

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королева»

**УТВЕРЖДЕНА**

Решением научно-технического совета  
протокол № 1 от «24» января 2022 г.

Председатель НТС, первый проректор -

проректор по научно-исследовательской  
работе \_\_\_\_\_ А.Б. Прокофьев

Ученый секретарь НТС

\_\_\_\_\_ Л.В. Родионов



**ПРОГРАММА  
КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА**

по научной специальности

**2.3.1. Системный анализ, управление и обработка  
информации, статистика**

Самара 2022

## **Введение**

Программа разработана на основе программы, составленной экспертным советом Высшей аттестационной комиссии Министерства образования Российской Федерации по управлению, вычислительной технике и информатике при участии Института проблем управления РАН, Института системного анализа РАН, Московского государственного института стали и сплавов и Воронежского государственного технического университета.

В основу настоящей программы положены следующие дисциплины: Математические методы системного анализа в технических системах, Математические основы обработки информации и управления в технических системах, Математические основы телекоммуникаций, Математическое моделирование в технических системах, Математические методы стохастического управления в технических системах, Математические методы оптимального управления в технических системах, Статистические методы анализа и идентификации динамических систем, Использование современных математических пакетов для анализа и синтеза динамических систем, Современные проблемы прикладной математики и информатики, Формализация знаний и методы построения интеллектуальных систем.

### **1. Основные понятия и задачи системного анализа**

Понятия о системном подходе, системном анализе. Выделение системы из среды, определение системы. Системы и закономерности их функционирования и развития. Управляемость, достижимость, устойчивость. Свойства системы: целостность и членимость, связность, структура, организация, интегрированные качества.

Модели систем: статические, динамические, концептуальные, топологические, формализованные (процедуры формализации моделей систем), информационные, логико-лингвистические, семантические, теоретико-множественные и др.

Классификация систем. Естественные, концептуальные и искусственные, простые и сложные, целенаправленные, целеполагающие, активные и пассивные, стабильные и развивающиеся системы.

Основные методологические принципы анализа систем. Задачи системного анализа. Роль человека в решении задач системного анализа.

### **2. Модели и методы принятия решений**

Постановка задач принятия решений. Классификация задач принятия решений. Этапы решения задач.

Экспертные процедуры. Задачи оценивания. Алгоритм экспертизы. Методы получения экспертной информации. Шкалы измерений, методы экспертных измерений. Методы опроса экспертов, характеристики экспертов. Методы обработки экспертной информации, оценка компетентности экспертов, оценка согласованности мнений экспертов.

Методы формирования исходного множества альтернатив. Морфологический анализ.

Методы многокритериальной оценки альтернатив. Классификация методов. Множества компромиссов и согласия, построение множеств. Функция полезности. Аксиоматические методы многокритериальной оценки. Прямые методы многокритериальной оценки альтернатив. Методы нормализации критериев. Характеристики приоритета критериев. Постулируемые принципы оптимальности (равномерности, справедливой уступки, главного критерия, лексикографический). Методы аппроксимации функции полезности. Деревья решений. Методы компенсации. Методы аналитической иерархии. Методы порогов несравнимости. Диалоговые методы принятия решений. Качественные методы принятия решений (вербальный анализ).

Принятие решений в условиях неопределенности. Статистические модели принятия решений. Методы глобального критерия. Критерии Байеса—Лапласа, Гермейера, Бернулли—Лапласа, максиминный (Вальда), минимаксного риска Сэвиджа, Гурвица, Ходжеса—Лемана и др.

Принятие коллективных решений. Теорема Эрроу и ее анализ. Правила большинства, Кондорсе, Борда. Парадокс Кондорсе. Расстояние в пространстве отношений. Современные концепции группового выбора.

Модели и методы принятия решений при нечеткой информации. Нечеткие множества. Основные определения и операции над нечеткими множествами. Нечеткое моделирование. Задачи математического программирования при нечетких исходных условиях. Задача оптимизации на нечетком множестве допустимых условий. Задача достижения нечетко определенной цели. Нечеткое математическое программирование с нечетким отображением. Постановки задач на основе различных принципов оптимальности. Нечеткие отношения, операции над отношениями, свойства отношений. Принятие решений при нечетком отношении предпочтений на множестве альтернатив. Принятие решений при нескольких отношениях предпочтения.

Игра как модель конфликтной ситуации. Классификация игр. Матричные, кооперативные и дифференциальные игры. Цены и оптимальные стратегии. Чистые и смешанные стратегии. Функция потерь при смешанных стратегиях. Геометрическое представление игры. Нижняя и верхняя цены игр, седловая точка. Принцип минимакса. Решение игр. Доминирующие и полезные стратегии. Нахождение оптимальных стратегий. Сведение игры к задаче линейного программирования.

### **3. Оптимизация и математическое программирование**

Оптимизационный подход к проблемам управления и принятия решений. Допустимое множество и целевая функция. Формы записи задач математического программирования. Классификация задач математического программирования.

Постановка задачи линейного программирования. Стандартная и каноническая формы записи. Гиперплоскости и полупространства. Допустимые множества и оптимальные решения задач линейного программирования. Выпуклые множества. Крайние точки и крайние лучи выпуклых множеств. Теоремы об отделяющей, опорной и разделяющей гиперплоскости. Представление точек допустимого множества задачи линейного

программирования через крайние точки и крайние лучи. Условия существования и свойства оптимальных решений задачи линейного программирования. Опорные решения системы линейных уравнений и крайние точки множества допустимых решений. Сведение задачи линейного программирования к дискретной оптимизации. Симплекс-метод. Многокритериальные задачи линейного программирования.

Двойственные задачи. Критерии оптимальности, доказательство достаточности. Теорема равновесия, ее следствия и применения. Теоремы об альтернативах и лемма Фаркаша в теории линейных неравенств. Геометрическая интерпретация двойственных переменных и доказательство необходимости в основных теоремах теории двойственности. Зависимость оптимальных решений задачи линейного программирования от параметров.

Локальный и глобальный экстремум. Необходимые условия безусловного экстремума дифференцируемых функций. Теорема о седловой точке. Необходимые условия экстремума дифференцируемой функции на выпуклом множестве. Необходимые условия Куна—Таккера. Задачи об условном экстремуме и метод множителей Лагранжа.

Выпуклые функции и их свойства. Задание выпуклого множества с помощью выпуклых функций. Постановка задачи выпуклого программирования и формы их записи. Простейшие свойства оптимальных решений. Необходимые и достаточные условия экстремума дифференцируемой выпуклой функции на выпуклом множестве и их применение. Теорема Удзавы. Теорема Куна—Таккера и ее геометрическая интерпретация. Основы теории двойственности в выпуклом программировании. Линейное программирование как частный случай выпуклого. Понятие о негладкой выпуклой оптимизации. Субдифференциал.

Классификация методов безусловной оптимизации. Скорости сходимости. Методы первого порядка. Градиентные методы. Методы второго порядка. Метод Ньютона и его модификации. Квазиньютоновские методы. Методы переменной метрики. Методы сопряженных градиентов. Конечно-разностная аппроксимация производных. Конечно-разностные методы. Методы нулевого порядка. Методы покоординатного спуска, Хука—Дживса, сопряженных направлений. Методы деформируемых конфигураций. Симплексные методы. Комплекс-методы. Решение задач многокритериальной оптимизации методами прямого поиска.

Основные подходы к решению задач с ограничениями. Классификация задач и методов. Методы проектирования. Метод проекции градиента. Метод условного градиента. Методы сведения задач с ограничениями к задачам безусловной оптимизации. Методы внешних и внутренних штрафных функций. Комбинированный метод проектирования и штрафных функций. Метод зеркальных построений. Метод скользящего допущения.

Задачи стохастического программирования. Стохастические квазиградиентные методы. Прямые и не прямые методы. Метод проектирования стохастических квазиградиентов. Методы конечных разностей в стохастическом программировании. Методы стохастической аппроксимации. Методы с операцией усреднения. Методы случайного поиска. Стохастические задачи с ограничениями вероятностей природы. Прямые методы. Стохастические разностные методы. Методы с усреднением направлений спуска. Специальные приемы регулировки шага.

Методы и задачи дискретного программирования. Задачи целочисленного линейного программирования. Методы отсечения Гомори. Метод ветвей и границ. Задача о назначениях. Венгерский алгоритм. Задачи оптимизации на сетях и графах.

Метод динамического программирования для многошаговых задач принятия решений. Принцип оптимальности Беллмана. Основное функциональное уравнение. Вычислительная схема метода динамического программирования.

#### **4. Основы теории управления**

Основные понятия теории управления: цели и принципы управления, динамические системы. Математическое описание объектов управления: пространство состояний, передаточные функции, структурные схемы. Основные задачи теории управления: стабилизация, слежение, программное управление, оптимальное управление, экстремальное регулирование. Классификация систем управления.

Структуры систем управления: разомкнутые системы, системы с обратной связью, комбинированные системы. Динамические и статические характеристики систем управления: переходная и весовая функции и их взаимосвязь, частотные характеристики. Типовые динамические звенья и их характеристики.

Понятие об устойчивости систем управления. Устойчивость по Ляпунову, асимптотическая, экспоненциальная устойчивость. Устойчивость по первому приближению. Функции Ляпунова. Теоремы об устойчивости и неустойчивости. Устойчивость линейных стационарных систем. Критерии Ляпунова, Льенара—Шипара, Гурвица, Михайлова.

Устойчивость линейных нестационарных систем. Метод сравнения в теории устойчивости: леммы Гронуолла—Беллмана, Бихари, неравенство Чаплыгина. Устойчивость линейных систем с обратной связью: критерий Найквиста, большой коэффициент усиления. Методы синтеза обратной связи. Элементы теории стабилизации.

Управляемость, наблюдаемость, стабилизируемость. Дуальность управляемости и наблюдаемости. Канонические формы. Линейная стабилизация. Стабилизация по состоянию, по выходу. Наблюдатели состояния. Дифференциаторы.

Качество процессов управления в линейных динамических системах. Показатели качества переходных процессов. Методы оценки качества. Коррекция систем управления.

Управление при действии возмущений. Различные типы возмущений: операторные, координатные. Инвариантные системы. Волновое возмущение. Неволновое возмущение. Метод квазирасщепления. Следящие системы.

Релейная обратная связь: алгебраические и частотные методы исследования.

Стабилизация регулятором переменной структуры: скалярные и векторные скользящие режимы.

Универсальный регулятор (стабилизатор Нуссбаума).

Абсолютная устойчивость. Геометрические и частотные критерии абсолютной устойчивости. Абсолютная стабилизация. Адаптивные системы стабилизации: метод скоростного градиента, метод целевых неравенств.

Управление в условиях неопределенности. Позитивные динамические системы: основные определения и свойства, стабилизация позитивных систем при неопределенности.

Аналитическое конструирование. Идентификация динамических систем. Экстремальные регуляторы – самооптимизация.

Классификация дискретных систем автоматического управления. Уравнения импульсных систем во временной области. Разомкнутые системы. Описание импульсного элемента. Импульсная характеристика приведенной непрерывной части. Замкнутые системы. Уравнения разомкнутых и замкнутых импульсных систем относительно решетчатых функций. Дискретные системы. ZET-преобразование решетчатых функций и его свойства.

Передаточная, переходная и весовая функции импульсной системы. Классификация систем с несколькими импульсными элементами. Многомерные импульсные системы. Описание многомерных импульсных систем с помощью пространства состояний.

Устойчивость дискретных систем. Исследование устойчивости по первому приближению, метод функций Ляпунова, метод сравнения. Теоремы об устойчивости: критерий Шора—Куна. Синтез дискретного регулятора по состоянию и по выходу, при наличии возмущений.

Элементы теории реализации динамических систем.

Консервативные динамические системы. Элементы теории бифуркации.

Основные виды нелинейностей в системах управления. Методы исследования поведения нелинейных систем.

Автоколебания нелинейных систем, отображение А. Пуанкаре, диаграмма Ламеррея. Орбитальная устойчивость. Теоремы об устойчивости предельных циклов: Андронова—Витта, Кенигса. Существование предельных циклов: теоремы Бендиксона, Дюлока.

Дифференциаторы выхода динамической системы.

Гладкие нелинейные динамические системы на плоскости: анализ управляемости, наблюдаемости, стабилизируемости и синтез обратной связи.

Управление системами с последствием.

Классификация оптимальных систем. Задачи оптимизации. Принцип максимума Понтрягина. Динамическое программирование.

Управление сингулярно-возмущенными системами.

$H^2$ - и  $H^\infty$ -стабилизация. Minimax-стабилизация.

Игровой подход к стабилизации.  $I_1$ -оптимизация управления. Вибрационная стабилизация.

Эвристические методы стабилизации: нейросети, размытые множества, интеллектуальное управление.

## **5. Компьютерные технологии обработки информации**

Определение и общая классификация видов информационных технологий. Модели, методы и средства сбора, хранения, коммуникации и обработки информации с использованием компьютеров.

Программно-технические средства реализации современных офисных технологий. Стандарты пользовательских интерфейсов.

Создание и обработка текстовых файлов и документов с использованием текстовых редакторов и процессоров. Программные средства создания и обработки электронных таблиц.

Программные средства создания графических объектов, графические процессоры (векторная и растровая графика).

Понятие информационной системы, банки и базы данных. Логическая и физическая организация баз данных. Модели представления данных, архитектура и основные функции СУБД. Распределенные БД. Принципиальные особенности и сравнительные характеристики файл-серверной, клиент-серверной и интранет технологий распределенной обработки данных.

Реляционный подход к организации БД. Базисные средства манипулирования реляционными данными. Методы проектирования реляционных баз данных (нормализация, семантическое моделирование данных, ER-диаграммы).

Языки программирования в СУБД, их классификация и особенности. Стандартный язык баз данных SQL.

Перспективные концепции построения СУБД (ненормализованные реляционные БД, объектно-ориентированные базы данных и др.).

Основные сетевые концепции. Глобальные, территориальные и локальные сети. Проблемы стандартизации. Сетевая модель OSI. Модели взаимодействия компьютеров в сети.

Среда передачи данных. Преобразование сообщений в электрические сигналы, их виды и параметры. Проводные и беспроводные каналы передачи данных.

Локальные сети. Протоколы, базовые схемы пакетов сообщений и топологии локальных сетей. Сетевое оборудование ЛВС.

Глобальные сети. Основные понятия и определения. Сети с коммутацией пакетов и ячеек, схемотехника и протоколы. Принципы межсетевого взаимодействия и организации пользовательского доступа. Методы и средства защиты информации в сетях. Базовые технологии безопасности.

Сетевые операционные системы. Архитектура сетевой операционной системы: сетевые оболочки и встроенные средства. Обзор и сравнительный анализ популярных семейств сетевых ОС.

Принципы функционирования Internet, типовые информационные объекты и ресурсы. Ключевые аспекты WWW-технологии.

Адресация в сети Internet. Методы и средства поиска информации в Internet, информационно-поисковые системы.

Языки и средства программирования Internet приложений. Язык гипертекстовой разметки HTML, основные конструкции, средства подготовки гипертекста (редакторы и конверторы). Базовые понятия VRML.

Организация сценариев отображения и просмотра HTML документов с использованием объектно-ориентированных языков программирования.

Представление звука и изображения в компьютерных системах. Устройства ввода, обработки и вывода мультимедиа информации. Форматы представления звуковых и видеофайлов. Оцифровка и компрессия. Программные средства записи, обработки и воспроизведения звуковых и видеофайлов. Мультимедиа в вычислительных сетях.

Основные разделы теории и приложений искусственного интеллекта. Описание и постановка задачи. Задачи в пространстве состояний, в пространстве целей. Классификация задач по степени сложности. Линейные алгоритмы. Полиномиальные алгоритмы. Экспоненциальные алгоритмы.

Виды и уровни знаний. Знания и данные. Факты и правила. Принципы организации знаний. Требования, предъявляемые к системам представления и обработки знаний. Формализмы, основанные на классической и математической логиках. Современные логики. Фреймы. Семантические сети и графы. Модели, основанные на прецедентах. Приобретение и формализация знаний. Пополнение знаний. Обобщение и классификация знаний. Логический вывод и умозаключение на знаниях. Проблемы и перспективы представления знаний.

Назначение и принципы построения экспертных систем. Классификация экспертных систем. Методология разработки экспертных систем. Этапы разработки экспертных систем. Проблемы и перспективы построения экспертных систем.

## Рекомендуемая основная литература

1. Вводные лекции по численным методам [Текст] : [учеб. пособие для вузов по направлению 510200 - "Прикладная математика и информатика" и специальности 010200 - "Прикладная математика и информатика"] / Д. П. Костомаров, А. П. Фаворский ; [Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова ]. - М.: Логос, 2006. - 184 с. – 10 экз.
2. Высшая математика [Текст] : [учеб. для вузов] / В. А. Ильин, А. В. Куркина; Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Проспект и др.], 2008. - 592 с. - (Классический университетский учебник / ред. совет: В. А. Садовничий (пред.) и др.). - 4 экз.
3. Дискретная математика [Текст] : [учеб. пособие для вузов по направлению и специальности "Прикладная математика и информатика"] / Ю. П. Шевелев. - СПб. [и др.] : Лань, 2008. - 591 с. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-0810-8 : 965.00 р. - 25 экз.
4. Дискретная математика [Текст] : для программистов : [учеб. пособие по направлению подгот. дипломир. специалистов "Информатика и вычисл. техника"] / Ф. А. Новиков. - 3-е изд. - СПб. [и др.] : Питер : Питер Пресс, 2008. - 383 с. -(Учебник для вузов). - ISBN 978-5-91180-759-7 : 269.83 р. – 20 экз.
5. Дискретная математика. Графы, матроиды, алгоритмы [Текст] : учеб. пособие /М. О. Асанов, В. А. Баранский, В. В. Расин. - Изд. 2-е, испр. и доп. - СПб. ; М. ;
6. Измерения физических величин и обработка их результатов [Текст] : [учеб. пособие] / А. Н. Первышин, А. Н. Дружин ; Федер. агентство по образованию, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева. - Самара : Изд-во СГАУ, 2010. – 63 с. - 20 экз.
7. Информационные технологии управления [Текст] : учебник : [для вузов по специальности "Прикл. информатика в экон."] / В. Б. Уткин, К. В. Балдин. - М.: Академия, 2008. - 395 с - 12 экз.

8. Исследование операций [Текст] : учеб. комплекс / Б. А. Горлач. - Самара : [б. и.], 2008. - 368 с. - 51 экз.
9. Конспект лекций по теории вероятностей, математической статистике и случайным процессам [Текст] / Дмитрий Письменный. - 3-е изд. - М.: Айрис-пресс, 2008. - 287 с. - (Высшее образование). - 2 экз.
10. Лекции по статистической теории систем радиотехники и связи [Текст] : [учеб. пособие по направлению подгот. дипломир. специалистов 210400 - "Телекоммуникации"] / О. В. Горячкин. - М. : Радиотехника, 2008. - 189 с. - 40 экз.
11. Лекции по теории управления [Текст] : учеб. пособие / В. И. Зубов. - Изд. 2-е, испр. - СПб. [и др.] : Лань, 2009. - 495 с. - (Классическая учебная литература по математике) (Учебники для вузов. Специальная литература) (Лучшие классические учебники). - ISBN 978-5-8114-0985-3 : 714.56 р. - 35 экз.
12. Математический анализ [Текст] : учебник : [по специальностям "Математика", "Прикладная математика" и "Информатика"] : в 2 ч. / В. А. Ильин, В. А. Садовничий, Бл. Х. Сендов ; под ред. А. Н. Тихонова ; Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Проспект [и др.], 2006. - (Классический университетский учебник). Ч. 1. - 2006. - 660 с. - 3 экз.
13. Математический анализ [Текст] : учебник : [по специальностям "Математика", "Прикладная математика" и "Информатика"] : в 2 ч. / В. А. Ильин, В. А. Садовничий, Бл. Х. Сендов ; под ред. А. Н. Тихонова ; Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Проспект [и др.], 2007. - (Классический университетский учебник). Ч. 2. - 2006. - 357 с. - 3 экз.
14. Математическое моделирование в нелинейной динамике [Текст] : [учеб. Пособие для вузов по направлениям и специальностям: "Математика", "Прикладная математика и информатика", "Механика"] / А. В. Дорошин ; Федер. агентство по образованию, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева. - Самара : Изд-во СГАУ, 2008. - 98 с. - 20 экз.
15. Методы и математические модели оптимизации проектных решений [Электронный ресурс] : электрон. курс лекций / В. В. Салмин, О. Л. Старинова, К. В. Петрухина ; М-во образования и науки РФ, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т). - Электрон. дан. (1 файл : 1,55 Мбайт). - Самара : [б.и.], 2010. - on-line. - 1 экз.
16. Методы исследования операций [Текст] : учеб. пособие / Б. А. Есипов. - СПб. [и др.] : Лань, 2010. - 253 с. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - 145 экз.
17. Методы обработки многомерных данных и временных рядов [Текст] : [для направления 230100 (654600) "Информатика и вычисл. техника"] / А. А. Большаков, Р. Н. Каримов. - М.: Горячая линия - Телеком, 2007. - 520 с. - 1 экз.
18. Моделирование систем [Текст] : учебник : [для вузов по специальности "Автоматизация технол. процессов и пр-в" направления подгот. "Автоматизир. технологии и пр-ва"] / С. И. Дворецкий, Ю. Л. Муромцев, В. А. Погонин, А. Г. Схиртладзе]. - М. : Академия, 2009. - 316 с. - (Высшее профессиональное образование. Машиностроение). - 3 экз.

19. Общая теория измерений [Текст] : [учеб. пособие для вузов по направлению 653800 - "Стандартизация, сертификация и метрология"] / С. С. Анцыферов, Б. И. Голубь ; под ред. Н. Н. Евтихиева. - М. : Горячая линия - Телеком, 2007. - 176 с. – 3 экз.
20. Ортогональные модели корреляционно-спектральных характеристик случайных процессов [Текст] : лаб. практикум / С. А. Прохоров, И. М. Куликовских. – Самара : СНЦ РАН, 2008. - 300 с. - 3 экз.
21. Практикум по теории автоматического управления [Текст] : [учеб. пособие для вузов по направлению подгот. 550200, 651900 "Автоматизация и упр."] / Л. Д. Певзнер. - М. : Высш. шк., 2006. - 590 с. – 11 экз.
22. Прикладная математика в системе MATHCAD [Текст] : [учеб. пособие для вузов по направлению подгот. дипломир. специалиста 160400 - "Системы упр. движением и навигации" и специальности 160403 - "Системы упр. летат. аппаратами"] / В. А. Охорзин. - Изд. 3-е, стер. - СПб. [и др.] : Лань, 2009. - 348 с. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-0814-6 : 463.98 р. – 5 экз
23. Теория автоматического регулирования [Текст] : [учеб. пособие для вузов по направлению "Автоматизация и упр."] / А. С. Востриков, Г. А. Французова. - 2-е изд., стер. - М. : Высш. шк., 2006. - 365 с. – 1 экз.
24. Теория измерений [Текст] : [учеб. пособие по специальности "Приборостроение" / Т. И. Мурашкина и др.]. - М. : Высш. шк., 2007. - 151 с. – 2 экз.
25. Численные методы [Текст] : [учеб. пособие для физ.-мат. специальностей вузов] / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков ; Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. - 6-е изд. - М. : Бином. Лаб. знаний , 2008. - 636 с. - (Классический университетский учебник / ред. совет: В. А. Садовничий (пред.) и др.). - 2 экз.
26. Численные методы в примерах и задачах [Текст] : [учеб. пособие] / В. И. Киреев, А. В. Пантелеев. - 2-е изд., стер. - М. : Высш. шк., 2006. - 480 с. – 1 экз.
27. Экспериментальная отработка систем управления объектов ракетно-космической техники [Текст] : учеб. пособие для вузов по направлению "Авиация и космонавтика" / [А. И. Батырев и др.] ; М-во образования и науки Украины, Ин-т инновац. технол. и содержания образования, Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского "Харьков. авиац. ин-т", Хартрон-Аркос. - Харьков : ХАИ, 2008. - 501 с. – 1 экз.