

**Белорусский государственный университет**

**УТВЕРЖДАЮ**



Проректор по учебной работе

А.Л.Толстик

Регистрационный № 3481

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКЗАМЕН**

**Учебная программа учреждения высшего образования  
для специальности:**

1-31 03 05 **Актуарная математика**

2017 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта высшего образования ОСВО 1-31 03 05 -2013 и учебного плана №G31-168/уч. от 30.05.2013.

### **СОСТАВИТЕЛИ:**

Красногир Евгений Григорьевич, доцент кафедры теории вероятностей и математической статистики ФПМИ, кандидат физико-математических наук;

Труш Николай Николаевич, заведующий кафедрой теории вероятностей и математической статистики ФПМИ, профессор, доктор физико-математических наук;

Цеховая Татьяна Вячеславовна, доцент кафедры теории вероятностей и математической статистики ФПМИ, кандидат физико-математических наук.

### **РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Научно-методическим советом БГУ, протокол №2 от 11.01.2017г.;

Советом факультета прикладной математики и информатики БГУ, протокол №3 от 22.11.2016г.



## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Государственный экзамен является одной из форм итоговой аттестации на первой ступени высшего образования. Наряду с подготовкой и защитой дипломного проекта служит для определения соответствия результатов учебной деятельности обучающихся требованиям образовательного стандарта, учебно-программной документации образовательной программы высшего образования при завершении обучения.

Программа и порядок проведения государственного экзамена разработаны в соответствии с Правилами проведения аттестации студентов, курсантов, слушателей при освоении содержания образовательных программ высшего образования, утвержденными Постановлением Министерства образования Республики Беларусь 29.05.2012 № 53.

Цели государственного экзамена:

- комплексная оценка уровня теоретической и практической подготовки выпускника к выполнению социально-профессиональных задач, и установление соответствия его подготовки требованиям образовательного стандарта ОСВО 1-31 03 05-2013;
- решение вопроса о присвоении выпускнику соответствующей квалификации и выдаче ему диплома о высшем образовании (с учетом результатов защиты дипломной работы);
- определение путей дальнейшего совершенствования подготовки выпускников.

Итоговый государственный экзамен носит комплексный характер, т.е. ориентирован на выявление целостной системы общепрофессиональных и специальных научных знаний в области компьютерной безопасности. Программа государственного экзамена разработана на основе типовых учебных программ по учебным дисциплинам, а также учебным программам учреждения высшего образования.

В ходе проведения государственного экзамена проверке подлежат академические и профессиональные компетенции выпускника, его способность использовать на практике интегральную (междисциплинарную) методологию, умение обоснованно анализировать содержание (научные факты, теории, методы и т.п.) учебных дисциплин и использовать их в качестве средства для выполнения профессиональной деятельности.

На основе содержания программы государственного экзамена разрабатываются экзаменационные материалы, которые представляют собой перечень вопросов для проверки готовности выпускников к выполнению различных видов профессиональной деятельности.

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

### **1. Способы задания функций и их исследование методами дифференциального исчисления.**

Явное задание функций, их исследование методами дифференциального исчисления. Неявное задание функций. Функции, задаваемые как сумма ряда, как предел функциональной последовательности, как интегралы, зависящие от параметра.

### **2. Типы интегралов, их использование в анализе и приложениях.**

Определение интеграла по Риману и Лебегу. Кратные, криволинейные и поверхностные интегралы. Вычисление интегралов. Несобственные интегралы. Примеры использования интегралов при решении технических, физических, экономических и др. задач.

### **3. Функциональные последовательности и ряды, их использование в анализе и приложениях.**

Сходимость рядов и последовательностей. Представление функций степенными рядами и тригонометрическими рядами Фурье. Ряды Фурье в гильбертовых пространствах, полные ортонормированные системы функций. Использование рядов при решении дифференциальных и интегральных уравнений.

### **4. Аналитические функции и их особые точки. Вычеты. Интегральная теорема Коши.**

Аналитическая функция. Особые точки. Вычисление вычетов в особых точках. Интегральная теорема Коши. Формула Коши для односвязных и многосвязных областей. Использование вычетов для вычисления интегралов.

### **5. Системы линейных алгебраических уравнений. Структура множества решений. Аналитические и численные методы решения систем.**

Неоднородные системы. Критерий совместности линейных систем (теорема Кронекера-Капелли). Структура общего решения однородных и неоднородных систем. Точные и приближенные методы решения систем.

### **6. Векторные пространства и линейные операторы в конечномерных векторных пространствах.**

Векторное пространство, его базис и размерность. Линейные операторы в конечномерных векторных пространствах и их матрицы. Подобие матриц. Критерий подобия. Нормальные формы матриц.

## **7. Функции от матриц.**

Функции матричного аргумента и их свойства. Функции от подобных матриц. Интерполяционный многочлен Лагранжа-Сильвестра.

## **8. Линейные дифференциальные уравнения и системы с постоянными коэффициентами.**

Общее решение линейных однородных уравнений и систем. Структура решения неоднородных уравнений и систем, методы интегрирования. Задача Коши для линейных уравнений и систем.

## **9. Существование и единственность решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений. Методы численного решения начальных задач**

Постановка задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений  $n$ -го порядка. Существование и единственность решения задачи Коши для дифференциальных уравнений (теорема Пикара-Линделефа). Основные методы численного решения начальных задач: одношаговые Рунге-Кутта, многошаговые методы Адамса.

## **10. Банаховы пространства. Принцип сжимающих отображений и его приложения.**

Банаховы пространства. Примеры. Пространство  $C[a,b]$ ,  $L_p[a,b]$ . Сжимающие отображения в банаховых пространствах. Теорема Банаха. Применение принципа сжимающих отображений к решению алгебраических уравнений и интегральных уравнений второго рода.

## **11. Понятие о вероятности. Случайные величины, их распределения вероятностей и числовые характеристики.**

Простейшие вероятностные модели: классическая, дискретная, геометрическая. Аксиомы Колмогорова. Формулы полной вероятности и Байеса. Понятие случайной величины и её распределения вероятностей. Функция распределения и её свойства. Классификация случайных величин. Интеграл Лебега по вероятностной мере. Математическое ожидание, дисперсия, ковариация, энтропия, количество информации.

## **12. Законы больших чисел, центральная предельная теорема.**

Понятие о случайной последовательности и видах её сходимости; соотношения между видами сходимости. Закон больших чисел: критерий, теоремы Маркова, Чебышева. Усиленный закон больших чисел: теорема Линдберга-Феллера и её следствия.

### **13. Стационарные и марковские случайные процессы, их свойства и применения.**

Стационарные случайные процессы. Ковариационная функция, спектральная плотность и их свойства. Условия непрерывности и дифференцируемости в среднеквадратическом. Определение, классификация и свойства марковских случайных процессов. Цепь Маркова с дискретным временем: вероятности  $n$ -шаговых переходов, эргодическая теорема.

### **14. Статистические оценки параметров, их свойства и методы построения.**

Понятие точечной оценки; состоятельность, несмещенность, вариация оценки. Методы построения точечных оценок и их свойства: метод моментов, метод максимального правдоподобия, метод наименьших квадратов, байесовский метод. Понятие интервальной оценки; методы построения: метод обратной функции, метод “*студентизации*”, асимптотически наилучшие интервалы.

### **15. Методы статистической проверки гипотез.**

Постановка задачи статистической проверки гипотез. Фундаментальная лемма Неймана-Пирсона. Риск принятия решений. Байесовское решающее правило.

### **16. Постановка основных краевых задач для уравнений в частных производных и методы их решения**

Задача Коши для уравнения гиперболического типа, метод характеристик, формула Даламбера. Задача Коши для уравнения параболического типа, метод интегральных преобразований. Смешанные задачи для уравнений гиперболического, параболического типа, метод разделения переменных.

### **17. Матричные игры и методы их решения. Игры с природой.**

Понятие конфликтной ситуации. Определение матричной игры. Принцип НЭША. Решение матричных игр в чистых стратегиях. Решение матричных игр в смешанных стратегиях. Геометрические методы решения матричных игр.

### **18. Сетевые графики и их анализ.**

Параметры сетевых графиков. Алгоритмы нахождения минимального и максимального времени наступления событий. Алгоритм нахождения критического пути.

### **19. Симплекс-метод как основной метод решения задач линейного программирования.**

Постановка задачи. Геометрическая интерпретация решения. Базисный план. Потенциалы, оценки. Критерий оптимальности. Двойственная задача к ка-

ноической и нормальной формам. Физический смысл двойственных переменных.

## **20. Метод множителей Лагранжа в нелинейном и выпуклом программировании. Теорема Куна-Таккера.**

Постановка задачи нелинейного программирования со смешанными ограничениями. Понятие регулярного (нормального) плана. Функция Лагранжа (классическая). Классическое правило множителей Лагранжа. Выпуклые функции и множества. Задача выпуклого программирования. Седловая точка. Теорема Куна-Таккера. Условия Куна-Таккера в случае дифференцируемых функций.

## **21. Метод ветвей и границ, динамическое программирование для решения конечномерных экстремальных задач.**

Определение метода ветвей и границ. Схемы одностороннего и полного ветвлений. Примеры применения. Понятие динамического программирования. Три этапа решения. Задача распределения ресурсов (постановка, уравнение Беллмана, решение). Другие примеры применения метода динамического программирования.

## **22. Приближение функций.**

Наилучшее среднеквадратичное приближение. Метод наименьших квадратов. Интерполирование. Основные представления интерполяционного многочлена и остатка интерполирования.

## **23. Графы. Основные классы графов.**

Определение графа. Способы задания графов. Изоморфизм графов. Деревья и их свойства. Двудольные графы и критерий двудольности. Плоские и планарные графы. Формула Эйлера. Гомеоморфные графы. Критерий планарности Понтрягина – Куратовского. Эйлеровы графы и критерий эйлеровости. Гамильтоновы циклы и цепи. Достаточные условия гамильтоновости графов.

## **24. Основные типы данных в языках программирования и операции над ними.**

Стандартные типы данных и их характеристики. Простые и структурированные типы. Порядковые, перечислимые, множественные типы. Массивы. Записи. Строковые типы. Классы и объекты. Пользовательские типы данных. Совместимость типов. Приведение типов. Ввод-вывод данных. Операции над данными.

**25. Основные понятия объектно-ориентированного программирования. Реализация концепций ООП в различных языках программирования. Библиотеки классов.**

Классы и объекты. Инкапсуляция, наследование, полиморфизм. Виртуальные методы и абстрактные классы. Раннее и позднее связывание. Организация доступа к элементам класса. Конструкторы, деструкторы. Библиотеки классов.

**26. Процессы и ресурсы. Взаимодействие и синхронизация вычислительных процессов.**

Понятие процесса и ресурса. Алгоритмы планирования процессов. Реализация механизмов взаимодействия процессов (критические секции, семафоры, ньютексы). Обработка тупиковых ситуаций: распознавание, обход и предотвращение тупиков.

**27. Проектирование БД. Структура и основные функции СУБД.**

Модели данных. Этапы проектирования БД. Нормализация отношений. Первая, вторая, третья и усиленная третья нормальные формы. Основные компоненты СУБД. Поддержка языков баз данных. Управление транзакциями. Журнализация и восстановление БД. Локальные и распределенные БД.

**28. Виды финансовых контрактов.**

Форвардные контракты: позиции, цены, выплаты. Фьючерсные контракты. Отличия фьючерсных контрактов от форвардных. Опционы: основные понятия, принципы образования цены опциона.

**29. Фьючерсные рынки.**

Организация торговли фьючерсными контрактами: размер контракта, организация доставки, объявление цен, пределы дневного изменения цены. Базисный риск и хеджирование. Оптимальный коэффициент хеджирования.

**30. Форвардные рынки.**

Форвардные контракты на ценные бумаги, которые не предусматривают никакого дохода в течение контрактного периода. Форвардные контракты на ценные бумаги, которые предусматривают известный денежный доход в течение контрактного периода. Форвардные контракты на ценные бумаги, которые предусматривают известный дивидендный доход.

**31. Основные функции сложного процента.**

Сущность начисления сложных процентов. Различие между простой и сложной процентной ставкой. Номинальная и эффективная ставки процентов. Непрерывное начисление процентов и интенсивность



### **32. Аннуитеты, выплачиваемые $r$ -кратно.**

Текущие стоимости и накопления дискретных и непрерывных потоков платежей. Аннуитеты, выплачиваемые на интервалах времени больше 1.

### **33. Дисконтированные потоки платежей. Сравнение двух инвестиционных проектов.**

Критерий выбора наилучшего инвестиционного проекта. Определение дисконтированного периода возврата. Доход инвестиционного проекта в условиях инфляции.

### **34. Оценивание ценных бумаг. Формула Мэйкхэма.**

Цены и доходы ценных бумаг с фиксированным процентом. Вычисление стоимости ценной бумаги с помощью формула Мэйкхэма. Влияние срока погашения на доход.

### **35. Модели индивидуального риска**

Модели индивидуальных исков. Суммы независимых случайных исков. Аппроксимация распределений совокупных исков нормальным распределением.

### **36. Модели коллективного риска для отдельного периода.**

Понятие коллективного риска. Распределение совокупных исков. Распределение числа исков. Распределение суммы индивидуального иска. Свойства составного пуассоновского распределения.

### **37. Модели коллективного риска для последовательности периодов.**

Свободные резервы страховой компании. Процесс риска. Понятие о разорении. Способы описания исковых процессов. Подстроечные коэффициенты: Теорема о вероятности разорения и ее следствия.

### **38. Распределения возраста и таблицы жизни.**

Будущее время жизни. Функция выживания, ее связь с функцией распределения будущего времени жизни. Интенсивность смертности и ее связь с функцией выживания и функцией распределения будущего времени жизни.. Таблицы жизни. Табулируемые величины.

### **39. Страхование жизни.**

Страхование жизни на срок с постоянным пособием. Пожизненное страхование. Отсроченное страхование с постоянным пособием. Страхование чистого дожития. Смешанное страхование жизни и дожития на срок. Увеличивающееся пожизненное страхование. Уменьшающееся страхование жизни на срок. Соотношения между страховыми платежами в момент смерти и в конце года смерти.

#### **40. Аннуитеты жизни.**

Метод совокупного платежа. Метод текущего платежа. Непрерывные аннуитеты. Пожизненный аннуитет жизни. Аннуитет жизни на срок  $p$ -лет. Пожизненный аннуитет, отсроченный на срок  $t$  лет. Аннуитет жизни на срок  $p$ -лет, отсроченный на  $t$  лет. Дискретные аннуитеты. Пожизненный полагающийся аннуитет жизни. Пожизненный непосредственный аннуитет жизни. Полагающийся аннуитет жизни на срок  $p$ -лет. Непосредственный аннуитет жизни на срок  $p$ -лет. Аннуитеты жизни с  $t$ -кратными платежами.

#### **41. Нетто-премии страхования жизни.**

Принцип эквивалентности при определении премий. Строго непрерывные премии: пожизненное страхование; страхование жизни на срок; страхование дожития. Строго дискретные премии: пожизненное страхование; страхование жизни на срок; страхование дожития. Точные  $t$ -кратно выплачиваемые премии.

#### **42. Методы выбора оптимальных портфелей.**

Подход Марковица. Вид границы эффективных портфелей при отсутствии и наличии безрискового актива. Другие подходы к выбору оптимальных портфелей.

#### **43. Равновесный анализ цен в условиях неопределённости.**

Уравнения для стоимости ценных бумаг. Риск нейтральная мера. Арбитраж и фундаментальная теорема оценки активов в однопериодной модели. Оценка потоков платежей.

#### **44. Модели непрерывного времени для изменения финансовых показателей.**

Процессы с непрерывными траекториями без «редких событий». Процессы с непрерывными траекториями с «редкими событиями». Процессы с «редкими событиями» и разрывными выборочными траекториями.

#### **45. Модель Блэка-Шоулса для определения цен опционов.**

Вывод Мертона для определения цены опциона. Решение уравнения Мертона. Риск и полезность.

#### **46. Определение цены опционов методом преобразований Эшера.**

Нейтральные к риску преобразования случайных процессов. Определение цен при винеровском процессе, процессе Пуассона, при случайном блуждании. Опционы на несколько рискованных активов.

#### **47. Функции полезности и их свойства.**

Упорядочение предпочтений инвестиций и случайными доходами. Применения к страхованию. Обмен рисками, оптимальный по Парето.

#### **48. Кривые доходности и временная структура процентных ставок.**

Доходности и краткосрочные процентные ставки. Броуновское движение. Формула Ито. Многомерная формула. Теорема Гирсанова.

#### **49. Факторные модели.**

Краткосрочная ставка в факторной модели. Основное дифференциальное уравнение в частных производных. Модель Васичека. Модель Кокса-Ингерсолла-Росса. Модель Медведева-Кокса.

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Подготовка к государственному экзамену по специальности предполагает обзор и приведение в систему сведений и знаний, полученных студентами за время учебы в университете. Каждый экзаменационный вопрос затрагивает большой раздел или несколько разделов ранее изученных дисциплин. Отвечая на вопросы государственного экзамена, студент должен продемонстрировать грамотное изложение соответствующего материала и свое видение того, какое место и значение занимает этот материал во всем комплексе полученных знаний.

Студентам создаются необходимые условия для подготовки к государственному экзамену. При подготовке к государственному экзамену следует пользоваться литературой, рекомендованной в учебных программах соответствующих учебных дисциплин, методическими материалами кафедр, размещенными в открытом доступе на сайте факультета (учебные пособия, курсы лекций, мультимедийные презентации, методические указания, задания в тестовой форме для самоконтроля и др.).

Представленная Программа подготовки к государственному экзамену по специальности помимо экзаменационных вопросов содержит пояснения, которые носят рекомендательный характер. Студент вправе изложить свое понимание экзаменационного вопроса и свой личный взгляд на структуру и содержание ответа на данный вопрос. Экзаменационные билеты будут содержать только вопросы.

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Ахо, А. В.* Структуры данных и алгоритмы / А. В. Ахо, Д. Э. Хопкрофт, Д. Д. Ульман. : Учеб. пособие/ пер. с англ. М. : Вильямс, 2000. – 384 с.
2. *Богданов Ю.С.* Лекции по математическому анализу. – Мн.: изд-во БГУ, 1974, 1978. – Ч.1-2.
3. *Богданов, Ю.С.* Математический анализ / Ю.С. Богданов, О. А. Кастрица, Ю. Б. Сыроид – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 351 с.
4. *Богданов, Ю.С.* Дифференциальные уравнения / Ю. С. Богданов, Ю. Б. Сыроид – Мн.: Выш. школа, 1983. – 239 с.
5. *Богданов, Ю.С.* Курс дифференциальных уравнений / Ю. С. Богданов, С. А. Мазаник, Ю. Б. Сыроид – Мн.: Университетское, 1996. – 287 с.
6. *Вагнер Г.* Основы исследования операций: в 3-х томах. М.: Мин, 1972-73.– 335 с., – 487 с., – 501 с.
7. *Вентцель Е. С.* Исследование операций. М.: Сов. Наука, 1972. – 550 с.
8. *Воеводин, В.В.* Параллельные вычисления / В. В. Воеводин, Вл. В. Воеводин. СПб. : БХВ-Петербург, 2002. – 608 с.
9. *Воробьев Н.Н.* Теория игр. Ленинград: ЛГУ, 1975. – 324.

10. *Габасов, Р.* Методы оптимизации: Учебное пособие / Р. Габасов, Ф. М. Кириллова – Мн.: Изд-во БГУ, 1981. – 350 с.
11. *Гамма, Э.* Приемы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования / Гамма Э., Хелм Р., Джонсон Р., Влиссидс Дж. — СПб.: Питер, 2007. — 366 с. — (Серия "Библиотека программиста").
12. *Дегтярев Ю.И.* Исследование операций. М.: Высшая школа, 1986. – 319с.
13. *Дейт К. Дж.* Введение в системы баз данных — 8-е изд. — М.: Вильямс, 2006. — 1328 с.
14. *Демидович Б.П.* Сборник задач и упражнений по математическому анализу. – М.: Наука, 1998. – 624с.
15. *Емеличев, В. А.* Лекции по теории графов/ В. А. Емеличев, О. И. Мельников, В. И. Сарванов, Р. И. Тышкевич. – М.: Наука, 1990. – 383 с.
16. *Зорич В. А.* Математический анализ.– М.: Наука, 1997, 1998. – Ч.1-2
17. *Игошин В. И.* Теория алгоритмов: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / В. И. Игошин. ИНФРА-М, 2012. – 318 с.
18. *Ильин, В.А.* Математический анализ / В.А. Ильин, В.А. Садовничий, Бл. Х. Сендов. – М.: изд-во Моск. ун-та, 1985, 1987. – Ч.1–2.
19. *Иржавский, П. А.* Теория алгоритмов: учеб. пособие / П. А. Иржавский, В.М. Котов, А.Ю. Лобанов, Ю.Л. Орлович, Е.П. Соболевская – Минск : БГУ, 2013. – 159 с.
20. *Кормен, Т.* Алгоритмы : построение и анализ/ Т. Кормен, Ч. Лейзерсон, Р. Ривест, К. Штайн. М. : Вильямс, 2005. 1296 с.
21. *Котов, В. М.* Алгоритмы и структуры данных: учеб. пособие / В.М. Котов, Е.П. Соболевская, А.А. Толстиков – Минск : БГУ, 2011. – 267 с. – (Классическое университетское издание).
22. *Краснов, М. Л.* Функции комплексного переменного. Операционное исчисление. Теория устойчивости. / М.Л. Краснов, А.И. Киселёв, Г.И. Макаренко – М.: Наука, 1981. – 303с.
23. *Крылов, В.И.* Вычислительные методы высшей математики / В. И. Крылов, В. В. Бобков, П. И. Монастырный – Мн.: Выш. школа, 1972.– 594 с.
24. *Крылов, В.И.* Вычислительные методы / В. И. Крылов, В. В. Бобков, П. И. Монастырный – Том 1, М.: Наука, 1972.– 594 с.
25. *Кудрявцев Л.Д.* Курс математического анализа.– М.: Высш. шк.: 1988, 1988, 1989.– Т.1-3.
26. *Липский В.* Комбинаторика для программистов. – М.: Мир, 1988. – 214с.
27. *Лиходед Н. А.* Методы распараллеливания гнезд циклов: курс лекций. - Минск : БГУ, 2008. – 100 с.
28. *Олифер, В.* Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы / В. Олифер, Н. Олифер — 4-е изд. — СПб.: Питер, 2014. — 944 с. — (Серия «Классика computer science»).
29. *Пападимитриу, Х.* Комбинаторная оптимизация: Алгоритмы и сложность/ Х. Пападимитриу, К. Стайглиц. – М.: Мир, 1971. – 512 с.

30. *Размыслович, Г. П.* Геометрия и алгебра / Г. П. Размыслович, М. М. Феденя, В. М. Ширяев – Мн.: Университетское, 1987.– 350 с.
31. *Размыслович, Г. П.* Сборник задач по геометрии и алгебре / Г. П. Размыслович, М. М. Феденя, В. М. Ширяев – Мн.: Университетское, 1999.– 384 с.
32. *Рейнгольд, Э.* Комбинаторные алгоритмы теория и практика/ Э. Рейнгольд, Ю. Нивергельт, Н. Део. – М.: Мир, 1980. – 476 с.
33. *Сидоров, Ю.В.* Лекции по теории функций комплексного переменного / Ю.В. Сидоров, М.В. Федорюк, М.И. Шабунин. – М.: Наука, 1989. – 408с.
34. *Стенли Р.* Перечислительная комбинаторика. М.: Мир, 1990. – 440 с.
35. *Танаев, В.С.* Введение в теорию расписаний / В. С. Танаев, В. В. Шкурба – М.: Наука, 1975.– 256 с.
36. *Таненбаум Э.* Современные операционные системы — 3-е изд. — СПб.: Питер, 2010. — 1120 с. — (Серия «Классика computer science»).
37. *Таненбаум, Э.* Компьютерные сети / Таненбаум Э., Уэзеролл Д. — 5-е изд. — СПб.: Питер, 2014. — 960 с. — (Серия "Классика computer science").
38. *Таха Х. А.* Введение в исследование операций. М., С.–Петербург, Киев: Изд. Дом Вильямс, 2001. – 911 с.
39. *Тер-Крикоров, А. М.* Курс математического анализа / А. М. Тер-Крикоров, М. И. Шабунин – М.: Наука, 1997. – 720с.
40. *Тышкевич, Р.И.* Линейная алгебра и аналитическая геометрия / Р. И. Тышкевич, А. С. Феденко – Мн.: Выш. школа, 1976. – 544 с.
41. *Форд, Л.* Потоки в сетях / Форд Л., Фалкерсон Д. – Мир, 1966.– 276 с.
42. *Харин, Ю. С.* Математическая и прикладная статистика / Ю. С. Харин, Е. Е. Жук – Мн.: БГУ, 2005. – 279 с.
43. *Харин, Ю. С.* Теория вероятностей / Ю. С. Харин, Н. М. Зуев – Мн.: БГУ, 2004. – 199 с.
44. *Ширяев А. Н.* Вероятность. В 2-х кн. – Москва: МЦНМО, 2004. – 928 с.
45. *Яблонский С.В.* Введение в дискретную математику. – М.: Наука, 1979. – 272 с.