. Богачев, М. В. Благовещенский и др.; Под ред. Г. М. Уткина и др. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Радио и связь, 1994. - 416 с. ил.
11. Головин, О. В. Устройства генерирования, формирования, приема и обработки сигналов Учеб. пособие для вузов и фак. телекоммуникаций и радиотехн. специальностей О. В. Головин. - М.: Горячая линия - Телеком, 2014. - 782 с. ил.
12. Радиопередающие устройства Учеб. для вузов по специальности 2011 "Радиосвязь, радиовещание, телевидение" В. В. Шахгильдян, В. Б. Козырев, А. А. Ляховкин и др.; Под ред. В. В. Шахгильдяна. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Радио и связь, 2003. - 559 с., ил.
13. Петров, Б. Е. Радиопередающие устройства на полупроводниковых приборах Учеб. пособие для радиотехн. спец. вузов. - М.: Высшая школа, 1989. - 232 с. ил.
14. Радиоприемные устройства. Учеб. для студентов вузов по специальностям "Радиосвязь, радиовещание и телевидение" и "Средства связи с подвиж. объектами" Н. Н. Фомин, Н. Н. Буга, О. В. Головин и др.; Под ред. Н. Н. Фомина. - М.: Радио и связь, 1996. - 510 с. ил.
15. Буга, Н. Н. Радиоприемные устройства Учебник Н. Н. Буга, А. И. Фалько, Н. И. Чистяков; Под общ. ред. Н. И. Чистякова. - М.: Радио и связь, 1986. - 320 с. ил.
16. Радиоприемные устройства. Учеб. пособие для радиотехн. специальностей вузов Н. В. Бобров и др.: под ред. Н. В. Боброва. - М.: Советское радио, 1971. - 495 с. черт.

17. Бобров, Н. В. Радиоприемные устройства. - 2-е изд., доп. - М.: Энергия, 1976. - 367 с. ил.
18. Горшелев, В. Д. Основы проектирования радиоприемников В, Д. Горшелев, З. Г. Красноцветова, Б. Ф. Федорцов. - Л.: Энергия. Ленинградское отделение, 1977. - 384 с., ил.
19. Радиосвязь. О. В. Головин и др.; под ред. О. В. Головина. - 3-е изд., стер. - М.: Горячая линия - Телеком, 2014. - 284 с., ил.
20. Бакалов, В. П. Основы анализа цепей учеб. пособие для вузов по направлению 210700 "Инфокоммуникационные технологии и системы связи"(бакалавр/магистр) В. П. Бакалов, О. Б. Журавлева, Б. И. Крук. - 2-е изд., стер. - М.: Горячая линия - Телеком, 2014. - 591 с., ил., граф.
21. Берлин, А. Н. Сотовые системы связи учеб. пособие А. Н. Берлин. - М.: Интернет-Университет Информационных Технологий : БИНО, 2011.
22. Берлин, Б. З. Волоконно-оптические системы связи на ГТС. Справочник Б. З. Берлин, А. С. Брискер, В. С. Иванов; Под ред. А. С. Брискера, А. Н. Голубева. - М.: Радио и связь, 1994. - 171, с. ил.
23. Горностаев, Ю. М. Перспективные спутниковые системы связи Ю. М. Горностаев, В. В. Соколов, Л. М. Невдяев. - М.: Горячая линия-Телеком, 2000.
24. Гольдштейн, Б. С. Автоматическая коммутация учебник для сред. проф. образования Б. С. Гольдштейн, В. А. Соколов. - М.: Академия, 2007. - 264, [1] с. ил., табл.
25. Гольдштейн, Б. С. Сигнализация R1.5 Справ. Б. С. Гольдштейн, Н. Г. Сибирякова, А. В. Соколов. - СПб.: БХВ-Санкт-Петербург, 2004. - 453 с. ил.
26. Гольдштейн, Б. С. Сигнализация в сетях связи Т. 1 Б. С. Гольдштейн. - 3-е изд. - М.: Радио и связь, 2001. - 446 с., ил.
27. Гольдштейн, Б. С. Системы коммутации Учеб. для вузов по специальности 200900 "Сети связи и системы коммутации" и др. Б. С. Гольдштейн. - 2-е изд. - СПб.: БХВ-Санкт-Петербург, 2004. - 312, с.
28. Гольдштейн, А. Б. Технология и протоколы MPLS А. Б. Гольдштейн, Б. С. Гольдштейн. - СПб.: БХВ-Санкт-Петербург, 2005. - 301 с.
29. Гольдштейн, Б. С. Call-центры и компьютерная телефония Б. С. Гольдштейн, В. А. Фрейнкман. - 2-е изд., стер. - СПб.: БХВ-Санкт-Петербург, 2006. - 366 с., ил.
30. Гольдштейн, Б. С. Стек протоколов ОКС7. Подсистема ISUP Справ. Б. С. Гольдштейн, И. М. Ехриель, Р. Д. Рерле. - СПб.: БХВ-Санкт-Петербург, 2003. - 479 с. ил.
31. Беллами, Д. К. Цифровая телефония Д. К. Беллами; Пер. с англ. Н. В. Бритун, М. В. Ушаковой; Пер. под ред. А. Н. Берлина, Ю. Н. Чернышова. -3-е изд. - М.: Эко-Трендз, 2004. - 639 с., ил.
32. Вентцель, Е. С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения. Текст учеб. пособие для втузов Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров. - 2-е изд., стер. -М.: Высшая школа, 2000. - 479 с., ил.
33. Крылов, В. В. Теория телетрафика и ее приложения Учеб. пособие для вузов по специальности 200900 "Сети связи и системы коммутации" В. В. Крылов, С. С. Самохвалова. - СПб.: БХВ-Петербург, 2005. - 288 с.
34. Контроль качества в телекоммуникациях и связи Ч. 2. Обслуживание. Качество услуг. Бизнес-управление Качество услуг Бизнес управление А. В. Засецкий, А. Б. Иванов, С. Д. Постников, И. В. Соколов; Под общ. ред. А. Б. Иванова. - М.: Сайрус Системс, 2001. - 335 с., ил.