

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский  
Мордовский государственный университет  
им. Н.П. Огарёва»



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
МОРДОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ Н. П. ОГАРЁВА



УТВЕРЖДАЮ  
проректора по научной работе  
ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва»  
П.В. Сенин  
30 сентября 2020 г.

**Программа вступительного испытания  
по программе подготовки научно-педагогических кадров  
в аспирантуре  
по специальной дисциплине**

**Направление подготовки  
09.06.01 Информатика и вычислительная техника**

Саранск 2020

**РАЗРАБОТАНО:**

Доцент кафедры прикладной математики,  
дифференциальных уравнений и теоретической механики

 А.О. Сыромясов

30 сентября 2020

**СОГЛАСОВАНО:**

Зав. кафедрой прикладной математики,  
дифференциальных уравнений и теоретической механики

 Р.В. Жалнин

30 сентября 2020

Декан факультета математики  
и информационных технологий

 И.И. Чучаев

30 сентября 2020

Зав. кафедрой автоматизированных систем  
обработки информации и управления

 С.А. Федосин

30 сентября 2020

Директор института электроники и светотехники

 О.Е. Железникова

30 сентября 2020

Начальник управления подготовки  
кадров высшей квалификации

 О.Н. Агеева

30 сентября 2020

## Пояснительная записка

Программа вступительного испытания в аспирантуру по направлению 09.06.01 Информатика и вычислительная техника разработана на основе федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по программам специалитета и магистратуры. Прием в аспирантуру ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарева» в рамках направления подготовки 09.06.01 Информатика и вычислительная техника проводится на профиль Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Поступающий в аспирантуру по направлению 09.06.01 Информатика и вычислительная техника должен:

- **Знать:** основные принципы и этапы математического моделирования, положения теории принятия решений.

- **Уметь:** решать стандартные экстремальные задачи, задачи теории вероятностей и математической статистики, реализовывать стандартные алгоритмы на языках программирования высокого уровня.

- **Владеть:** основными алгоритмами дискретной математики, численными методами, методами регрессионного анализа.

Поскольку направление подготовки 09.06.01 допускает защиту диссертации на степень кандидата физико-математических или технических наук, программа вступительного испытания включает в себя общую и специальную части. Общая часть обязательна для предварительного освоения всеми поступающими на данный профиль подготовки. Специальная часть приводится отдельно для поступающих в аспирантуру по физико-математическим наукам и отдельно – по техническим наукам.

Экзаменационный билет на вступительном испытании содержит три вопроса по направлению подготовки Информатика и вычислительная техника.

### Критерии оценки знаний поступающего в аспирантуру

**90 и более баллов выставляется поступающему, который:**  
– показал глубокие и полные знания программного материала;

- четко и ясно излагает материал, грамотно его применяет в ходе научного анализа конкретных практических ситуаций;
- изучил не только учебную, но и научную литературу, знаком с современными проблемами математического моделирования и информационных технологий;
- владеет методами научного исследования, способен к самостоятельному накоплению и освоению знаний в ходе дальнейшей научно-исследовательской работы;
- допустил при ответе отдельные неточности, но исправил их после замечания преподавателя.

***80–89 баллов выставляется поступающему, который:***

- раскрыл содержание материала в объеме, предусмотренном программой;
- свободно владеет понятийно-терминологическим аппаратом;
- изучил основную литературу;
- допустил при ответе отдельные неточности и пробелы, не искажившие в целом правильного ответа.

***70–79 баллов выставляется поступающему, который:***

- недостаточно полно ответил на поставленные вопросы в экзаменационном билете;
- усвоил основные категории и положения дисциплины;
- владеет материалом в объеме основной учебной литературы;
- при ответе допускает несущественные ошибки;
- не может аргументировано обосновать свою позицию.

***менее 70 баллов выставляется поступающему, который:***

- не знает основного программного материала;
- не владеет понятийным аппаратом специальной дисциплины;
- в ходе ответа допустил существенные ошибки, и не может их исправить после замечания преподавателя.

## **Содержание программы**

### **Общая часть**

*Математическое моделирование.* Понятие математической модели. Элементарные математические модели в механике, гидродинамике, электродинамике. Математические модели в статистической механике, экономике, биологии, информатике. Методы построения математических моделей на основе фундаментальных законов природы.

*Экстремальные задачи. Выпуклый анализ.* Математическое программирование, линейное программирование, выпуклое программирование. Выпуклые задачи на минимум. Задачи на минимакс. Принцип динамического программирования.

*Дискретная математика.* Комбинаторные методы дискретного анализа. Классические задачи комбинаторного анализа. Разбиения, перестановки, размещения, сочетания. Основные комбинаторные тождества.

Основные понятия теории графов. Применение теории графов к моделированию компьютерных и транспортных сетей. Поисковые алгоритмы на графах (поиск в глубину и ширину, алгоритм Дейкстры). Остовные деревья, алгоритмы Прима и Крускала.

Оптимальное кодирование. Код Хаффмена. Помехоустойчивое кодирование. Процедура кодирования и декодирования кода Хемминга. Принцип Кирхгофа построения шифров. Мера стойкости шифра. Необходимое условие абсолютной устойчивости шифра.

*Теория вероятностей. Математическая статистика.* Аксиоматика теории вероятностей. Вероятность, условная вероятность. Независимость событий. Случайные величины и векторы. Элементы корреляционной теории случайных векторов. Элементы теории случайных процессов. Точечное и интервальное оценивание параметров распределения. Элементы теории проверки статистических гипотез. Элементы многомерного статистического анализа. Основные понятия теории статистических решений. Основы теории информации.

*Регрессионный анализ данных.* Основные положения регрессионного анализа. Регрессионная идентификация линейной статической системы. Планирование активного эксперимента при поиске оптимальных условий. Основания метода наименьших квадратов и его применение к анализу систем. Применение интерполяционных многочленов к анализу и обработке данных. Двухфакторный дисперсионный анализ. Обработка результатов дисперсионного анализа.

*Теория принятия решений.* Общая проблема решения. Функция потерь. Байесовский и минимаксный подходы. Последовательное принятия решений.

*Численные методы.* Интерполяция и аппроксимация функциональных зависимостей. Численное дифференцирование и интегрирование. Численные методы поиска экстремума. Вычислительные методы линейной алгебры. Численные методы решения систем дифференциальных уравнений. Сплайн-аппроксимация, интерполяция.

*Алгоритмические языки.* Общие сведения о языках программирования. Классификация языков: машинно-ориентированные и процедурно-ориентированные языки. Языки 4-го поколения. Основные принципы объектно-ориентированного программирования. Понятие объекта. Инкапсуляция данных. Наследование. Полиморфизм.

Организация и хранение данных. Массивы, таблицы, списки, деревья. Организация данных на внешних носителях. Файлы: описания и операции.

Общая характеристика машинно-ориентированного языка. Алфавит языка, форматы операторов. Способы адресации и команды в языке. Описание данных. Операторы языка. Особенности представления и обработки данных в ЭВМ. Классификация типов представления данных на машинном уровне. Преобразование типов числовых данных.

Подпрограммы. Организация подпрограмм. Передача управления. Передача параметров и возврат результатов на уровне машинно-ориентированного и процедурно-ориентированного языков.

Основные понятия трансляции. Принципы трансляции с ассемблера. Функции и структура транслятора.

Надежность программного обеспечения.

Основные положения структурного программирования.

Вычислительная сложность алгоритмов. Классы задач P и NP, сводимость задач по Карпу и по Тьюрингу. NP-полнота.

*Математическое моделирование.* Вариационные принципы построения математических моделей. Устойчивость. Проверка адекватности математических моделей.

*Численные методы.* Метод конечных элементов. Принципы проведения вычислительного эксперимента. Модель, алгоритм, программа.

*Элементы теории функций и функционального анализа.* Понятие меры и интеграла Лебега. Метрические и нормированные пространства. Пространства интегрируемых функций. Линейные непрерывные функционалы. Теорема Банаха об операторе сжатия. Линейные операторы. Элементы спектральной теории. Дифференциальные и интегральные операторы.

*Экстремальные задачи.* Основы вариационного исчисления. Задачи оптимального управления. Принцип максимума.

*Модели динамических систем.* Особые точки. Бифуркации. Динамический хаос.

#### Специальная часть – технические науки

*Теория массового обслуживания.* Понятие системы массового обслуживания (СМО). Классификация СМО. Поток заявок. Простейший поток. Поток с переменным параметром. Стационарные потоки. Потоки типа Пальма. Предельная теорема. Марковский поток. Уравнения Эрланга. Процесс типа «гибель и размножение».

*Случайные процессы.* Случайные процессы, основные понятия, их классификация, теорема Маркова о транзитивных цепях, эргодическая теорема, уравнение Чепмена-Колмогорова для дискретных и непрерывных цепей.

*Телекоммуникационные системы.* Элементы и функции телекоммуникационных систем. Типы сигналов: аналоговые и цифровые. Теорема Котельникова. Дискретизация непрерывных линейных систем управления. Критерии устойчивости цифровых систем управления. Дискретная фильтрация. Алгоритмы дискретных фильтров. Частотные характеристики линейных

дискретных фильтров. Модель взаимодействия открытых систем (OSI). Протоколы телекоммуникационных систем. Типы коммуникационных каналов. Характеристики коммуникационных каналов. Коммуникационные устройства. Телекоммуникационное программное обеспечение.

*Идентификация систем.* Методы оценивания параметров систем линейных одновременных уравнений. Косвенный и двухшаговый метод наименьших квадратов. Метод максимального правдоподобия с ограниченной и полной информацией. Результаты эмпирических исследований свойств оценок параметров, получаемых различными методами. Применимость методов оценивания к уравнениям с различными типами идентифицируемости.



## Перечень вопросов к вступительным испытаниям

### Общая часть

1. Понятие математической модели.
2. Элементарные математические модели в механике, гидродинамике, электродинамике.
3. Методы построения математических моделей на основе фундаментальных законов природы.
4. Выпуклые задачи на минимум.
5. Математическое программирование.
6. Линейное программирование.
7. Задачи на минимакс.
8. Принцип динамического программирования.
9. Разбиения, перестановки, размещения, сочетания. Основные комбинаторные тождества.
10. Поисковые алгоритмы на графах: поиск в глубину, в ширину, алгоритм Дейкстры.
11. Остовные деревья. Алгоритмы Прима и Крускала.
12. Оптимальное кодирование. Код Хаффмена.
13. Помехоустойчивые коды. Код Хемминга.
14. Стойкость шифра. Принцип Кирхгофа. Необходимое условие абсолютной устойчивости шифра.
15. Аксиоматика теории вероятностей.
16. Независимость событий.
17. Случайные величины и векторы.
18. Элементы корреляционной теории случайных векторов.
19. Основные понятия теории случайных процессов.
20. Точечное и интервальное оценивание параметров распределения.
21. Последовательность проверки статистических гипотез.
22. Основы теории информации.

23. Общая проблема принятия решения. Функция потерь.
24. Байесовский и минимаксный подходы в теории принятия решений.
25. Метод последовательного принятия решения.
26. Интерполяция и аппроксимация функциональных зависимостей.
27. Численное дифференцирование и интегрирование.
28. Вычислительные методы линейной алгебры.
29. Численные методы решения дифференциальных уравнений.
30. Сплайн-аппроксимация. Интерполяция.
31. Машинно-ориентированные и процедурно-ориентированные языки программирования.
32. Организация и хранение данных в ЭВМ.
33. Основные принципы объектно-ориентированного программирования. Инкапсуляция. Наследование. Полиморфизм.
34. Организация подпрограмм на уровне машинно-ориентированного и процедурно-ориентированного языков.
35. Основные понятия трансляции. Принципы трансляции с ассемблера.
36. Вычислительная сложность алгоритмов. Классы задач P и NP.

#### Специальная часть – физико-математические науки

1. Вариационные принципы построения математических моделей.
2. Проверка адекватности математических моделей.
3. Метод конечных элементов.
4. Вычислительный эксперимент. Модель, алгоритм, программа.
5. Понятие меры и интеграла Лебега.
6. Метрические и нормированные пространства.
7. Пространства интегрируемых функций.
8. Пространства Соболева.
9. Линейные непрерывные функционалы.
10. Теорема Банаха об операторе сжатия.
11. Линейные операторы.

12. Элементы спектральной теории.
13. Дифференциальные и интегральные операторы.
14. Основы вариационного исчисления.
15. Задачи оптимального управления.
16. Принцип максимума Понтрягина.
17. Модели динамических систем. Особые точки.
18. Бифуркации. Хаос.

### Специальная часть – технические науки

1. Элементы и функции телекоммуникационных систем. Типы сигналов: аналоговые и цифровые. Теорема Котельникова.
2. Дискретизация непрерывных линейных систем управления. Критерии устойчивости цифровых систем управления.
3. Дискретная фильтрация. Алгоритмы дискретных фильтров.
4. Частотные характеристики линейных дискретных фильтров.
5. Протоколы телекоммуникационных систем
6. Типы коммуникационных каналов. Характеристики коммуникационных каналов.
7. Коммуникационные устройства. Телекоммуникационное программное обеспечение.
8. Модель взаимодействия открытых систем (OSI).
9. Понятие системы массового обслуживания (СМО). Классификация СМО.
10. Поток заявок. Простейший поток. Поток с переменным параметром.
11. Стационарные потоки. Потоки типа Пальма.
12. Предельная теорема. Марковский поток.
13. Уравнения Эрланга. Процесс типа «гибель и размножение».
14. Случайные процессы, основные понятия, их классификация
15. Теорема Маркова о транзитивных цепях, эргодическая теорема, уравнение Чепмена-Колмогорова для дискретных и непрерывных цепей.

16. Методы оценивания параметров систем линейных одновременных уравнений. Косвенный и двухшаговый метод наименьших квадратов.
17. Методы оценивания параметров систем линейных одновременных уравнений. Метод максимального правдоподобия с ограниченной и полной информацией.
18. Результаты эмпирических исследований свойств оценок параметров, получаемых различными методами. Применимость методов оценивания к уравнениям с различными типами идентифицируемости.

### **Рекомендуемая литература**

#### Основная литература

1. Колмогоров А.Н., Фомин С.В. Функциональный анализ. М.: Наука, 1984.
2. Васильев Ф.П. Численные методы решения экстремальных задач. М.: Наука, 1981.
3. Боровков А.А. Теория вероятностей. М.: Наука, 1984.
4. Боровков А.А. Математическая статистика. М.: Наука, 1984.
5. Калиткин Н.Н. Численные методы. М.: Наука, 1978.
6. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование. М.: Физматлит, 1997.
7. Математическое моделирование / Под ред. А.Н. Тихонова, В.А. Садовниченко и др. М.: Изд-во МГУ, 1993.
8. Лебедев В.В. Математическое моделирование социально-экономических процессов. М.: ИЗОГРАФ, 1997.
9. Петров А.А., Поспелов И.Г., Шананин А.А. Опыт математического моделирования экономики. М.: Энергоатомиздат, 1996.
10. Пытьев Ю.П. Методы математического моделирования измерительно-вычислительных систем. М.: Физматлит, 2002.

11. Волкова В. Н. Теория систем: учебное пособие / В. Н. Волкова, А. А. Денисов. - М.: «Высшая школа», 2009.
12. Качала В. В. Основы теории систем и системного анализа. Учебное пособие для вузов. - М.: «Горячая линия» - Телеком, 2007.
13. Анфилатов В.С., Емельянов А.А., Кукушкин А.А. Системный анализ в управлении: Учебное пособие / Под ред. А.А. Емельянова. – М.: Финансы и статистика, 2009.
14. Математические методы в управлении: Учебное пособие / Гармаш А.Н., Орлова И.В. - ИНФРА-М, Вузовский учебник; М., 2012.
15. Пантелеев, А.В., Летова, Т.А. Методы оптимизации в примерах и задачах: учебное пособие для студентов высших технических учебных заведений / А.В. Пантелеев, Т.А. Летова. – М.: Высш. шк., 2007.
16. Понтрягин Л.С. Обыкновенные дифференциальные уравнения. М.:Наука, 1998 г.
17. Интрилигатор, М. Математические методы оптимизации и математическая экономика / М. Интрилигатор. – М.: АЙРИС ПРЕСС, 2007.
18. Муха В. С. Вычислительные методы и компьютерная алгебра: учеб.-метод. пособие. - 2-е изд., испр. и доп. - Минск: БГУИР, 2010.
19. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. М.: ГИТТЛ, 1953 г.
20. Экономико-математические методы и модели; компьютерное моделирование /Орлова И.В., Половников В.А. 2-е изд., испр. и доп. - Вузовский учебник Инфра-М; М, 2011.
21. Хемди А. Таха Глава 14. Теория игр и принятия решений // Введение в исследование операций = Operations Research: An Introduction. - 7-е изд. - М.: «Вильямс», 2007.
22. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем: Учеб. для вузов по спец. «Автоматизир. системы обработки информ. и упр.». – М.: Высш. шк., 2007.

23. Паклин Н. Б., Орешков В. И. Бизнес-аналитика: от данных к знаниям (+ CD). - СПб.: Изд. Питер, 2009.
24. Журавлёв Ю.И., Рязанов В.В., Сенько О.В. Распознавание. Математические методы. Программная система. Практические применения. - М.: Изд. «Фазис», 2006.
25. Юдин Д.Б. Вычислительные методы теории принятия решений. – Краснодар, 2010.
26. Вентцель Е.С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология. – М.: КНОРУС, 2010.
27. Буч Г., Якобсон А., Рамбо Дж. UML. Классика CS. 2-е изд. / Пер. с англ.; Под общей редакцией проф. С. Орлова - СПб.: Питер, 2006.
28. Ильин В.В. Моделирование бизнес-процессов. Практический опыт разработчика. - Вильямс, 2006.
29. Строгалев В. П., Толкачева И. О. Имитационное моделирование. – МГТУ им. Баумана, 2008.
30. Каталевский Д.Ю. Основы имитационного моделирования и системного анализа в управлении: Учебное пособие. - М.: Изд-во Московского университета, 2011.
31. Экономико-математические методы и модели; компьютерное моделирование /Орлова И.В., Половников В.А. 2-е изд., испр. и доп. - Вузовский учебник Инфра-М; М, 2011.
32. Боев В. Д, Сыпченко Р. П. Компьютерное моделирование. Элементы теории и практики. Учеб. пособие. - СПб.: Военная академия связи, 2009.
33. Федоренко Е.В., Иванов Ю.П. VPwin и ERwin. CASE-средства проектирования информационных систем: Учебное пособие. Институт технологии и бизнеса, 2008.
34. Филиппов А.Ф. Дифференциальные уравнения с разрывной правой частью. М.: Издательство физ.-мат. литературы, 1985 г.
35. Пирогов В.Ю. Информационные системы и базы данных: организация и проектирование: учебное пособие. М.: БХВ - Петербург, 2009.

36. В.В. Корнеев, А.Ф. Гареев, С.В. Васютин, В.В. Райх Базы данных. Интеллектуальная обработка информации. – М.: Нолидж, 2007
37. Пирогов В.Ю. Информационные системы и базы данных: организация и проектирование: учебное пособие. М.: БХВ - Петербург, 2009.
38. Хомоненко А.Д., Цыганков В.М., Мальцев М.Г. Базы данных: Учебник для высших учебных заведений/Под ред. проф. А.Д. Хомоненко. – СПб.: КОРОНА принт, 2007.
39. Грешилов А. А. Математические методы принятия решений. - М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006.
40. Петросян Л. А., Зенкевич Н. А., Шевкопляс Е. В. Теория игр. СПб: БХВ-Петербург, 2012.
41. Юревич Е. И. Теория автоматического управления. - СПб.: БХВ-Петербург, 2007.
42. Том Кайт. Oracle для профессионалов: архитектура, методики программирования и особенности версий 9i, 10g и 11g, 2-е издание = Expert Oracle Database Architecture: Oracle Database Programming 9i, 10g, and 11g Techniques and Solutions, Second Edition. - М.: «Вильямс», 2011.
43. Кузнецов С. Д. Основы баз данных. – 2-е изд. – М.: Интернет-университет информационных технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007.
44. Терелянский, П. В. Системы поддержки принятия решений. Опыт проектирования : монография / П. В. Терелянский ; ВолгГТУ. - Волгоград, 2009.
45. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы = Sieci neuronowe, algorytmy genetyczne i systemy rozmyte. - 2-е изд. - М: Горячая линия-Телеком, 2008.
46. Сергеев А. П., Кущенко С.В. Основы компьютерной графики. Adobe Photoshop и CorelDRAW - два в одном. Самоучитель. - М.: «Диалектика», 2006.

47. Фримен Эрик, Фримен Элизабет. Изучаем HTML, XHTML и CSS = Head First HTML with CSS & XHTML. - 1-е изд. - М.: «Питер», 2010.
48. Стивен Шафер. HTML, XHTML и CSS. Библия пользователя, 5-е издание = HTML, XHTML, and CSS Bible, 5th Edition. - М.: «Диалектика», 2010.
49. Питер Лабберс, Брайан Олберс, Фрэнк Салим. HTML5 для профессионалов: мощные инструменты для разработки современных веб-приложений = Pro HTML5 Programming: Powerful APIs for Richer Internet Application Development. - М.: «Вильямс», 2011.
50. Эд Титтел, Джефф Ноубл. HTML, XHTML и CSS для чайников, 7-е издание = HTML, XHTML & CSS For Dummies, 7th Edition. - М.: «Диалектика», 2011.
51. Маннинг К., Рагхаван П., Шютце Х. Введение в информационный поиск. - Вильямс, 2011.
52. Ландэ Д. В., Снарский А. А., Безсуднов И. В. Интернетика: Навигация в сложных сетях: модели и алгоритмы. - М.: Либроком (Editorial URSS), 2009.

#### Дополнительная литература

53. Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач. М.: Наука, 1979.
54. Пытьев Ю.П. Математические методы анализа эксперимента. М.:Высш. школа, 1989.
55. Чуличков А.И. Математические модели нелинейной динамики. М.: Физматлит, 2000.
56. Демьянов В.Ф., Малоземов В.Н. Введение в минимакс. М.: Наука, 1972.
57. Краснощеков П.С., Петров А.А. Принципы построения моделей. М.: Изд-во МГУ, 1984.
58. Вентцель Е.С. Исследование операций. М.: Сов. радио, 1972.



59. Улянов С., Литвинцева Л., Добрынин В, Мишин А. Интеллектуальное робастное управление: технологии мягких вычислений. - 1-е изд. - М: PronetLabs, 2011.
60. Теория систем и системный анализ в управлении организациями: Справочник. / Под ред. В.Н. Волковой и А.А. Емельянова. – М.: Финансы и статистика, 2006.
61. Афонский А. А., Дьяконов В. П. Цифровые анализаторы спектра, сигналов и логики / Под ред. проф. В. П. Дьяконова. - М.: СОЛОН-Пресс, 2009
62. Ефимов Д. В., Робастное и адаптивное управление нелинейными колебаниями. - СПб.: Наука, 2005.
63. Клейнер Г.Б. Развитие теории экономических систем и её применение в корпоративном и стратегическом управлении/препринт #WP/2010/269.– М.:ЦЭМИ РАН, 2010.
64. А. Н. Чернодуб, Д. А. Дзюба. Обзор методов нейроуправления // Проблемы программирования. - 2011. - N 2. - С. 79-94.
65. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Прикладные задачи теории вероятностей. - М: Радио и связь, 1983. -416с.
66. Гнеденко Б.В., Коваленко И.Н. Введение в теорию массового обслуживания. - М, Наука, 1978 .
67. Гуд Г.Х., Макол Р.Э. Системотехника. Введение в проектирование больших систем. - М.: Сов.радио, 1962.
68. Денисов А.А., Колесников Д.Н. Теория больших систем управления. - Ленинград: Энергоиздат, 1982.
69. Жожикашвили В.А., Вишневский В.М. Сети массового обслуживания. Теория и применение к сетям ЭВМ. - М.: Радио и связь, 1988.
70. Калашников В.В. Сложные системы и методы их анализа. - М.:Знание, 1980.
71. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Введение в системный анализ. - М.: ВШ,1989.