

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

А.К. Бернюков

МУЛЬТИМЕДИЙНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
МАГИСТЕРСКОЙ ПОДГОТОВКИ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ  
СИСТЕМЫ НАВИГАЦИИ»

*Учебное пособие*



Владимир 2011

УДК 629.396.96(075):621.372.542

ББК 32

Б 51

Рецензенты:

Доктор физико-математических наук, профессор  
зав. кафедрой теоретической физики

Владимирского государственного гуманитарного университета

*В.Г. Рау*

Доктор технических наук, профессор кафедры  
конструирования и технологии радиоэлектронных средств

Владимирского государственного университета

*Е.Н. Талицкий*

Печатается по решению редакционного совета

Владимирского государственного университета

**Бернюков, А.К.**

Б51 Мультимедийное обеспечение магистерской подготовки по дисциплине «Аэрокосмические системы навигации» : учеб. пособие / А. К. Бернюков ; Владим. гос. ун-т. – Владимир : Изд-во Владим. гос. ун-та, 2011. – 84 с.

ISBN 978-5-9984-0135-0

Рассматриваются материалы по мультимедийному обеспечению курса «Аэрокосмические системы навигации» : особенности дисциплины, роль электронного обеспечения и мультимедийных средств, презентации тем курса, мультимедийные фрагменты с анимацией сюжетов, учебные кинофильмы, автоматизированный комплекс обучения, контроля и аттестации, электронный журнал.

Предназначено для слушателей магистратуры первого-второго курсов очной формы обучения направления 210300 – радиотехника.

Рекомендовано для формирования профессиональных компетенций в соответствии с ФГОС 3-го поколения.

Ил. 61. Библиогр.: 38 назв.

УДК 629.396.96(075):621.372.542

ББК 32

ISBN 978-5-9984-0135-0

© Владимирский государственный университет, 2011

## ОГЛАВЛЕНИЕ

СПИСОК АББРЕВИАТУР .....	5
ПРЕДИСЛОВИЕ .....	7
1. РОЛЬ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ И МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ СРЕДСТВ ПРИ ПРЕПОДАВАНИИ КУРСА АКСН. МУЛЬТИМЕДИЙНЫЙ КЛАСС (СОСТАВ И ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ) .....	9
2. ОСОБЕННОСТИ КУРСА АКСН И УЧЕБНЫЙ ПЛАН ДИСЦИПЛИНЫ.....	12
2.1. Особенности дисциплины .....	12
2.2. Содержание дисциплины.....	16
2.3. Лабораторные занятия .....	18
2.4. Самостоятельная работа .....	19
3. МУЛЬТИМЕДИЙНЫЕ ФРАГМЕНТЫ .....	20
3.1. Комплекс 9С15 обнаружения воздушных целей .....	20
3.2. Мобильная РЛС 39Н6 обнаружения воздушных целей.....	21
3.3. Помехоустойчивая РЛС 51У6 обнаружения воздушных целей .....	22
3.4. Система управления вооружением летательных аппаратов.....	23
3.5. Зенитный ракетно-артиллерийский комплекс .....	24
3.6. Наземная подвижная радиотехническая система посадки РСР-10МН1 .....	25
4. УЧЕБНЫЕ КИНОФИЛЬМЫ .....	26
5. ЛЕКЦИОННЫЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ ПРЕЗЕНТАЦИИ .....	27
5.1. Презентация дисциплины АКСН.....	27
5.2. Демонстрационная среда по дисциплине АКСН .....	27
5.3. Избранные вопросы цифровой обработки сигналов.....	28
5.4. Авионика современных летательных аппаратов .....	28
5.5. Система предупреждения столкновений ЛА .....	28
5.6. Системы автоматической посадки самолётов .....	29
5.7. Спутниковая радионавигационная система .....	29

5.8. Перспективы GLONASS .....	29
5.9. Системы автоматической посадки самолетов метрового диапазона .....	29
<b>6. УЧЕБНЫЙ ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ОБУЧЕНИЯ И КОНТРОЛЯ DIGITAL 2010 .....</b>	<b>30</b>
6.1. Состав и задачи комплекса DIGITAL 2010 .....	30
6.2. Минимальные системные требования к аппаратуре комплекса .....	33
6.3. Управление программным комплексом DIGITAL 2010 и работа с ним .....	33
6.4. Примеры выполнения лабораторных работ с помощью комплекса DIGITAL 2010 .....	40
6.5. Электронный журнал .....	51
<b>7. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЙ И КОНТРОЛЬНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ (ТЕСТИРОВАНИЯ, ЗАЧЕТОВ, ЭКЗАМЕНОВ) .....</b>	<b>62</b>
<b>КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ .....</b>	<b>65</b>
<b>ТЕСТЫ .....</b>	<b>68</b>
<b>ТЕМЫ КУРСОВЫХ РАБОТ .....</b>	<b>78</b>
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>79</b>
<b>БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....</b>	<b>80</b>

## СПИСОК АББРЕВИАТУР

- АКСН – аэрокосмические системы навигации;
- АКФ – автокорреляционная функция;
- АСУ – автоматизированная система управления;
- БВС (БЭВМ) – бортовая вычислительная система (бортовая ЭВМ);
- БП – бортовой приемник;
- БПФ – быстрое преобразование Фурье;
- ВИРС НП – времяимпульсная система навигации и посадки самолетов;
- ГРМ – глассадный радиомаяк;
- ДНА – диаграмма направленности антенны;
- ДП – дискретная последовательность;
- ДРЛ – диспетчерский локатор;
- ИДЗ – измерение дальности до земли;
- КРМ – курсовой радиомаяк;
- КФ – корреляционная функция;
- ЛА – летательный аппарат;
- ЛП – линия положения;
- ЛС – линейные свертки;
- ММК – мультимедийный комплекс;
- МСО – мультимедийные средства обучения;
- НФ – нерекурсивный фильтр;

ПНК – пилотажно-навигационный комплекс;  
ПРЛ – посадочный локатор;  
ПС – периодические свертки;  
ПЭВМ – персональная ЭВМ;  
РЛС – радиолокационная станция;  
РМ – радиомаяк;  
РНС – радионавигационные системы;  
РНУ – радионавигационные устройства;  
РНТ – радионавигационная точка;  
РСБН – радиосистема ближней навигации;  
РСДН – радиосистема дальней навигации;  
РПДУ – радиопередающее устройство;  
РФ – рекурсивный фильтр;  
САУ – система автоматического управления;  
СЛОВ – сканирование луча и отсчёт времени;  
СП – система посадки самолетов;  
СПМД – система посадки самолетов метрового диапазона;  
СПСД – система посадки самолетов сантиметрового диапазона;  
СПСЗ – система предупреждения столкновения с землей;  
СУВ – система управления вооружением летательных аппаратов;  
ФАДО – функционально-адаптивная обработка сигналов;  
ЦФ – цифровой фильтр;  
ЦОС – цифровая обработка сигналов;  
ЦОИ – цифровая обработка информации;  
ЭС – энергетический спектр.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

*Обилие разнохарактерного материала, изучаемого в курсе АКСН, дефицит учебного времени и специального дорогостоящего оборудования вызывают необходимость использования при обучении мультимедийных компьютерных средств. Это позволяет охватить широкий круг теоретических и практических сведений при минимальных затратах, индивидуализировать обучение, оперативно менять базу знаний в условиях интенсивного развития радиоэлектроники, повысить уровень контроля и эффективность обучения в целом.*

*Цели данного пособия:*

*– ознакомление с техническими особенностями современных средств навигации летательных аппаратов на основе радиотехнических методов и приборов;*

*– изучение проблемных вопросов, связанных с помехоустойчивостью современных радиосистем навигации и в частности с выявлением многолучевых помех – отражений от местных предметов в аэропортах и подстилающей поверхности суши и моря и устранением их влияния;*

*– изучение нетрадиционных методов борьбы с многолучевыми помехами цифровой функциональной адаптацией к комплексу помех.*

*Пособие содержит обоснование применения МСО, состав и назначение автоматизированного программного комплекса, вклю-*

*чающего материал для всех видов занятий (теоретических, практических, лабораторных), систему автоматизированного контроля обучения и тестирования знаний с учетом индивидуальных способностей студентов.*

*База знаний содержит компьютерные презентации основных разделов курса, мультимедийные фрагменты с анимацией сюжетов, учебные кинофильмы, а также компьютерные учебники, прилагаемые к пособию. Обучение предмету осуществляется комплексно на основе прослушивания лекций по теоретическому курсу, самоподготовки к лабораторным работам.*

*Задания и контрольные вопросы включены в автоматизированный комплекс обучения и контроля, а также в учебные пособия, изданные автором ранее.*

*Автор выражает искреннюю благодарность выпускнику магистратуры Д.А. Корнилову, слушателям магистратуры из группы РТм-209 (староста В.А. Матюха), принявшим активное участие при подготовке рукописи пособия.*

## **1. РОЛЬ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ И МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ СРЕДСТВ ПРИ ПРЕПОДАВАНИИ КУРСА АКСН. МУЛЬТИМЕДИЙНЫЙ КЛАСС (СОСТАВ И ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ)**

Одним из важнейших направлений интенсификации образования и повышения его эффективности является создание компьютерной обучающей среды, субъектами и участниками которой являются преподаватель, студент и персональные ЭВМ (в составе локальной сети). Изучаемый материал и методики его освоения включаются в память компьютерного электронного учебника, а ПЭВМ выступает как интеллектуальный партнер студента и преподавателя.

Компьютеризация обучающей среды позволяет:

- обеспечить интенсивное и качественное обучение по фундаментальным направлениям изучаемой области знания;
- повысить эффективность аудиторной и самостоятельной работы путем дифференциации и индивидуализации обучения и многовариантности самоподготовки;
- оперативно обновлять учебную информацию путем замены устаревших файлов компьютерной памяти на новые, соответствующие современным достижениям науки и техники;
- освободить в максимальной степени преподавателя и студента от рутинной работы (составления и проверки громоздких расчетов, изучения различных инструкций и т. п.);
- преодолеть проблемы тиражирования учебных материалов.

Такая технология обучения особенно актуальна для дисциплин радиоэлектроники (в частности радиолокации и радионавигации) и связи, где весьма интенсивно обновление знаний, а учебный материал включает наиболее математизированные сведения, труднодоступные при обычных методах обучения.

На кафедре РТ и РС ВлГУ разработан и применяется учебно-методический программный комплекс средств обучения по циклу дисциплин, связанных с цифровой обработкой информации в радиосистемах. В комплекс входят:

1) электронные учебники «Дискретная и цифровая обработка информации», «Функциональная адаптация радионавигационных систем к комплексу многолучевых помех»; лекционные презентации по темам курса;

2) база данных (лабораторные работы, отражающие основные разделы из курса, мультимедийные фрагменты, учебные кинофильмы, темы курсовых проектов и работ);

3) автоматизированная система обучения и контроля DIGITAL 2010.

Основной частью учебно-методического комплекса служит программный модуль автоматизированного обучения и контроля, решающий следующие задачи:

– формирование электронного списка обучаемых с персональным кодированием, исключающим дублирование ответов;

– проведение в диалоговом режиме (разной степени сложности) с ЭВМ (ПЭВМ) тестирование обучаемых по основам дискретной и цифровой обработки сигналов в радиосистемах;

– автоматическое оценивание знаний студентов по пятибалльной системе и накопление индивидуального рейтинга обучаемых.

Применение этих средств в течение ряда лет на кафедре РТ и РС ВлГУ позволило:

– повысить эффективность аудиторной и самостоятельной работы путём дифференциации и индивидуализации обучения;

– реально освободить преподавателя и студента от рутинной работы (отчёт по лабораторной работе содержит не более двух, трёх страниц и выполняется на ЭВМ);

– преодолеть проблемы тиражирования учебных материалов;

– организовать дистанционное обучение студентов-заочников.

Практические результаты использования учебно-методического комплекса DIGITAL 2010 (в разных модификациях):

– обеспечение возможности обучения по новым учебным планам специализаций, введенных в учебный процесс в последние годы в процессе модернизации магистерской подготовки;

– расширение числа пользователей комплекса;

– обеспечение дистанционного обучения (преподаватель и студент могут быть разделены во времени и пространстве), что влияет на эффективность заочного обучения;

– повышение уровня самостоятельного обучения (для наиболее успевающих студентов и магистрантов выполнение лабораторных работ мо-

жет проводиться в домашнем режиме на персональных компьютерах, а защита отчетов проводится в аудиторные часы в учебной лаборатории).

Современные информационные технологии открывают учащимся доступ к нетрадиционным источникам информации, повышают эффективность самостоятельной работы, дают совершенно новые возможности для обретения и закрепления профессиональных навыков, позволяют реализовать принципиально новые формы и методы обучения с применением средств математического моделирования процессов.

Учебное моделирование способствует наглядному представлению изучаемого объекта и повышению интереса у студента к этой форме обучения, а изучение процессов в динамике – более глубокому усвоению материала. Преподаватель получает дополнительные возможности для поддержания и направления развития личности обучаемого, творческого поиска и организации их совместной работы, разработки и выбора наилучших вариантов учебных программ.

Появляется возможность освобождения от свойственных традиционному обучению рутинных видов деятельности преподавателя, предоставления ему интеллектуальных форм труда. Информационные технологии освобождают преподавателя от изложения обучаемым значительной части второстепенного материала.

Мультимедийные технологии позволяют использовать изобразительные средства различной природы и выразительности в соответствии с содержанием изучаемого предмета и законами психологического воздействия и восприятия. Кроме того, мультимедийные средства образования дают возможность:

- повысить информативность лекции;
- стимулировать мотивацию обучения;
- повысить наглядность обучения за счет структурной избыточности;
- осуществить дублирование наиболее сложных моментов лекции;
- реализовать доступность и восприятие информации за счет параллельного представления информации в визуальной и слуховой формах;
- привлечь внимание аудитории в фазе его биологического снижения (25 – 30 мин после начала лекции и последние минуты лекции) за счет художественно-эстетического выполнения слайдов презентаций;
- осуществить повторение (обзор, краткое воспроизведение) материала предшествующей лекции;
- создать преподавателю комфортные условия работы на лекции.

Открытое обучение, создаваемое мультимедийной информационной средой, должно способствовать развитию мышления обучаемого, ориентировать его на поиск очевидных и неочевидных системных связей и закономерностей.

Действительно эффективным можно считать лишь обучение, при котором студентам прививаются навыки мышления, причем мышления нового типа, определенным образом отличающегося от мышления, сформировавшегося на основе оперирования печатной информацией, пользования средствами массовой коммуникации. При внедрении мультимедийных средств образования пересмотру подвергаются представления не только о мышлении, но и о других психических функциях: восприятии, памяти, представлениях, эмоциях и др.

## **2. ОСОБЕННОСТИ КУРСА АКСН И УЧЕБНЫЙ ПЛАН ДИСЦИПЛИНЫ**

### **2.1. Особенности дисциплины**

#### **2.1.1. Цели преподавания дисциплины**

Цель преподавания дисциплины АКСН – освоение магистрантами современных методов воздушной и космической навигации, технической реализации радионавигационных систем и их тактических и технических характеристик, а также перспективных методов цифровой обработки радионавигационной информации, получаемой при воздействии на системы комплекса сигналоподобных и шумовых помех (как правило, нестационарных и априорно-неопределенных).

#### **2.1.2 Задачи дисциплины:**

- ознакомление студентов со спецификой отрасли радионавигации (по сравнению с радиолокацией);
- получение знаний о составе автоматизированной РНС и пилотажно-навигационного комплекса;
- изучение:
  - радиотехнических методов определения местоположения ЛА в пространстве;
  - классификации радионавигационных систем и их тактических и технических характеристик;
  - систем дальней и ближней навигации, систем посадки самолетов и спутниковых РНС;

- методов повышения помехоустойчивости АКСН, работающих в условиях многолучевого распространения радиосигналов по трассе «радиомаяк – борт ЛА» на основе информационной общности перспективных РНС;
- перспективных вопросов цифровой обработки сигналов в современных радионавигационных системах.

### ***2.1.3. Рекомендации по изучению дисциплины***

Изучение дисциплины АКСН базируется на знаниях, полученных в курсах высшей математики, физики, вычислительной техники и информатики, радиотехнических цепей и сигналов и радиотехнических систем, а также спецкурса «Дискретная и цифровая обработка сигналов».

Дисциплина состоит из трех частей. Первая часть посвящена изучению общих сведений о радионавигации, о разновидностях РНС и РНУ, о структуре и задачах ПНК. Здесь же изучается классификация РНС и РНУ, методы определения местоположения объектов в пространстве радиосредствами, а также основные тактико-технические характеристики РНС.

Рассматриваются РСДН, РСБН и СП. Большое внимание уделяется спутниковым РНС различных поколений.

Вторая часть посвящена весьма актуальной проблеме повышения помехоустойчивости систем радионавигации и посадки самолетов как средства обеспечения безопасности полетов при повышении интенсивности полетов и усложнении условий эксплуатации (организации всепогодных полетов, использовании аэропортов со сложным рельефом, тактических и мобильных систем).

В качестве базовых рассматриваются перспективные РСБН и международные СПСД, которые целесообразно назвать ВИРС НП, учитывая единый принцип получения навигационной информации СЛОВ. Их информационная общность позволяет использовать единый подход к обработке сигналов в бортовых подсистемах.

Изучается многолучевой процесс на входе бортовых подсистем ВИРС НП как смесь прямого сигнала радиомаяка, сигналоподобных и стохастических помех – отражений от местных предметов в аэропортах, подстилающей поверхности суши и моря, метеотражений и других объектов в канале распространения. Рассматривается состав комплекса многолучевых помех и оценивается степень априорной неопределенности помеховой ситуации.

В качестве эффективного средства преодоления априорной неопре-

деленности помеховых ситуаций предлагаются и анализируются многоканальный и многоэтапный способ принятия решений – метод ФАДО, использующий квантование рабочего пространства и автоматическое стробирование микросекторов с опасными помехами. Изучается структура автомата ФАДО и его функциональное наполнение.

В третьей части дисциплины рассматриваются процедурный набор системы ФАДО в виде цифровых операций многоэтапной обработки сигналов – распознавание помех, нелинейная (гомоморфная) обработка сигналов, дискретный спектральный анализ, непараметрическое обнаружение зеркальных помех, обнаружение и оценивание сигналоподобных отражений, восстановление дискретизированных данных на этапе вторичной обработки информации и комплексирование данных от различных источников.

#### 2.1.4. Тематический план курса

№ п/п	Раздел (тема)	Распределение часов (ауд.)				КР	Внеауд. самост. работа
		Всего	Лекции	Практические	Лабораторные		
1	<b>Принципы и технические основы радионавигации</b>					20 (КР)	
1.1	Определение радионавигации. Радионавигационные системы (РНС) и устройства (РНУ). Специфика автономной радионавигации. Комплексные системы навигации	2	2				2
1.2	Состав и назначение пилотажно-навигационных комплексов	2	2				2
1.3	Классификация РНС и РНУ	2	2				2
1.4	Методы определения местоположения летательного аппарата (ЛА) радиосредствами	4	4				4
1.5	Основные тактико-технические характеристики РНС	2	2				2
1.6	Радиодальномеры. Измерители высоты	4	4				4
1.7	Радиопеленгаторы	2	2				2
1.8	Измерители скорости	2	2				2
1.9	Радиосистемы дальней навигации	4	4				4

Продолжение

№ п/п	Раздел (тема)	Распределение часов (ауд.)				КР	Внеауд. самост. работа
		Всего	Лекции	Практические	Лабораторные		
1.10	Радиосистемы ближней навигации	4	4				4
1.11	Радиосистемы посадки самолетов	4	4				2
1.12	Спутниковые радионавигационные системы	4	4				4
1.13	Автономные радионавигационные системы. Комплексные системы	2	2				2
2	<b>Повышение помехоустойчивости радионавигационных систем</b>					(КР)	
2.1	Ограничения по использованию традиционных методов принятия решения. Современный математический аппарат цифровой обработки сигналов	2	8		10		2
2.2	Актуальность проблемы повышения помехоустойчивости радионавигационных систем, как средства обеспечения безопасности полетов в условиях повышения интенсивности и усложнения условий эксплуатации	2	2				2
2.3	Информационная общность и характеристики перспективных ВИРС НП	10	2				10
2.4	Многолучевой процесс на входе бортовых подсистем ВИРС НП, источники нестационарности и априорной неопределенности. Многолучевые погрешности ВИРС НП и соотношения их с установленным стандартом	18	2		8		18
2.5	Функционально-адаптивная обработка (ФАДО) многолучевых сигналов ВИРС НП	2	2				2
3	<b>Процедуры цифровой статистической обработки многолучевых сигналов радионавигационных систем</b>					КР/ КП	

№ п/п	Раздел (тема)	Распределение часов (ауд.)				КР	Внеауд. самост. работа
		Всего	Лекции	Практические	Лабораторные		
3.1	Дискретные случайные процессы как модели многолучевых сигналов	6	2		4		6
3.2	Распознавание образов стохастических и сигналopodobных помех	6	2		4		6
3.3	Нелинейная(гомоморфная) обработка многолучевых сигналов как средство обнаружения – разрешения-оценки сигнала на фоне внутрилучевых отражений	6	2		4		6
3.4	Непараметрическое обнаружение внелучевых помех в условиях априорной неопределенности	4	4				4
3.5	Дискретный спектральный анализ	8	4		4		8
3.6	Восстановление дискретизированных данных на этапе вторичной обработки радионавигационной информации	4	2		2		4
3.7	Комплексирование радионавигационной информации	2	2				2
	<i>ИТОГО:</i>	106	70		36		106

## 2.2. Содержание дисциплины

### 2.2.1. Принципы и технические основы радионавигации

1. Определение радионавигации. Отличие от радиолокации. Разновидности навигационных устройств. Радионавигационные устройства и системы. Комплексные системы навигации.

2. Специфика авиационной и космической навигации. Состав и назначение пилотажно-навигационного комплекса. Управление современным летательным аппаратом.

3. Классификация радионавигационных систем и устройств по назначению (РСДН, РСБН, СП, измерители дальности, углов, высоты и скорости), степени автономности, характеру применяемого сигнала (активные, пассивные, многопозиционные).

4. Методы определения местоположения объекта радиосредствами. Определение и состав вектора навигационных параметров. Угломерный, дальномерный, разностно-дальномерный и комбинированный методы.

5. Основные тактико-технические характеристики РНС и РНУ. Виды и назначение тактических и технических характеристик. Число и характер измеряемых координат, область обзора, разрешающая способность, точность, помехоустойчивость, пропускная способность, надежность, эксплуатационная эффективность.

6. Радиодальномеры. Методы измерения дальности, включая цифровые. Измерители высоты на основе частотных дальномеров и на основе V-обзора.

7. Методы измерения угловых координат. Радиопеленгаторы. Амплитудные и фазовые радиопеленгаторы. Многоканальные (моноимпульсные) радиопеленгаторы.

8. Измерители скорости. Доплеровские измерители радиальной скорости. Измерители угловой скорости объекта.

9. Радиосистемы дальней навигации. Фазовые дальномерные РСДН. Фазовые разностно-дальномерные РСДН.

10. Радиосистемы ближней навигации. Разновидности отечественных и зарубежных РСБН. Бортовое и наземное оборудование.

11. Радиосистемы посадки ЛА. Системы метрового (ILS) и сантиметрового (СП-СД, MLS) диапазонов. Бортовое и наземное оборудование.

12. Спутниковые радионавигационные системы различных поколений.

13. Автономные РНС. Доплеровские измерители скорости с ЧМ сигналами. Обзорно-сравнительные навигационные системы.

### ***2.2.2. Повышение помехоустойчивости радионавигационных систем***

1. Ограничения по использованию традиционных методов принятия решения в бортовых подсистемах. Современный математический аппарат цифровой обработки сигналов ( $z$ -преобразование, ДПФ-БПФ, спектрально-корреляционный анализ и т.д.).

2. Связь характеристик помехоустойчивости с проблемой обеспечения безопасности полетов. Возрастание противоречий между повышением интенсивности полетов и усложнением условий эксплуатации и требований к качеству радионавигационной информации.

3. Информационная общность перспективных систем радионавигации и посадки самолетов как основа единого подхода к обработке сигналов на фоне зеркальных и стохастических помех.

4. Многолучевой процесс на входе бортовых подсистем ВИРС НП. Источники нестационарности и априорной неопределенности.

5. ФАДО многолучевых сигналов ВИРС НП.

### ***2.2.3. Процедуры цифровой статистической обработки многолучевых сигналов радионавигационных систем***

1. Дискретные случайные процессы как модели многолучевых сигналов и помех. Законы распределения вероятностей и числовые характеристики. Разновидности дискретных случайных процессов.

2. Распознавание образов стохастических и сигналподобных помех. Алгоритм и критерии распознавания. Структуры устройств распознавания и их характеристики. Распознавание двумерных частотных образов стохастических помех радионавигационным системам.

3. Нелинейная (гомоморфная) обработка многолучевых сигналов. Процедуры гомоморфной обработки. Кепстры. Структура анализатора кепстров. Использование гомоморфной обработки в задачах обнаружения-распознавания-оценки радионавигационных сигналов и помех.

4. Непараметрическое обнаружение сигналов в условиях априорной неопределенности помех. Знаковые и ранговые обнаружители. Специфика непараметрического обнаружения нестационарных сигналов на коротких выборках.

5. Дискретный спектральный анализ. Анализ на основе структур ДПФ – БПФ. Использование весовых окон для повышения качества спектрального анализа. Параллельные анализаторы и спектроанализаторы на основе гребенки фильтров.

6. Восстановление дискретизированных данных на этапе вторичной обработки радионавигационной информации. Восстанавливающие фильтры-интерполяторы. Кусочно-постоянная и кусочно-линейная аппроксимация.

7. Комплексирование радионавигационной информации. Оптимизация полосы следящего измерителя РНС по критерию минимума дисперсии суммарной погрешности. Структура комплексной системы и ее особенности.

## **2.3. Лабораторные занятия**

Лабораторные занятия проводятся во втором (18 ч) и в третьем (18 ч) семестрах и должны способствовать закреплению и углублению полученных теоретических знаний. Лабораторные работы выполняются на персональных ЭВМ с использованием учебно-методического

комплекса обучения и контроля DIGITAL 2010. Работы состоят из двух частей.

В первой части студент проверяет домашнюю самоподготовку к работе, проводя самотестирование в процессе диалогового режима с ПЭВМ, используя файлы электронного учебника. Результат самотестирования объявляется на экране монитора в виде оценки и заносится в доступный лишь преподавателю «электронный» список группы, где накапливается персональный рейтинг студента. Во второй части проводится практическая работа на персональной ЭВМ.

### ***Перечень лабораторных работ***

1. Дискретные навигационные сигналы и их интерпретации. Z-преобразование (4 ч).

2. Моделирование и анализ на ЭВМ детерминированных сигналов. Дискретное и быстрое преобразование Фурье. Процедуры свертки и корреляции (4 ч).

3. Моделирование и спектрально-корреляционный анализ случайных сигналов (4 ч).

4. Идентификация и расчет дискретных и цифровых фильтров (4 ч).

5. Гомоморфная обработка многолучевых сигналов (4 ч).

6. Распознавание навигационных сигналов и помех (4 ч).

7. Идентификация процедур цифровой обработки сигналов (4 ч).

8. Методы инженерного проектирования цифровых фильтров (на основе «оконного» взвешивания и билинейного преобразования).

### **2.4. Самостоятельная работа**

Самостоятельная (внеаудиторная) работа студентов включает закрепление теоретического материала и подготовку к лабораторным занятиям. Основа самостоятельной работы – изучение литературы по рекомендованным источникам и конспекту лекций и письменное выполнение заданий самоподготовки к каждому практическому (лабораторному) занятию.

Повышению эффективности самостоятельной работы способствует систематическое проведение консультаций по лекционному курсу и курсовой работе и автоматизированный контроль знаний с помощью контролирующие-обучающих программ комплекса DIGIT, включенных в файлы электронного учебника. В рамках самостоятельной работы выполняются курсовая работа и проекты.

### 3. МУЛЬТИМЕДИЙНЫЕ ФРАГМЕНТЫ

#### 3.1. Комплекс 9С15 обнаружения воздушных целей

Комплекс представляет собой мобильную трехкоординатную РЛС кругового обзора. РЛС предназначена для обнаружения воздушных целей (крылатых ракет, самолетов, вертолетов, аэростатов) и определения их координат. РЛС оснащена системой опознавания, навигации и связи (рис. 3.1).



*Рис. 3.1. Комплекс 9С15*

Выдает радиолокационную информацию в АСУ. Обеспечивает защиту от активных, пассивных помех, дипольных отражателей и метеообразований с определением координат помехообразователей. Антенна РЛС представляет собой фазированную решетку с электронным сканированием и программным управлением по углу места в пределах 0 – 55 град.

В горизонтальной плоскости осуществляется механический обзор с периодом 6 или 12 с. Дальность действия РЛС 50 – 100 км, высота обнаружения цели 100 м – 50 км. В составе РЛС специальный вычислитель с передачей данных в АСУ, аппаратура навигации, опознавания и телекодированной связи. Питание станции (220 В, 400 Гц, 130 кВт) производится от собственной электростанции или извне.

Комплекс размещен на гусеничном шасси и может перемещаться со скоростью до 50 км/ч по бездорожью и в плохих метеоусловиях (туман, иней, обледенение). Время развертывания комплекса менее 5 мин. Управление осуществляется с местного пульта или извне.

Снабжен противорадиационной, противопожарной и бактериоло-

гической защитой личного состава. Транспортируется наземным, воздушным и морским транспортом. Масса – 48 т.

### **3.2. Мобильная РЛС 39Н6 обнаружения воздушных целей**

РЛС работает в дециметровом диапазоне волн и предназначена для воздушного контроля пространства и обнаружения воздушных объектов (самолетов, вертолетов, крылатых ракет, летящих на малых высотах) на фоне интенсивных отражений от подстилающей поверхности, предметов и гидрометеобразований. Станция позволяет обнаруживать цели, выполненные с применением технологии радионевидимости, а также движущиеся объекты на поверхности воды (рис. 3.2).



*Рис. 3.2. Мобильная РЛС 39Н6*

РЛС смонтирована на трех автомобилях повышенной проходимости КамАЗ-4310 и состоит из аппаратной машины, антенной машины и электростанции. На прицепах, буксируемых антенной машиной, размещено дополнительное оборудование и кабели сопряжения.

Станция укомплектована выносным рабочим местом оператора, которое может быть установлено на расстоянии до 300 м от нее и обеспечивать дистанционное управление РЛС.

Время разворачивания не превышает 20 мин. Подъем мачты антенны обеспечивается электромеханическим устройством, управляемым с дистанционного пульта или выносной панели автомобиля.

При работе со штатной мачтой фазированный центр антенны поднимается на 14 м, что снижает влияние рельефа местности на зону обнаружения. Для увеличения дальности обнаружения целей на предельно малых высотах станция может работать с антенно-мачтовым комплексом высотой до 50 м.

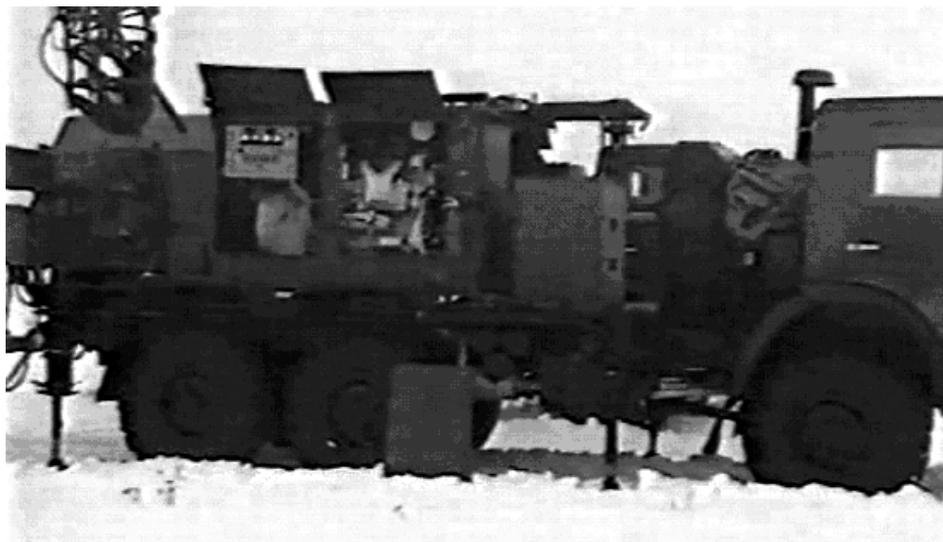
РЛС определяет дальность, азимут, высоту полета и трассовые характеристики целей. Обзор пространства осуществляется за счет равномерного вращения зеркала антенны по азимуту со скоростью вращения 6 – 12 оборотов в минуту и формирования двухлучевой диаграммы направленности.

Питание РЛС обеспечивается электростанцией, состоящей из основного и резервного дизель-генераторов и преобразователя промышленной сети.

Внешняя питающая сеть: 3 фазы, 380 В, 50 Гц. Внутренняя сеть: 3 фазы, 220 В, 400 Гц. Мощность, потребляемая РЛС, не более 23 кВт.

### **3.3. Помехоустойчивая РЛС 51У6 обнаружения воздушных целей**

Станция позволяет обнаруживать воздушные цели (крылатые ракеты, самолеты, вертолеты, аэростаты) на фоне активных и пассивных помех и метеообразований. Двухкоординатный режим обзора с периодом 6 и 12 оборотов в минуту. Максимальная дальность обнаружения целей – 150 км на высотах 50 м – 2,5 км. РЛС размещается на двух автомобилях КамАЗ и может перемещаться по любым дорогам со скоростью до 40 км/ч (рис. 3.3).



*Рис. 3.3. Помехоустойчивая РЛС 51У6*

Станция работает в дециметровом диапазоне. В составе – передатчик на твердотельных элементах, высокочувствительное приемное устройство, аппаратура опознавания, цифровой обработки информации и сопряжения с внешними потребителями. На экране индикатора кругового обзора с радиально-круговой разверткой высвечивается формуляр, включающий координаты целей и воздушную обстановку.

По желанию оператора автоматически через 10 мин включается система автоматического контроля. Система автономного питания (напряжение

220 В, 400 Гц) обеспечивается дизель агрегатами. Станция управляется с пульта оператора в кабине или извне с расстояния 300 м. Обеспечена противорадиационная, противохимическая, противобактериологическая защита.

Транспортировка изделия может осуществляться железнодорожным, воздушным и водным транспортом. Экипаж – 4 чел.

### 3.4. Система управления вооружением летательных аппаратов

Система «Копье-21» установлена на самолет МиГ-21БИС.

В составе СУВ «Копье-21» – многофункциональная многорежимная бортовая РЛС «Копье-21» и блоки сопряжения с вооружением (рис. 3.4).

Основные особенности СУВ «Копье-21» (по сравнению с предыдущими модификациями):

1) обеспечение высокой боевой эффективности: дальность действия БРЛС увеличилась в три раза по сравнению с БРЛС «Сапфир-21»;

2) наличие режимов «Воздух – Воздух» и «Воздух – Поверхность»;

3) введение специальных режимов

– для измерения дальности до земли (ИДЗ);

– управления наведением корректируемых авиабомб;

– системы отображения информации;

4) обеспечение сопровождения восьми целей при сканировании воздушного пространства с одновременной ракетной атакой двух целей;

5) особое внимание уделено обеспечению высокой надежности и простоте эксплуатации за счет внедрения более совершенной технологии изготовления.

Состав СУВ «Копье-21»:

– бортовая радиолокационная станция;

– нацеленная система целеуказания;

– система управления оружием;

– система отображения информации;

– блоки управления и сопряжения.



Рис. 3.4. СУВ «Копье - 21»

### 3.5. Зенитный ракетно-артиллерийский комплекс

Универсальный, высокоэффективный комплекс Панцирь-С1 способен отразить все виды средств воздушного нападения (крылатые, противолокационные ракеты, управляемые бомбы, самолеты, вертолеты). Он объединяет в одной машине средства обнаружения, сопровождения и поражения целей, обеспечивает автономность и возможность ведения боевых действий в движении (рис. 3.5).



*Рис. 3.5. Комплекс Панцирь-С1*

На башне установки находятся до 12 зенитных управляемых ракет и 2 зенитных автомата.

Для управления стрельбой различных вооружений в составе комплекса имеется единая, многорежимная, многоспектральная ракетно-локационно-оптико-электронная система управления. Она включает в себя оборудование оптико-электронного сопровождения целей, станцию обнаружения целей, радиолокационную станцию сопровождения целей и визирования ракет. Система управления работает в дециметровом, метровом, сантиметровом, миллиметровом и инфракрасном диапазонах длин волн.

Оптико-электронная система сопровождения обеспечивает большую зону сопровождения целей и высокую точность их поражения без ограничения по минимальной высоте. Радиолокационная станция обнаружения целей полностью автоматическая с возможностью вмешательства оператора. Конструкция антенной системы позволяет практически полностью подавить активные помехи.

Зона обзора по азимуту составляет  $360^\circ$ , по углу места –  $80^\circ$ , по высоте – от 5 до 15 км, по дальности – до 36 км. Период обзора всей зоны – от 1 до 4 с.

Радиолокационная станция сопровождения обеспечивает автосопровождение цели, захват, визирование и наведение до двух ракет на цели, в том числе низколетящие, независимо от условий видимости.

Гусеничное шасси обеспечивает плавность хода со скоростью движения до 70 км/ч, высокую проходимость и маневренность.

### **3.6. Наземная подвижная радиотехническая система посадки РСП-10МН1**

Система предназначена для управления воздушным движением в зоне нахождения летательных аппаратов для вывода самолетов в аэродромную зону и управления посадкой (рис. 3.6).



*Рис. 3.6. Система посадки РСП-10МН1*

В составе системы диспетчерский локатор (ДРЛ), посадочный локатор (ПРЛ), автоматический радиопеленгатор дециметрового диапазона, радиостанция связи оператора с бортом, устройства отображения информации, аппаратура фотодокументирования и электростанция.

Комплекс состоит из 4 транспортных единиц (автомобили с прицепами). ДРЛ содержит радиоприемное и передающее устройства, индикатор кругового обзора, аппаратуру селекции движущихся целей. В составе ПРЛ приемно-передающее устройство, индикаторы курса и глиссады. Индикаторы дальности имеют масштаб 25,30 и 60 км, причем на малых дальностях для повышения точности отсчета включается нелинейный режим развертки.

#### 4. УЧЕБНЫЕ КИНОФИЛЬМЫ

База данных фильмов по курсу АКСН содержит ряд анимационных сюжетов, посвященных различным аспектам радиотехнического обеспечения навигационных средств.

Так, например, фильм «Космический навигатор» посвящен развитию в СССР и России космической навигации, используемым методам радиотехники, конкурентной борьбе развитых стран в этой области. Фильм «Космический навигатор», презентация GLONASS и аналог на английском языке показывают направление преодоления сложностей в развитых странах на пути развития средств космической навигации, состав комплексов GLONASS и GPS, их функционирование, области применения. Фильм полезен не только студентам, изучающим курс «Аэрокосмические системы навигации», но и аспирантам-радистам при изучении кандидатского минимума по английскому языку.

В фильмах «Космическое око» и «Оружие-неведимка» представлены различные аспекты построения радиосистем ПРО, ПВО, регистрации ракетных пусков, контроля воздушного пространства с самолетов (типа AVAKS), подводных лодок и предупреждения нападения противника.

Фильмы «Оружие-неведимка» и «Полет беркута» посвящены применению новейших технологий (антирадиовидимость, тепловизор, приборы ночного видения, радиопоглощающие покрытия и т.д.) для обнаружения скрытых объектов.

Часть фильмов («Электронная паутина», «Тополь М», «Ракетный удар» и др.) связаны с разработкой и применением радиосредств для высокоточного оружия.

Ниже приводится перечень учебных фильмов по курсу АКСН.

1. «Ударная сила: Электронная паутина».
2. «Ударная сила: Тополь-М».
3. «Ударная сила: Стратегическая авиация».
4. «Ударная сила: Ракетные удар».
5. «Ударная сила: Полет беркута».
6. «Ударная сила: Оружие-неведимка».
7. «Ударная сила: Огненный спрут».
8. «Ударная сила: Морской змей».
9. «Ударная сила: Космическое око».
10. «Ударная сила: Космический навигатор».
11. «Ударная сила: Воздушная спираль».

12. «Ударная сила: Оружие России».
13. «Ударная сила: Битва за сверхзвук».
13. «Военное дело: Зенитно-ракетные комплексы».
14. «GLONASS».

## **5. ЛЕКЦИОННЫЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ ПРЕЗЕНТАЦИИ**

### **5.1. Презентация дисциплины АКСН**

(65 слайдов)

Общие сведения о радионавигации. Отличие и связь радионавигации с радиолокацией. Классификация РНС. Пассивные и активные РНС. Основные радионавигационные элементы. Методы определения объектов в пространстве радиосредствами. Основные тактико-технические РНС. Авионика летательных аппаратов.

Специфика проблемы повышения помехоустойчивости РНС и информационная общность перспективных систем. Многолучевой процесс на входе времяимпульсных радиосистем навигации и посадки самолётов. Многолучевые погрешности РНС. Специфика задач обработки сигналов РНС ФАДО многолучевых сигналов в реальном времени. Внутрилучевая и внелучевая обработка.

Реализация бортовой ФАДО на микропроцессорной элементной базе. Оценка вычислительных затрат. Перспективы ФАДО. Особенности цифровой обработки сигналов РНС. Проблема дискретизации и квантования на высоких (промежуточных) частотах сигналов в РНС.

Квадратурный приём. Распознавание образов в радионавигации. Нелинейная (гомоморфная) обработка многолучевых сигналов. Восстановление дискретизованных сигналов. Бортовая вычислительная аппаратура РНС. Спутниковая РНС. Физические основы радионавигационных методов измерения координат. Поколения СНРС. Системы GPS, ГЛОНАСС, КОСПАС-САРСАТ, NAVSTAR.

### **5.2. Демонстрационная среда по дисциплине АКСН**

(66 слайдов)

Представлены иллюстрации по темам курса в рамках трёх разделов: принципы и технические основы радионавигации. Основные теоретические и технические характеристики РНС. Проблема повышения помехоустойчивости радионавигационных систем. Вопросы цифровой обработки сигналов в РНС, физические основы радионавигационных измерений.

Рассматривается нетрадиционный метод функционально-адаптивной обработки сигналов систем навигации и посадки самолётов. Показаны особенности бортовой навигационной аппаратуры и эволюция бортовых вычислительных машин и спутниковой радионавигации.

### **5.3. Избранные вопросы цифровой обработки сигналов** (70 слайдов)

Место цифровой обработки сигналов в РНС. Структура РНС с цифровой обработкой сигналов. Разновидности сигналов в тракте РНС. Развитие цифровой обработки сигналов РНС. Проблема дискретизации и квантования на ВЧ (ПЧ). Квадратурная обработка. Функции процессора цифрового РПРУ. Цифровое распознавание образов. Критерии. Структура классификатора. Распознавание двумерных образов. Нелинейная (гомоморфная) обработка многолучевых сигналов.

Обработка двухлучевой смеси. Задачи, решаемые анализатором кепстра. Инженерные методы проектирования цифровых фильтров. Восстановление дискретизованных сигналов, включая случайные.

### **5.4. Авионика современных летательных аппаратов** (41 слайд)

Определение авионики. Классификация средств авионики. Системы первичной информации. Инерциальные системы. РНС. Радиомаяки. Системы автоматического пилотирования. Бортовые информационные системы.

Радиокомпасы. Дальномёры. Системы посадки. Системы ближней навигации. Спутниковые системы. Системы предупреждения столкновений. Автономные РНС.

Системы радиосвязи. Вычислительные системы управления полётом. Бортовые информационные системы. Состав и структура авионики пассажирского самолёта. Контур управления общесамолётными системами.

### **5.5. Система предупреждения столкновений ЛА** (26 слайдов)

Задачи, решаемые системой раннего предупреждения столкновений с землей. Принятие решений:

- при чрезмерной скорости снижения;
- недостаточной высоте над подстилающей поверхностью;
- взлете летательного аппарата;
- снижении не в посадочной конфигурации;
- значительном отклонении ниже линии глиссады.

## **5.6. Системы автоматической посадки самолетов**

Классификация СП. Категории СП. Системы ILS. Структура, принцип действия СП. КРМ и ГРМ. Отображение информации на бортовых приборах. Маркерные маяки. Основные параметры СП метрового диапазона. Нормы ИКАО на параметры КРМ и ГРМ.

## **5.7. Спутниковая радионавигационная система**

(22 слайда)

История создания. Запуск в 2009 г. Области применения: навигация, связь, системы видеонаблюдения, мониторинг и управление, телеметрия, транспорт, сельское хозяйство, лесозаготовительный комплекс, коммунальная техника, перевозка опасных грузов, грузовые перевозки, контроль движения и состояния транспортных средств, диспетчерский контроль, составление баз данных, спутниковый контроль пробега и расхода топлива, составление отчетов посещений зон.

Подсистемы СРНС. Космический сегмент, наземный командно-инженерный комплекс, аппаратура потребителей. Состав орбитальной группировки. Структура, способы функционирования. Общесистемные характеристики СРНС GLONASS и GPS.

Презентация дополняется анимационными фрагментами фильма о назначении, структуре и использовании ГЛОНАСС на английском языке.

## **5.8. Перспективы GLONASS**

(12 слайдов)

Особенности GLONASS М. Области применения GLONASS. Повышение доступности GLONASS. Системы коррекции GLONASS.

## **5.9. Системы автоматической посадки самолетов метрового диапазона**

(22 слайда)

Назначение СПМД. Курсоглиссадная система. Категории систем посадки. Состав курсо-глиссадной системы. Принцип работы КРМ. Отображение информации о курсе на борту. ГРМ. Принцип работы и отображение информации на борту. Зона действия радиомаяков. Маркерные маяки. Основные параметры СПМД. Нормы ИКАО на параметры КРМ и ГРМ. Основные технические требования на бортовую аппаратуру СПМД. Факторы, влияющие на параметры СПМД.

## 6. УЧЕБНЫЙ ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ОБУЧЕНИЯ И КОНТРОЛЯ DIGITAL 2010

### 6.1. Состав и задачи комплекса DIGITAL 2010

Пакет программного комплекса DIGITAL 2010 содержит методические указания к пяти лабораторным работам.

#### ***Работа № 1. Исследование характеристик дискретных последовательностей***

##### *1.1. Цели работы*

1.1.1. Изучение способов отображения ДП.

1.1.2. Определение характеристик комплексных ДП (мнимой и вещественной составляющих, модуля, аргумента, энергии, мощности).

1.1.3. Решение задач по теме лабораторной работы.

##### *1.2. Домашнее задание*

Изучить способы описания ДП. Проработать соответствующий материал по теме 1 (вариант №  $N$ ) практикума [25] и выполнить задания для самоподготовки.

##### *1.3. Экспериментальная часть*

1.3.1. Загрузить в ПЭВМ контролируемую программу и вызвать на экран титульный лист программы. Провести самоконтроль знаний по теме в диалоговом режиме с ПЭВМ. Зафиксировать в отчет результаты диалога по всем вопросам.

1.3.2. Решить задачу С.1.2 (вариант  $N+1$ ) для комплексной и действительной ДП. Сравнить результаты с представленными на экране дисплея.

1.3.3. Построить графики  $x_{Re}(n)$ ,  $x_{Im}(n)$ ,  $|x(n)|$ ,  $\arg x(n)$ .

##### *1.4. Содержание отчета*

1.4.1. Материал самоподготовки, включая письменные ответы на контрольные вопросы, решения задач С.1.1 – С.1.7, составляют первую часть отчета.

1.4.2. Результаты расчетов в лаборатории и диалога с ПЭВМ, а также графики ДП:  $x_{Re}(n)$ ,  $x_{Im}(n)$ ,  $\arg x(n)$  составляют вторую часть отчета.

#### ***Работа № 2. Исследование Z-образов дискретных сигналов***

##### *2.1. Цели работы*

2.1.1. Получение практических навыков вычисления прямого и обратного Z-преобразования ДП.

2.1.2. Изучение свойств дискретных сигналов в плоскости Z.

2.1.3. Решение задач по теме лабораторной работы.

### 2.2. Домашнее задание

Изучить свойства отображения ДП в  $Z$ -плоскости. Проработать соответствующий материал по теме 1 практикума [25] и выполнить задания для самоподготовки.

### 2.3. Экспериментальная часть

2.3.1. Загрузить в ПЭВМ контролируемую программу. Провести самоконтроль знаний по теме (вариант  $N$ ) в диалоговом режиме с ПЭВМ. Зафиксировать результаты диалога в отчет.

2.3.2. Решить задачу С.1.8 (вариант  $N+1$ ).

2.3.3. Восстановить ДП по  $Z$ -образу с экрана монитора и построить графики ДП.

### 2.4. Содержание отчета

2.4.1. Результаты домашнего решения задачи С.1.8 и диалога с ПЭВМ.

2.4.2. Результаты эксперимента.

2.4.3. Графики ДП и их  $Z$ -образов.

## **Работа № 3. Основные свойства дискретного преобразования Фурье**

### 3.1. Цели работы

3.1.1. Изучение свойств дискретных прямого (ДПФ) и обратного (ОДПФ) преобразований Фурье.

3.1.2. Получение практических навыков вычисления спектров ДПФ.

3.1.3. Ознакомление с алгоритмами БПФ.

### 3.2. Домашнее задание

3.2.1. Изучить свойства процедур ДПФ и ОДПФ, оператора  $W_N^k$  и спектров ДПФ.

3.2.2. Выполнить задание для самоподготовки по теме 2 [7] (вариант №  $N$ ) практикума [25].

### 3.3. Экспериментальная часть

3.3.1. Загрузить в ПЭВМ контролируемую программу. Провести самоконтроль знаний по теме в диалоговом режиме с ПЭВМ. Зафиксировать результаты диалога в отчете. В процессе работы используется программа FFT – Fast Fourier Transformation, включенная в состав пакета DIGITAL 2010.

3.3.2. Решить задачу С.2.4 (вариант  $N+1$ ), проверить результаты решения по данным ПЭВМ.

3.3.3. Провести спектральный анализ на ЭВМ заданного сигнала (программа FFT).

#### 3.4. Содержание отчета

3.4.1. Результаты выполнения домашнего задания и диалога с ПЭВМ.

3.4.2. Результаты решения задачи С.2.4.

3.4.3. Графики спектров.

### ***Работа № 4. Идентификация процедур дискретной и цифровой обработки сигналов***

#### 4.1. Цели работы

4.1.1. Анализ и идентификация процедур дискретной и цифровой обработки сигналов.

4.1.2. Вычисление периодических (ПС) и линейных (ЛС) сверток, корреляционных функций (КФ) и энергетических спектров (ЭС) заданных дискретных сигналов.

#### 4.2. Домашнее задание

4.2.1. Записать в аналитической и матричной формах выражения для ПС, ЛС, АКФ, КФ, ЭС, ВЭС заданной размерности  $N=N_{\text{вар}} \pm 4$ .

4.2.2. Выполнить задания для самоподготовки по теме 3 [25].

#### 4.3. Экспериментальная часть

4.3.1. Загрузить в ПЭВМ контролируемую программу и вызвать на экран титульный лист программы. Провести самоконтроль знаний по теме в диалоговом режиме с ПЭВМ и зафиксировать результаты в отчет.

4.3.2. Выполнить расчеты цифровых процедур по заданию ПЭВМ.

#### 4.4. Содержание отчета

4.4.1. Результаты выполнения домашнего задания и диалога с ПЭВМ.

4.4.2. Результаты расчетов в лаборатории по заданию ПЭВМ.

4.4.3. Графики входных и выходных ДП.

### ***Работа №5. Идентификация и расчет характеристик дискретных фильтров***

#### 5.1. Цели работы

5.1.1. Анализ и расчет характеристик нерекурсивных фильтров (НФ).

5.1.2. Анализ и расчет характеристик рекурсивных фильтров (РФ).

5.1.3. Ознакомление с методами проектирования цифровых фильтров на ЭВМ.

*5.2. Домашнее задание*

5.2.1. Изучить свойства НФ и РФ заданного порядка  $M$ .

5.2.2. Выполнить задание для самостоятельной подготовки по теме 4 [25].

*5.3. Экспериментальная часть*

5.3.1. Загрузить в ПЭВМ контролируемую программу и вызвать на экран титульный лист программы. Провести самоконтроль знаний по теме в диалоговом режиме с ПЭВМ.

5.3.2. Выполнить расчеты по варианту  $N+2$ . Зафиксировать результаты вычислений в виде графиков ДП.

5.3.3. Провести проектирование на ПЭВМ дискретных фильтров (ФНЧ, ФВЧ, ПФ) в аппроксимациях АЧХ функциями Баттерворта и Чебышева.

*5.4. Содержание отчета*

5.4.1. Результаты выполнения домашнего задания.

5.4.2. Результаты тестирования и расчетов в лаборатории по заданию ПЭВМ.

5.4.3. Графики ДП на входе и выходе дискретных дифференциатора и интегратора амплитудно-частотных и фазочастотных характеристик фильтров.

**6.2. Минимальные системные требования  
к аппаратуре комплекса**

- 10 персональных ЭВМ (по числу рабочих мест);
- операционная система Windows 95/98/2000/XP;
- процессор Pentium 166 МГц;
- 64 Мб оперативной памяти;
- видеоадаптер с памятью 2 Мб;
- разрешение экрана 1024x768;
- звуковое устройство;
- цифровой проектор, сопрягаемый с ПЭВМ.

**6.3. Управление программным комплексом DIGITAL 2010  
и работа с ним**

*Описание программного комплекса*

Комплекс позволяет выполнить 5 лабораторных работ по основным

темам курса «Дискретная цифровая обработка информации». Ниже представлен рабочий интерфейс комплекса (рис. 6.1).

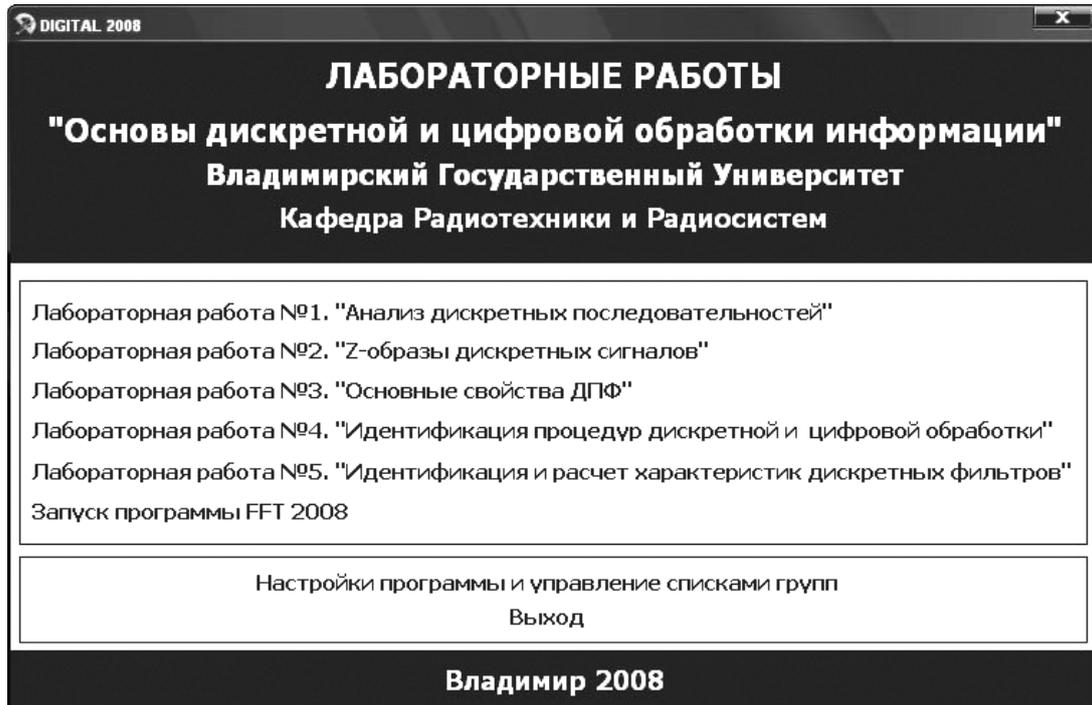


Рис. 6.1. Рабочий интерфейс комплекса DIGITAL 2010

В состав DIGITAL 2010 входит также программа Fast Fourier Transformation (FFT) 2010 для проведения расчётов, необходимых при выполнении тестов. В пакете FFT 2010 можно построить модели типовых сигналов и выполнить для этих моделей дискретное преобразование Фурье, рассчитать амплитудные и фазовые спектры, вычислить автокорреляционные и взаимные корреляционные функции, а также линейные и циклические свертки (рис. 6.2).

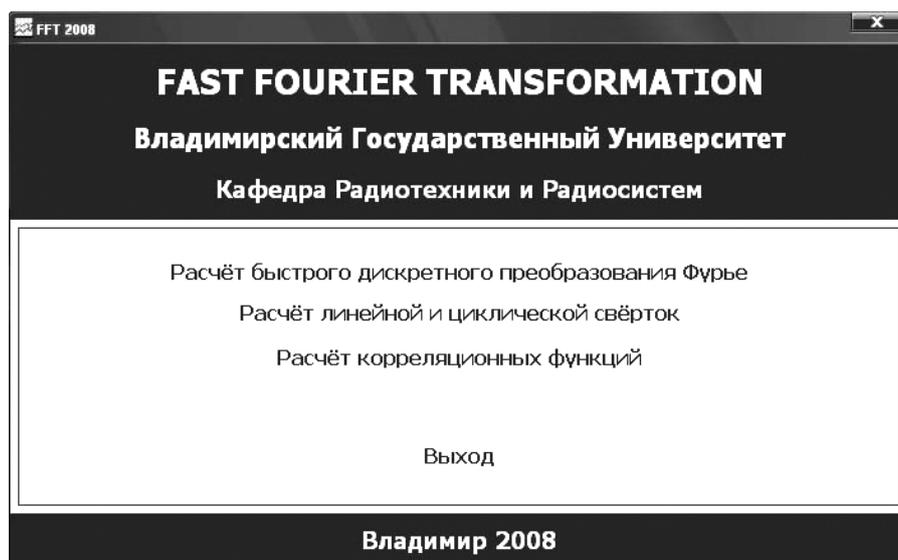


Рис. 6.2. Интерфейс пакета FFT 2010

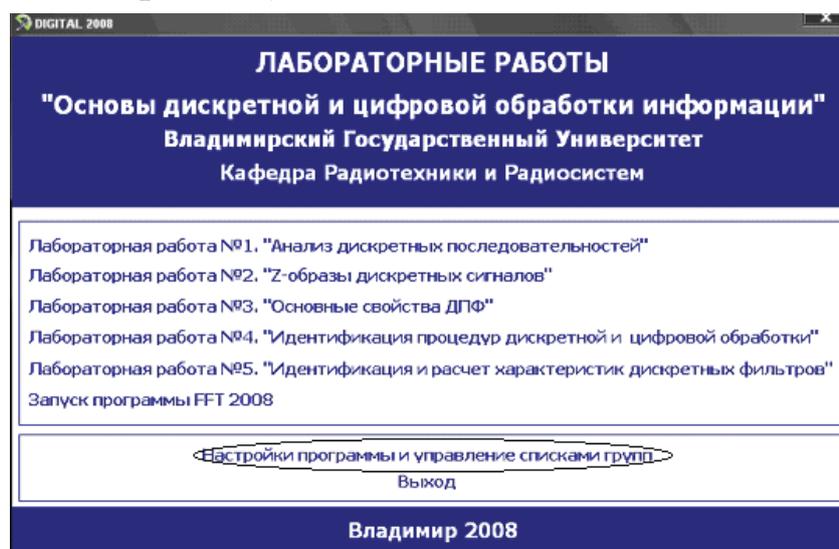
## *Управление программой DiGITAL 2010*

В этом разделе рассмотрены действия преподавателя по администрированию программы DIGITAL 2010, и в частности, следующие вопросы.

1. Управление списками академических групп.
2. Просмотр результатов выполнения тестов.
3. Установка уровня сложности теста.
4. Изменение пароля администратора.

### *Доступ к функциям управления программой*

1. В основном окне выбрать пункт «Настройки программы и управления списками» (рис. 6.3).



*Рис. 6.3. Рабочий интерфейс комплекса DIGITAL 2010*

2. В появившемся окне ввести пароль администратора и нажать клавишу Enter (рис. 6.4).

**ВАЖНО! Пароль чувствителен к регистру, таким образом, «пароль» и «ПаРоЛЬ» считаются разными словами!**

3. После этого функции администрирования доступны в окне (рис. 6.5):

### *Управление списками академических групп*

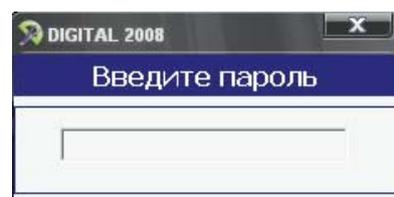
- Регистрация новой группы в базе данных DIGITAL 2010.
- Удаление группы из базы.
- Редактирования списка группы.

### *Редактирование новой группы в базе данных DIGITAL 2010*

1. Открыть окно «Настройки программы и управление списками групп» (рис. 6.6).

2. Открыть вкладку «Списки групп».

3. Нажать кнопку «Новая группа».



*Рис. 6.4. Пароль администратора*

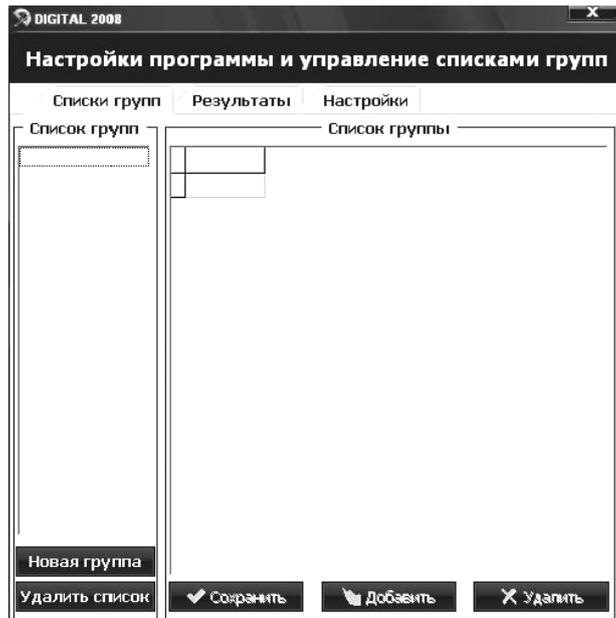


Рис. 6.5. Окно настроек программы и управления списками групп

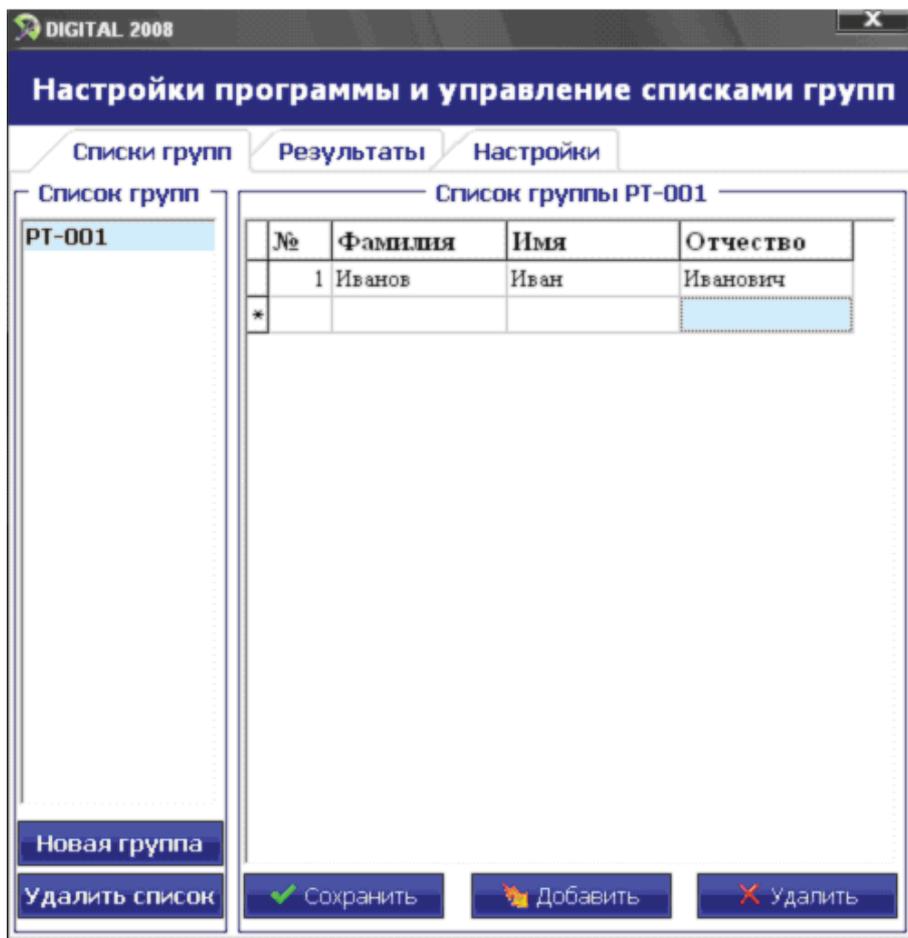


Рис. 6.6. Редактирование списка группы

4. В появившемся окне указать номер группы и нажать кнопку «Сохранить» (или клавишу Enter).

5. Зарегистрированная группа появится в списке групп.
6. Выбрать зарегистрированную группу из списка.
7. В таблице «Список группы» ввести номер, фамилию и отчество студента и нажать кнопку «Сохранить».
8. Нажать кнопку «Добавить» и ввести номер, фамилию, имя и отчество следующего студента и т.д.

*Удаление группы из базы*

1. Открыть окно «Настройки программы и управление списками групп» (см. рис. 6.5).
2. Открыть вкладку «Списки групп».
3. Выбрать нужный номер группы из списка групп.
4. Нажать кнопку «Удалить список».
5. Подтвердить удаление группы.

*Редактирование списка группы*

1. Открыть окно «Настройки программы и управление списками групп» (см. рис. 6.6).
2. Открыть вкладку списка групп.
3. Выбрать нужный номер группы из списка группы.
4. В таблице «Список группы» сделать необходимые изменения и нажать кнопку «Сохранить».

Для удаления фамилии студента из списка необходимо выбрать соответствующую строку таблицы «Список группы» и нажать кнопку «Удалить».

*Просмотр результатов выполнения тестов*

1. Открыть окно «Настройки программы и управление списками групп» (рис. 6.7).

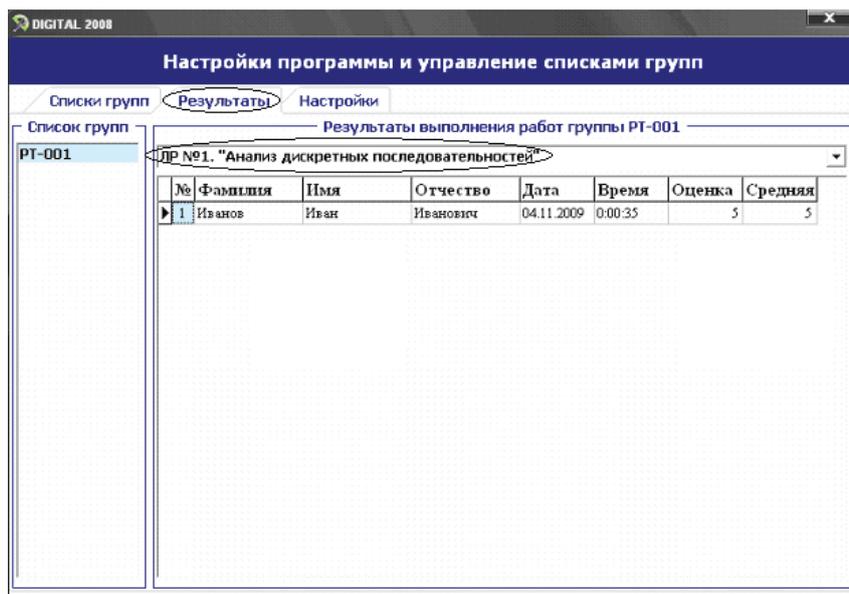


Рис. 6.7. Просмотр результатов выполнения тестов

2. Открыть вкладку «Результаты».

3. Выбрать из списка групп нужный номер группы, а из списка лабораторных работ – нужный номер работы:

*Установка уровня сложности тестов (для обеспечения индивидуальности обучения)*

1. Открыть окно «Настройки программы и управление списками групп» (рис. 6.8).

2. Открыть вкладку «Настройки».

	2	3	4	5
Легко	0+40	41+60	61+99	100
Нормально	0+50	51+70	71+99	100
Сложно	0+60	61+80	81+99	100

Рис. 6.8. Настройки программы

3. Указать нужный уровень сложности (рис. 6.9).

	2	3	4	5
Легко	0+40	41+60	61+99	100
Нормально	0+50	51+70	71+99	100
Сложно	0+60	61+80	81+99	100

Рис. 6.9. Изменение уровня сложности тестов

## Изменение параметров администратора

1. Открыть окно «Настройки программы и управление списками групп» (рис. 6.10).
2. Открыть вкладку «Настройки».

	2	3	4	5
Легко	0+40	41+60	61+99	100
Нормально	0+50	51+70	71+99	100
Сложно	0+60	61+80	81+99	100

Рис. 6.10. Изменение параметров администратора в окне настроек программы

3. Ввести новый пароль и подтверждение (рис. 6.11).

	2	3	4	5
Легко	0+40	41+60	61+99	100
Нормально	0+50	51+70	71+99	100
Сложно	0+60	61+80	81+99	100

Рис. 6.11. Изменение пароля администратора

4. Нажать кнопку «Сохранить».

## 6.4. Примеры выполнения лабораторных работ с помощью комплекса DIGITAL 2010

1. Выбрать нужный номер лабораторной работы (рис. 6.12):

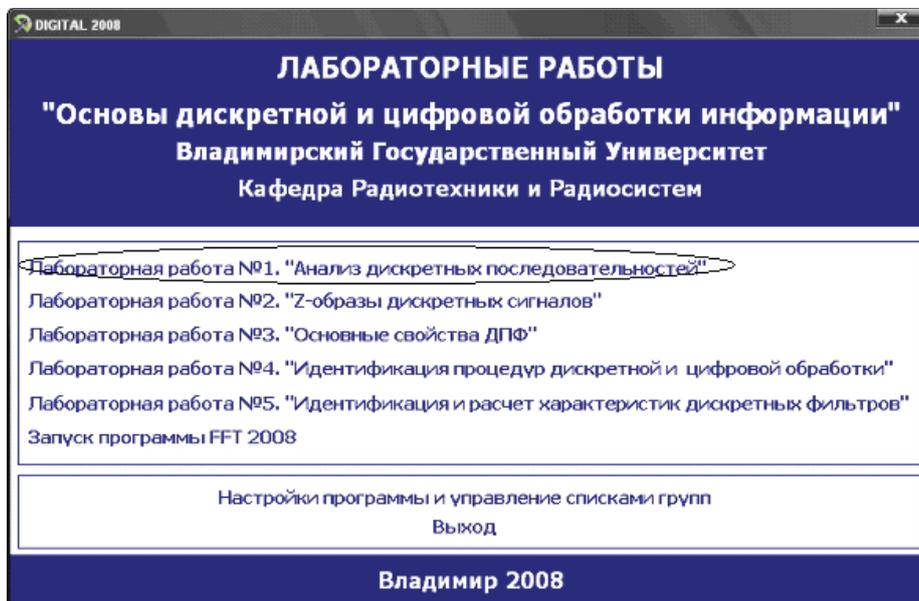


Рис. 6.12. Основное окно программы

2. Указать номер группы, фамилию, имя, отчество и нажать кнопку «Начать тест» (рис. 6.13):

Рис. 6.13. Окно запуска теста

3. Примеры вопросов (контрольных тестов) (рис. 6.14, 6.15):

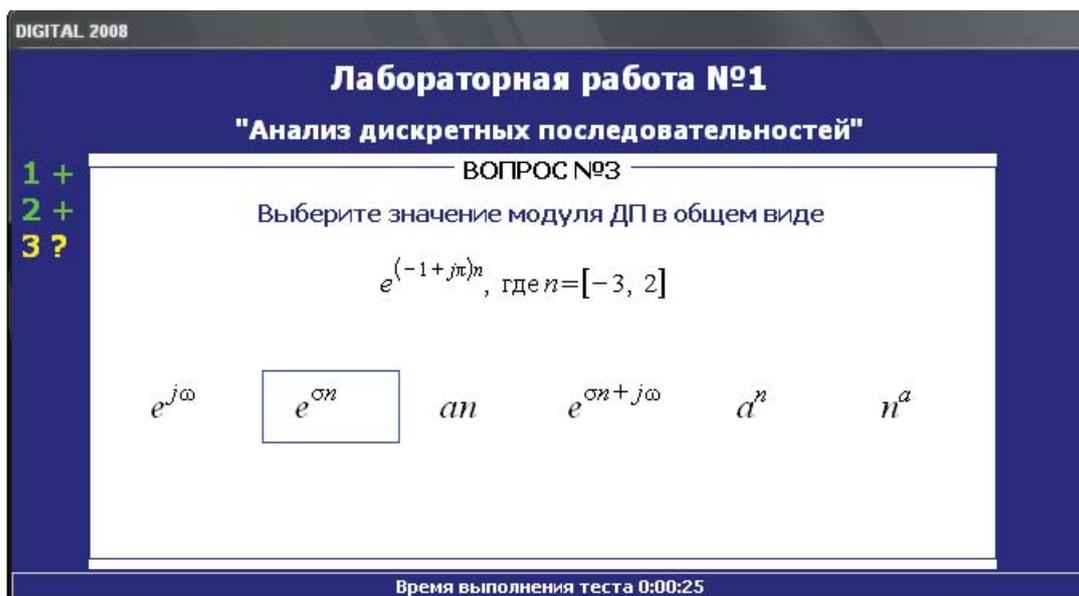


Рис. 6.14. Пример вопроса в тесте

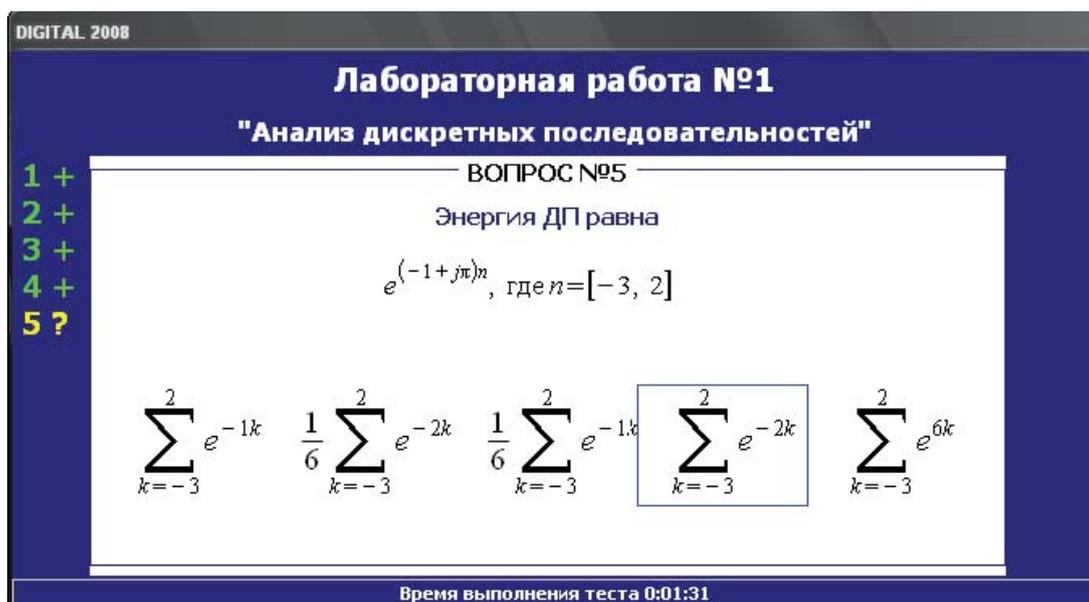


Рис. 6.15. Пример вопроса в тесте

В некоторых лабораторных работах требуется использование программы FFT 2010.

Расчёт с помощью быстрого дискретного преобразования Фурье  
 1. Нажать на кнопку запуска подпрограммы (рис. 6.16):

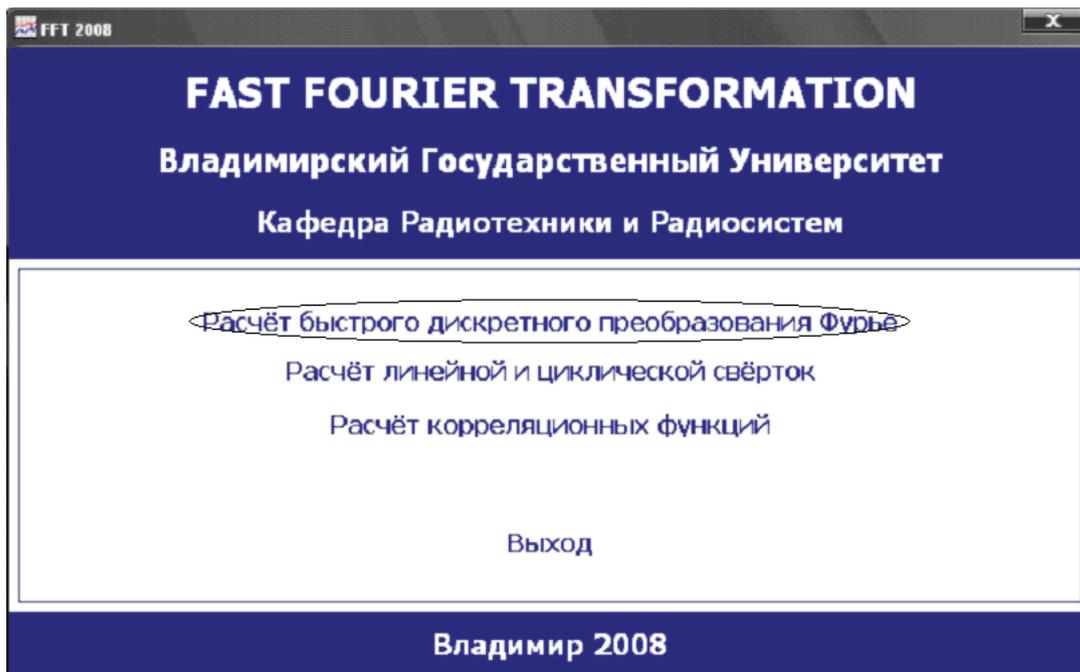


Рис. 6.16. Запуск лабораторной работы «Расчет с помощью быстрого дискретного преобразования Фурье»

2. В окне «Моделирование сигнала» ввести необходимые для расчета параметры сигнала (рис. 6.17):

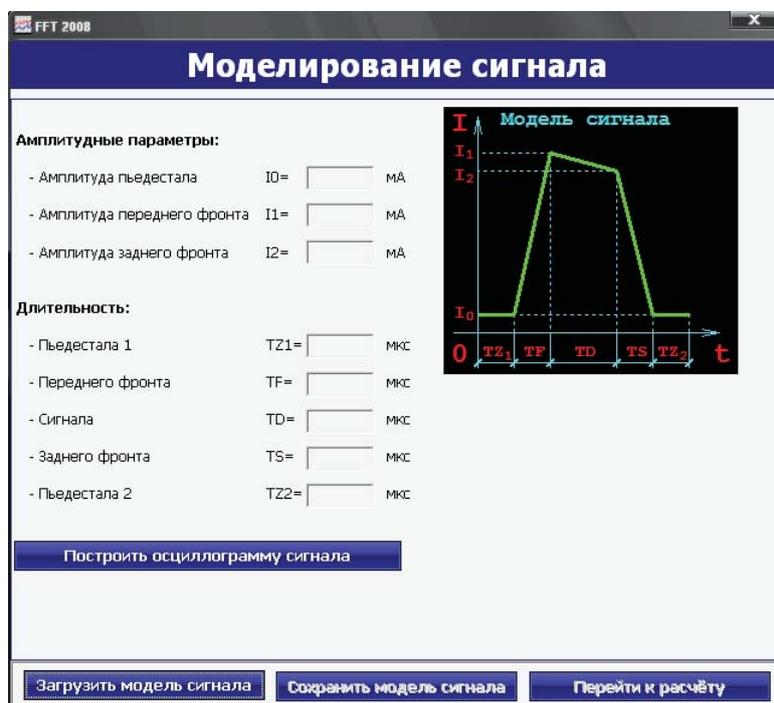


Рис. 6.17. Моделирование сигнала

Затем нажать кнопку «Построить осциллограмму сигнала». Можно использовать готовые модели сигналов, для чего необходи-

мо нажать на клавишу «Загрузить модель сигналов». Откроется соответствующее окно (рис. 6.18):



Рис. 6.18. Загрузка модели сигнала

3. Выбрать необходимую модель и нажать кнопку «Загрузить модель сигналов» (рис. 6.19):



Рис. 6.19. Загрузка модели сигнала

4. Во вновь открывшемся окне «Моделирование сигнала» нажать на кнопку «Перейти к расчёту» (рис. 6.20):



Рис. 6.20. Запуск расчета

5. В открывшемся окне выбрать количество отсчётов (рис. 6.21):

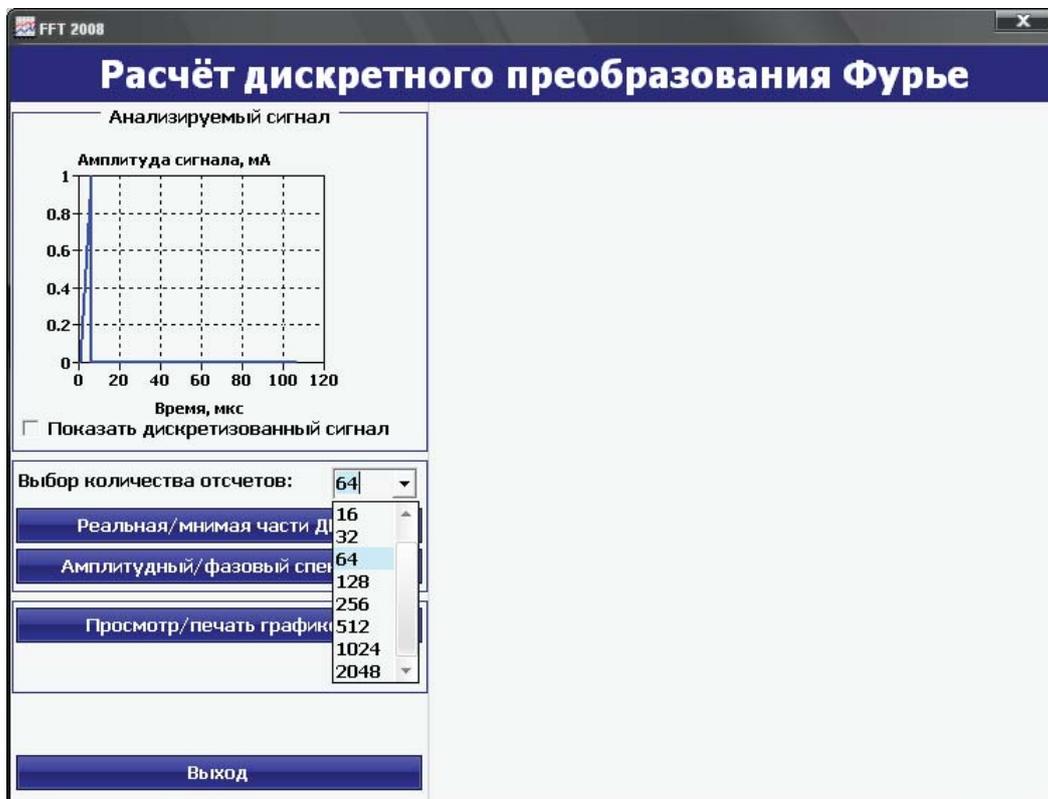


Рис. 6.21. Выбора количества отсчетов для расчета

6. Произвести расчет реальной и мнимой част ДПФ (рис. 6.22):

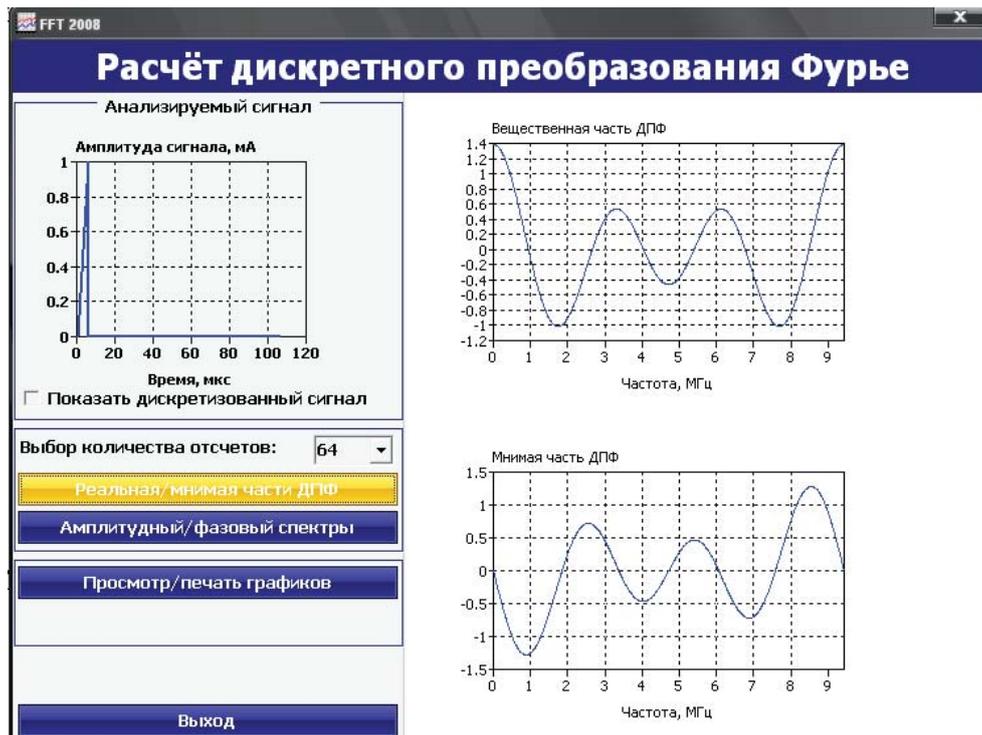


Рис. 6.22. Расчет реальной и мнимой частей ДПФ

7. Произвести расчёт амплитудного и фазового спектров (рис. 6.23):

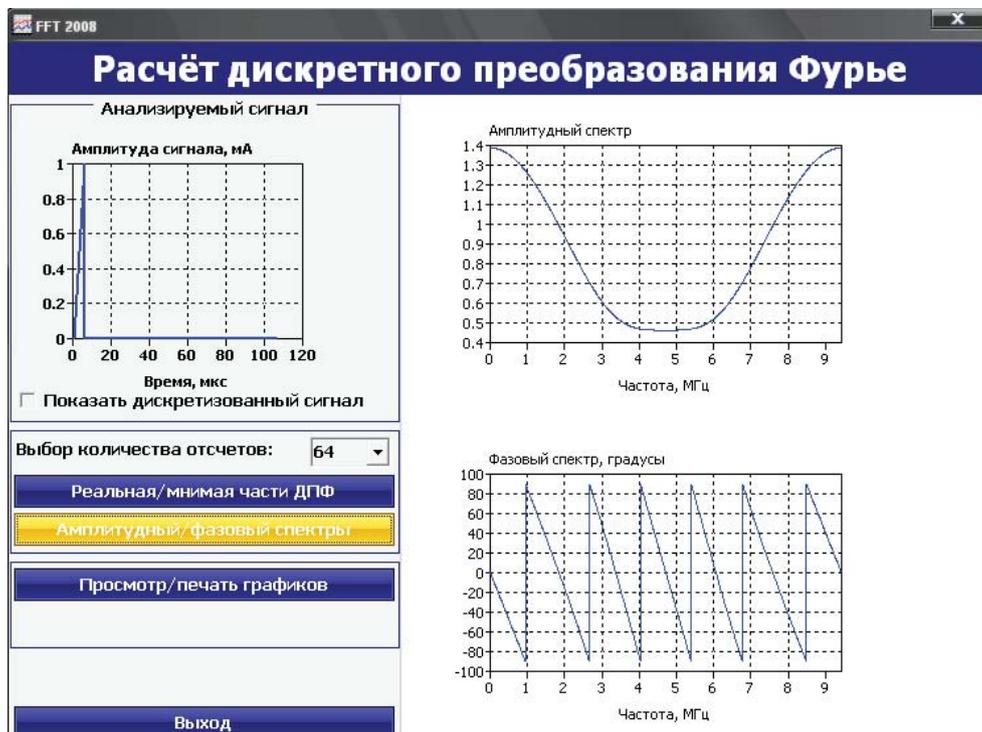


Рис. 6.23. Расчет амплитудного и фазового спектров

8. Для просмотра и печати результатов нажать соответствующую кнопку (рис. 6.24):

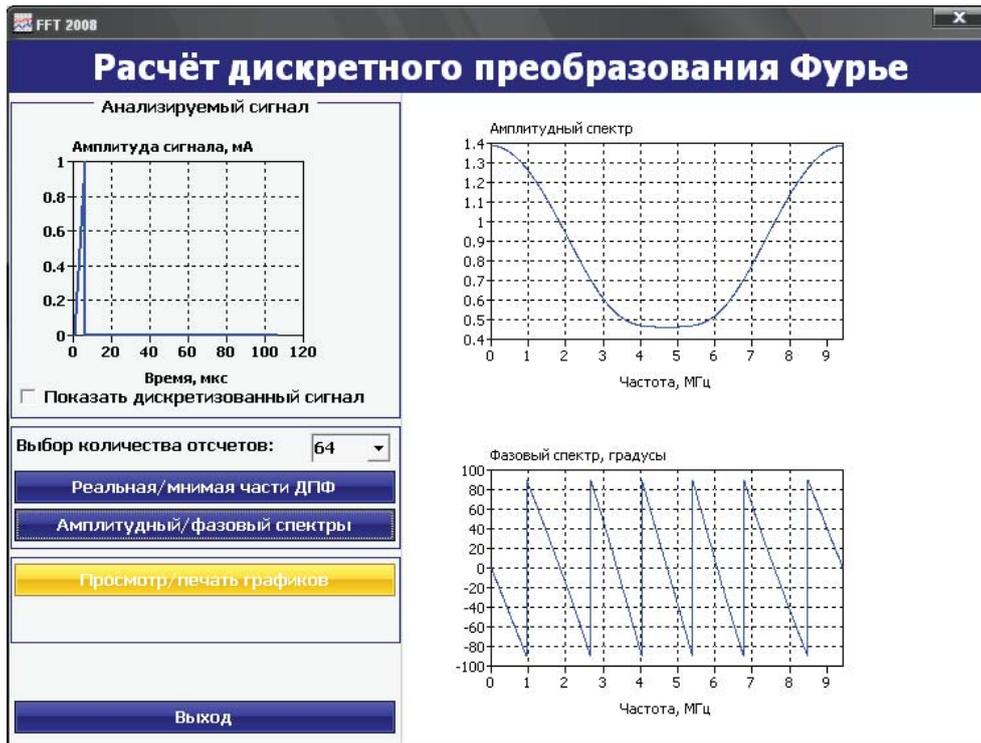


Рис. 6.24. Просмотр и печать графиков

9. Для просмотра выбрать интересующий график (рис. 6.25):



Рис. 6.25. Выбор графика для просмотра

Для сохранения графика или его печати необходимо нажать соответствующую кнопку (рис. 6.26):



Рис. 6.26. Сохранение или печать графика

10. Для выхода из программы нажать кнопку «Выход».

*Расчёт линейной и циклической сверток*

1. Запустить подпрограмму (рис. 6.27):

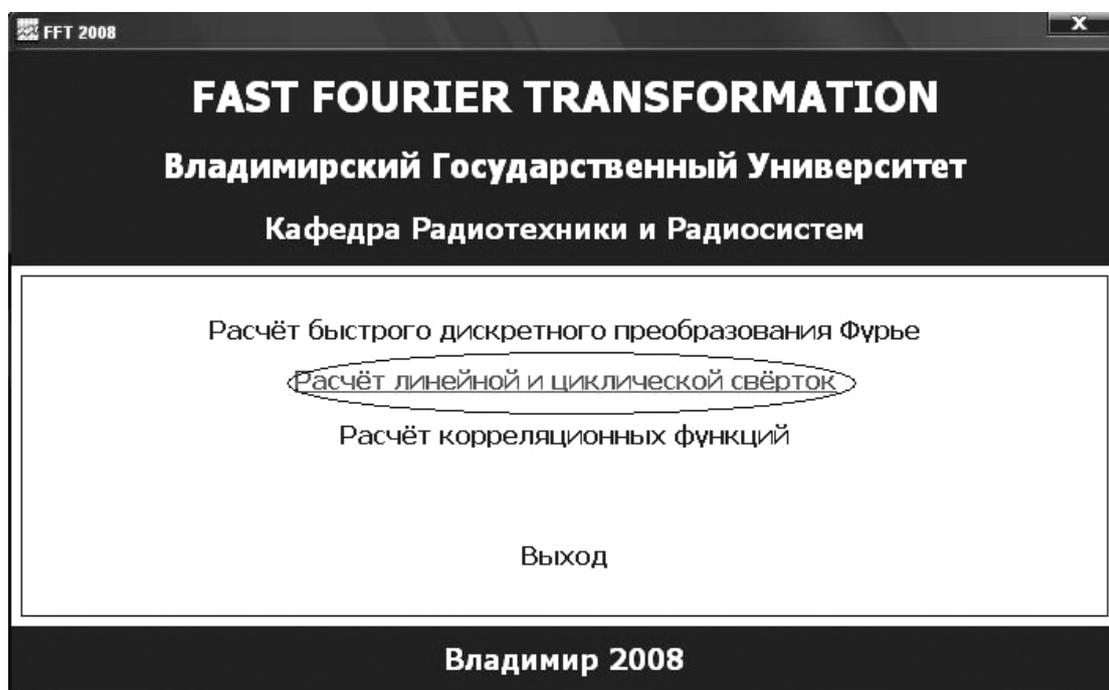


Рис. 6.27. Запуск расчета линейной и циклической сверток

2. Выбрать вид свертки и задать размерность сигналов (рис. 6.28):

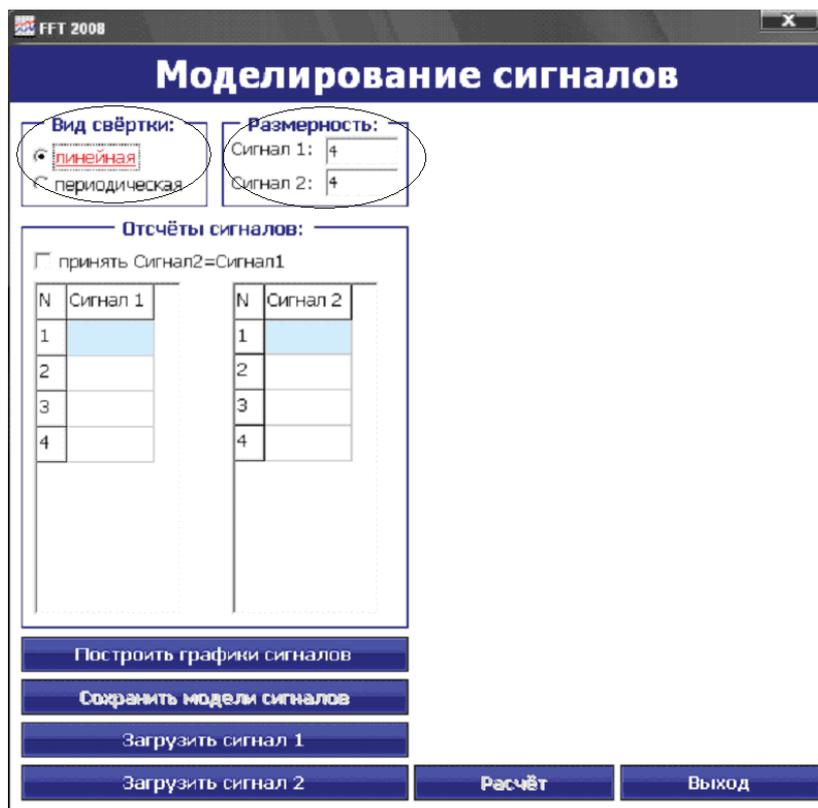


Рис. 6.28. Выбор вида свертки и ввод размерности сигнала

3. Заполнить пустые ячейки в графе «Отчёты сигналов» и нажать кнопку «Построить графики сигналов» (рис. 6.29):

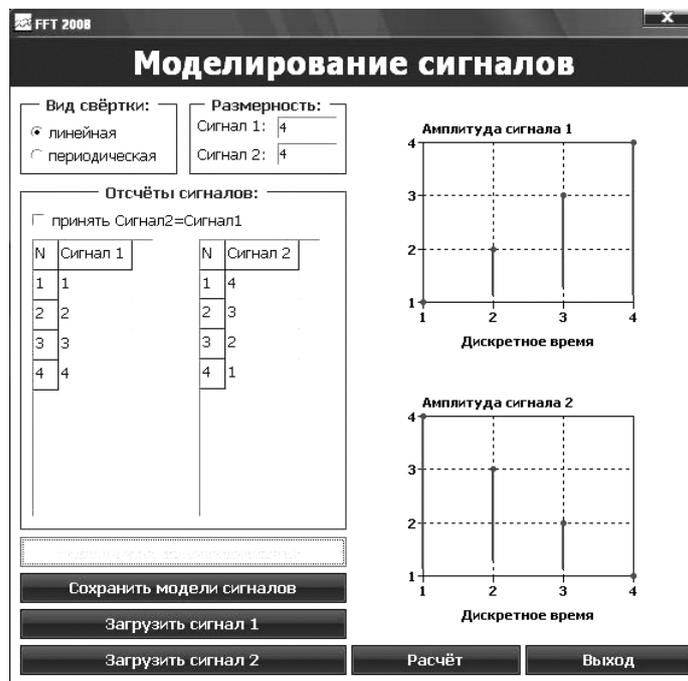


Рис. 6.29. Моделирование сигналов

4. Кнопка «Сохранить модель сигналов» используется для сохранения модели в базе данных программы FFT 2010. Вызвать модель можно, используя кнопки «Загрузить сигнал» (рис. 6.30):



Рис. 6.30. Сохранение модели сигнала

5. Для расчета свертки нажать на кнопку «Расчёт» (рис. 6.31):

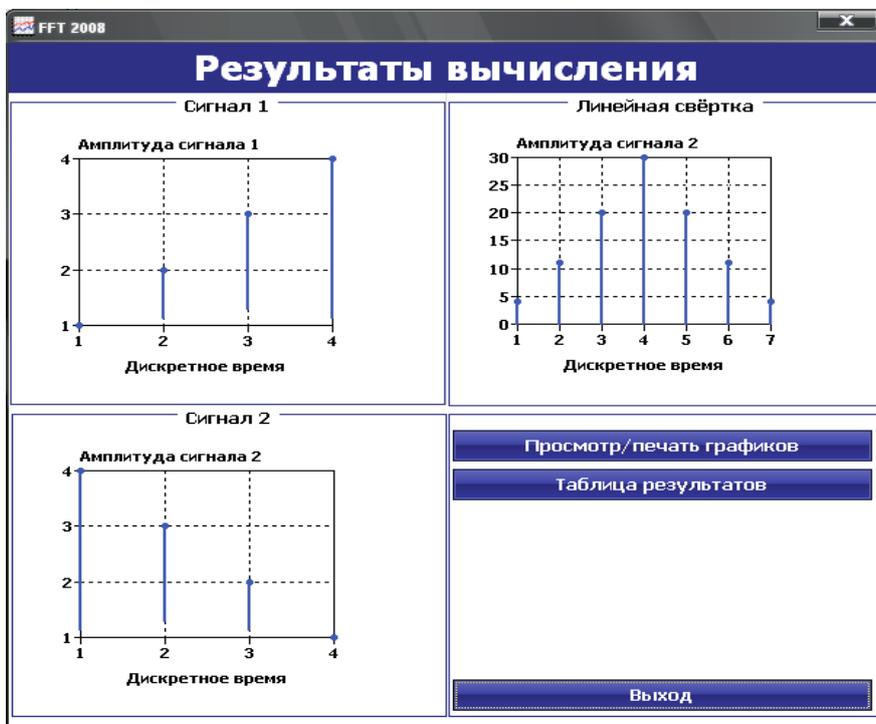


Рис. 6.31. Результаты вычисления

6. Нажать кнопку «Просмотр/ печать» графиков.
7. В окне «Результаты расчета ЛС» выполнить необходимые действия (рис. 6.32):



Рис. 6.32. Результаты расчета ЛС

8. По завершению работы закрыть окно.
9. Для просмотра результатов расчёта в виде таблицы нажать кнопку «Таблица результатов» (рис. 6.33, 6.34):

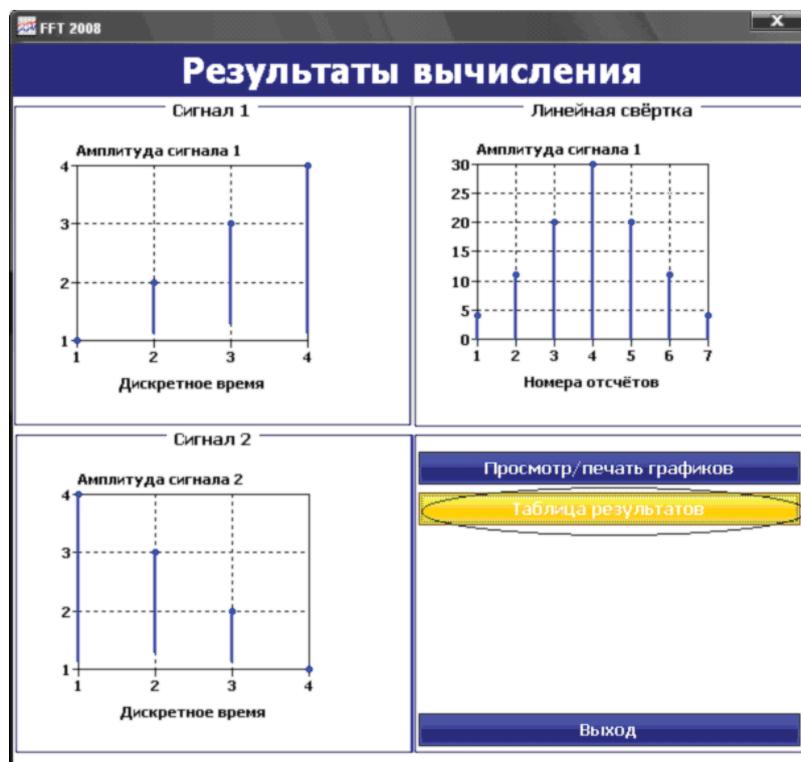


Рис. 6.33. Результаты вычисления

Отсчёты сигнала 1	Отсчёты сигнала 2	Линейная свёртка
1,000	4,000	4,000
2,000	3,000	11,000
3,000	2,000	20,000
4,000	1,000	30,000
		20,000
		11,000
		4,000

Рис. 6.34. Таблица результатов расчета ЛС

## 6.5. Электронный журнал

### *Интерфейс пользователя*

Программа «Электронный журнал» предназначена для учета посещаемости и сохранения рабочих заметок по допуску, выполнению и защите студентами лабораторных работ, а также для сохранения, восстановления и просмотра результатов выполнения тестов по программе DIGITAL.

Основное окно программы представлено на рис. 6.35.

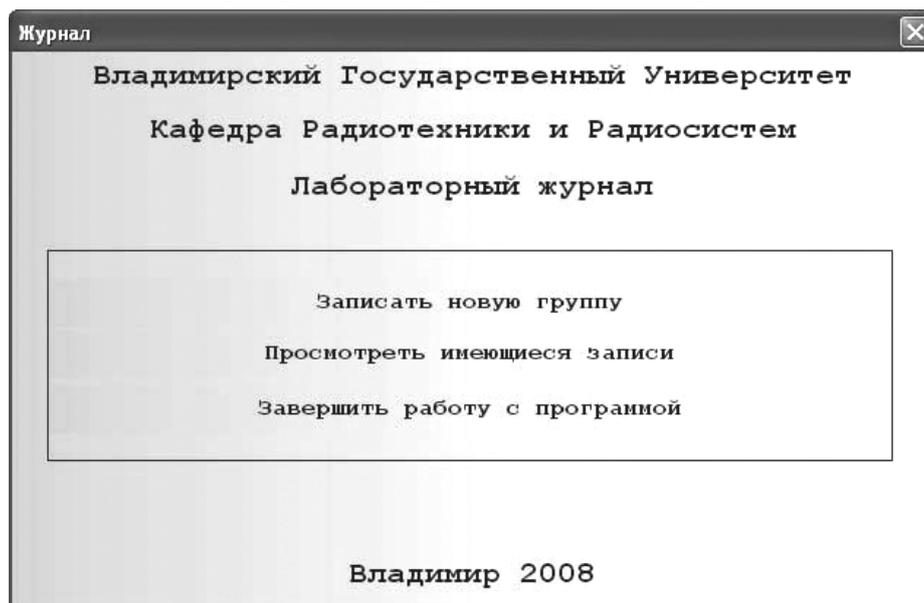
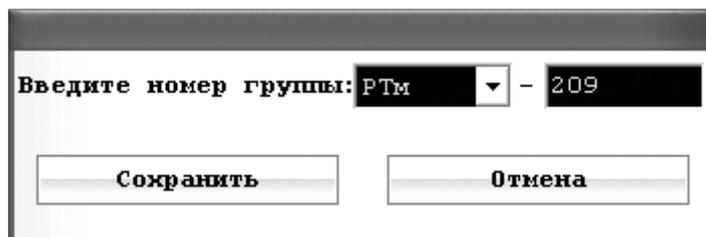


Рис. 6.35. Основное окно лабораторного журнала

### *Регистрация группы*

Для того чтобы зарегистрировать новую группу и составить ее список, нужно в основном окне (см. рис. 6.35) выбрать пункт «Записать новую группу».

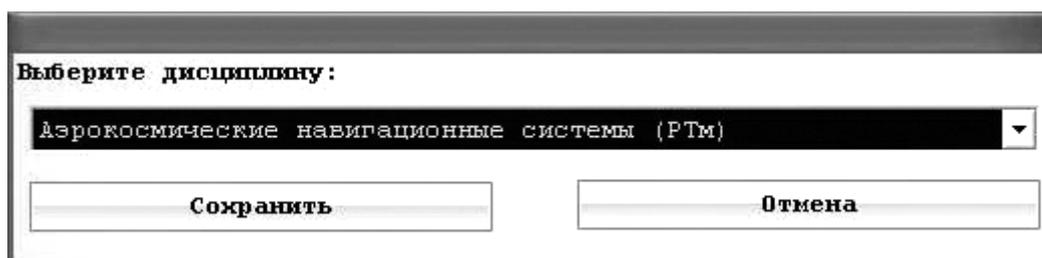
В появившемся окне указать номер группы и нажать кнопку «Сохранить» (рис. 6.36):



The screenshot shows a dialog box with a title bar. The main text reads "Введите номер группы:" followed by a dropdown menu containing "РТМ" and a text input field containing "209". Below the input fields are two buttons: "Сохранить" (Save) and "Отмена" (Cancel).

*Рис. 6.36. Ввод номера группы*

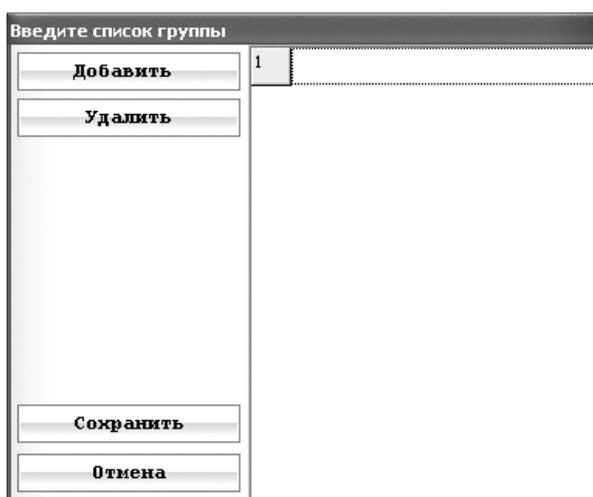
В новом окне указать нужную дисциплину и нажать кнопку «Сохранить» (рис. 6.37).



The screenshot shows a dialog box with a title bar. The main text reads "Выберите дисциплину:". Below it is a dropdown menu with the selected item "Аэрокосмические навигационные системы (РТМ)". At the bottom are two buttons: "Сохранить" (Save) and "Отмена" (Cancel).

*Рис. 6.37. Выбор дисциплины*

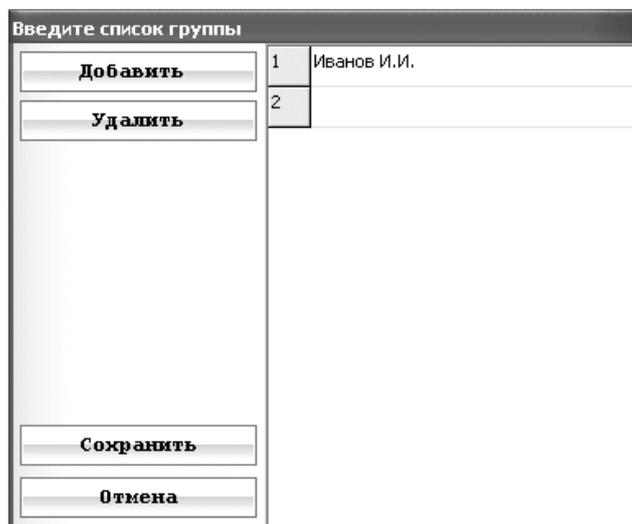
Появится окно формирования списка группы (рис. 6.38).



The screenshot shows a dialog box with a title bar. The main text reads "Введите список группы". On the left side, there are two buttons: "Добавить" (Add) and "Удалить" (Delete). On the right side, there is a list area with a header row containing the number "1" and a dotted line below it. At the bottom of the dialog are two buttons: "Сохранить" (Save) and "Отмена" (Cancel).

*Рис. 6.38. Окно формирования списка группы*

В этом окне в поле ввода с номером 1 нужно ввести имя студента (в любом виде – полностью ФИО или фамилию с инициалами). Для ввода следующего имени нажать кнопку «Добавить», появится поле ввода с номером 2 и т.д. (рис. 6.39).



№	Имя
1	Иванов И.И.
2	

Рис. 6.39. Заполнение списка группы

Чтобы удалить одну из ошибочно введенных записей, нужно нажать на кнопку «Удалить» и в появившемся окне ввести номер удаляемой записи (рис. 6.40).

После того как список полностью сформирован, нужно нажать кнопку «Сохранить», после чего появится окно журнала для зарегистрированной группы (см. ниже «Работа с журналом»).

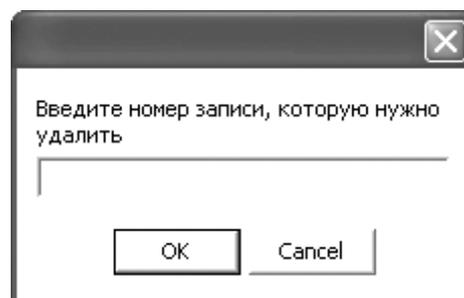


Рис. 6.40. Запрос номера удаляемой записи

Кнопка «Отмена» на всех этапах возвращает основное окно программы (см. рис. 6.35). В этом случае регистрация группы отменяется, и в следующий раз ее нужно будет вводить сначала.

### ***Просмотр и удаление имеющихся данных***

Для просмотра или удаления сохраненных ранее записей нужно в основном окне программы (см. рис. 6.35) выбрать пункт «Просмотреть имеющиеся записи».

В появившемся окне следует выбрать нужную группу и дисциплину и нажать кнопку «Открыть» для просмотра и «Удалить» для удаления записей (рис. 6.41).



Рис. 6.41. Выбор данных для просмотра

### Работа с журналом

Внешний вид журнала показан на рис. 6.42.



Рис. 6.42. Окно журнала

При регистрации группы создается чистая страница «Лабораторная № 1» со списком группы. На этой странице можно записывать следующие данные:

– заметки по лабораторной работе в поле «Заметки по лабораторной работе № 1». Здесь можно написать, например, название работы, название методического пособия, в котором написаны указания для данной работы и т.д.;

– данные (например, оценки) по допуску, выполнению и защите лабораторной работы для каждого студента из списка в столбцы «Допуск», «Защита» и «Выполнение»;

– примечание и другие рабочие заметки для каждого студента в поле «Примечание».

Меню этого окна журнала состоит из 6 пунктов:

- Установка даты;
- Редактирование списка;
- Управление работами;
- Календарь;
- Сохранить;
- Выход.

#### *Установка даты*

Это подменю содержит 3 кнопки для установки даты допуска, выполнения и защиты. После нажатия на одну из этих кнопок появляется окно для выбора соответствующей даты. Нужно выбрать дату и нажать кнопку «Сохранить» (рис. 6.43).

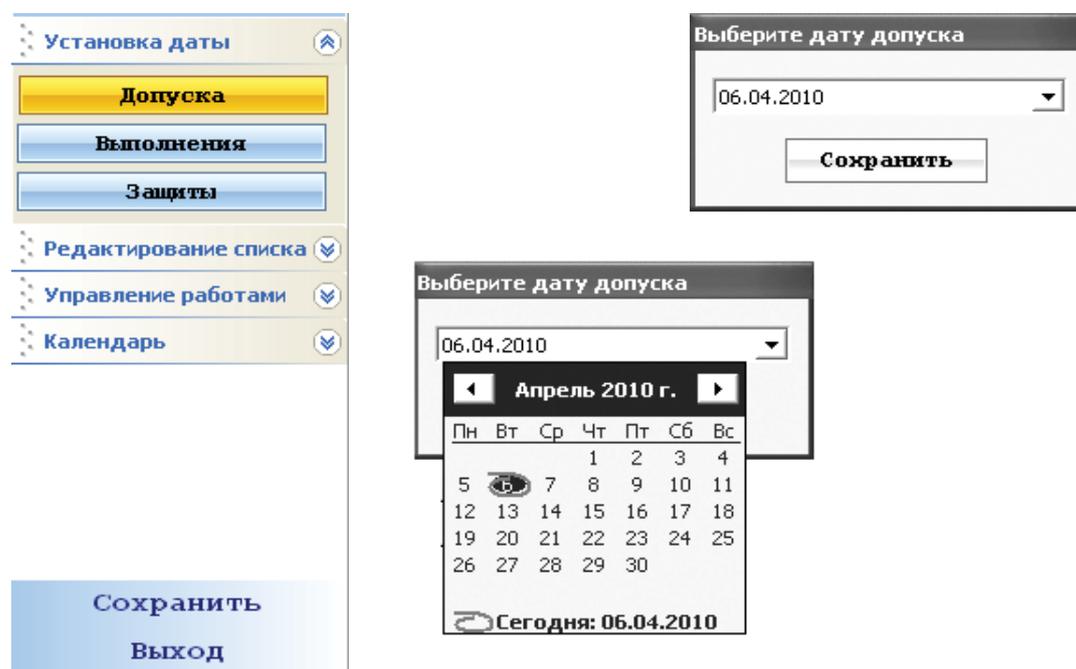


Рис. 6.43. Установка даты прохождения допуска к лабораторной работе

Указанная дата заносится на страницу лабораторной работы (рис. 6.44).

№	Лабораторная №1	06.04.2010			
	Ф.И.О.	Допуск	Выполнение	Защита	Примечания
1	Иванов И.И.				
2	Петров П.П.				
3	Сидоров С.С.				

Рис. 6.44. Установленная дата допуска

### Редактирование списка

Это подменю содержит инструменты для добавления нового студента в список, удаления студентов из списка и редактирование имен.

Для добавления студента нужно нажать на кнопку «Добавить студента», в появившемся окне ввести его имя и нажать на кнопку «Сохранить» (рис. 6.45).

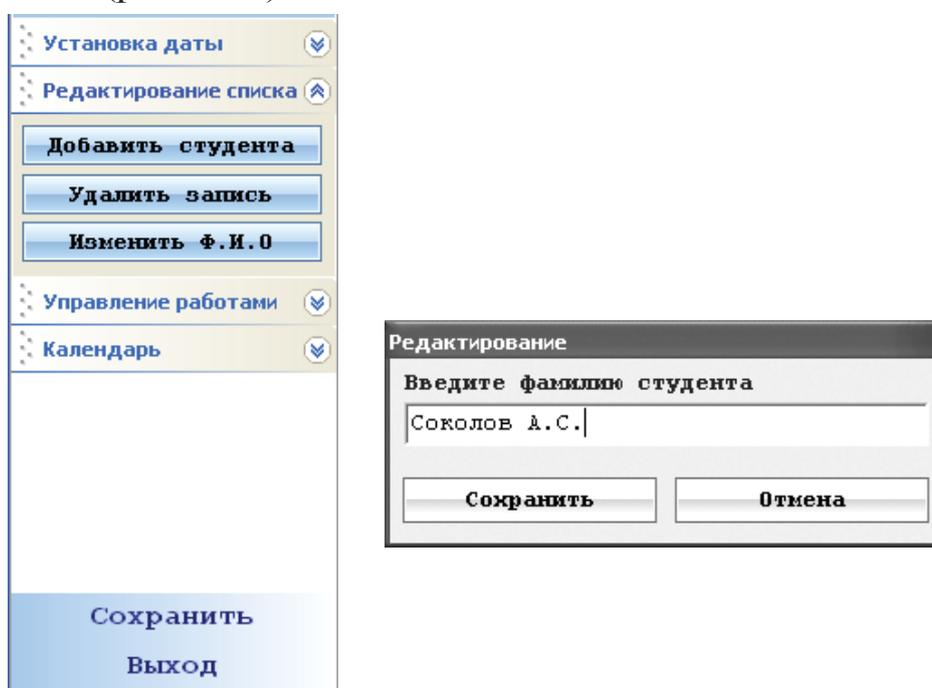


Рис. 6.45. Добавление студента в список

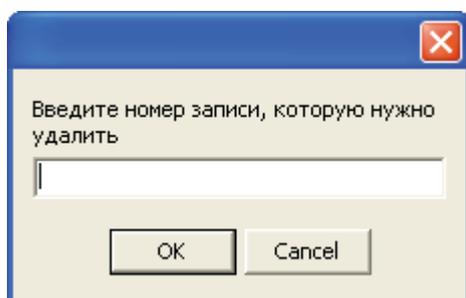


Рис. 6.46. Запрос номера удаляемой записи

Для удаления студента из списка нужно нажать на кнопку «Удалить запись», в появившемся окне ввести номер удаляемой записи и нажать на кнопку «ОК» (рис. 6.46).

Для редактирования имени студента в списке нужно нажать на кнопку «Изменить Ф.И.О.», в появившемся окне ввести номер записи, которую нужно изменить и нажать «ОК» (рис. 6.47).

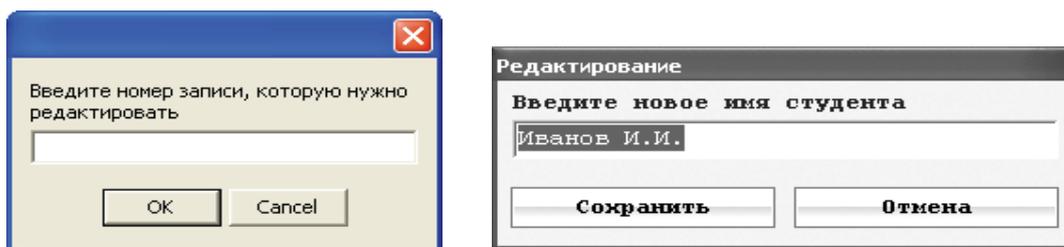


Рис. 6.47. Редактирование имени студента

### Управление работами

Кнопка «Добавить работу» добавляет новую страницу в окно журнала. Таким образом, если в журнале была только одна страница «Лабораторная работа № 1», то при нажатии на кнопку «Добавить работу» появится вторая страница «Лабораторная № 2» (рис. 6.48).

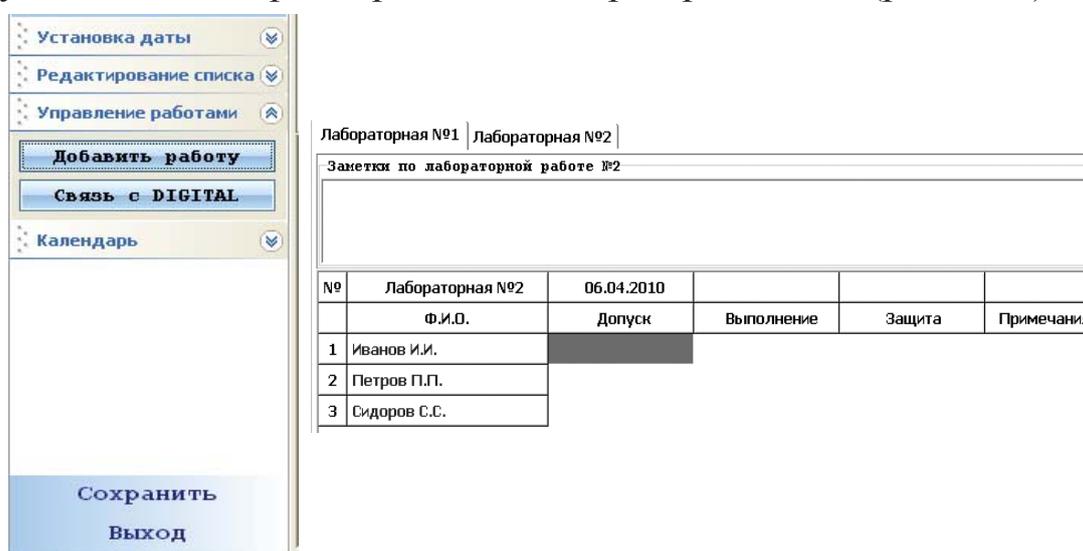


Рис. 6.48. Вторая страница журнала

Кнопка «Связь с DIGITAL» открывает окно, в котором можно сохранять, восстанавливать и просматривать результаты выполнения тестов в программе DIGITAL (см. ниже «Использование данных DIGITAL»).

### Календарь

Этот пункт меню открывает календарь с отмеченной на нем датой (рис. 6.49):

### Сохранить

Сохранение внесенных изменений

### Выход

Выход в основное окно программы



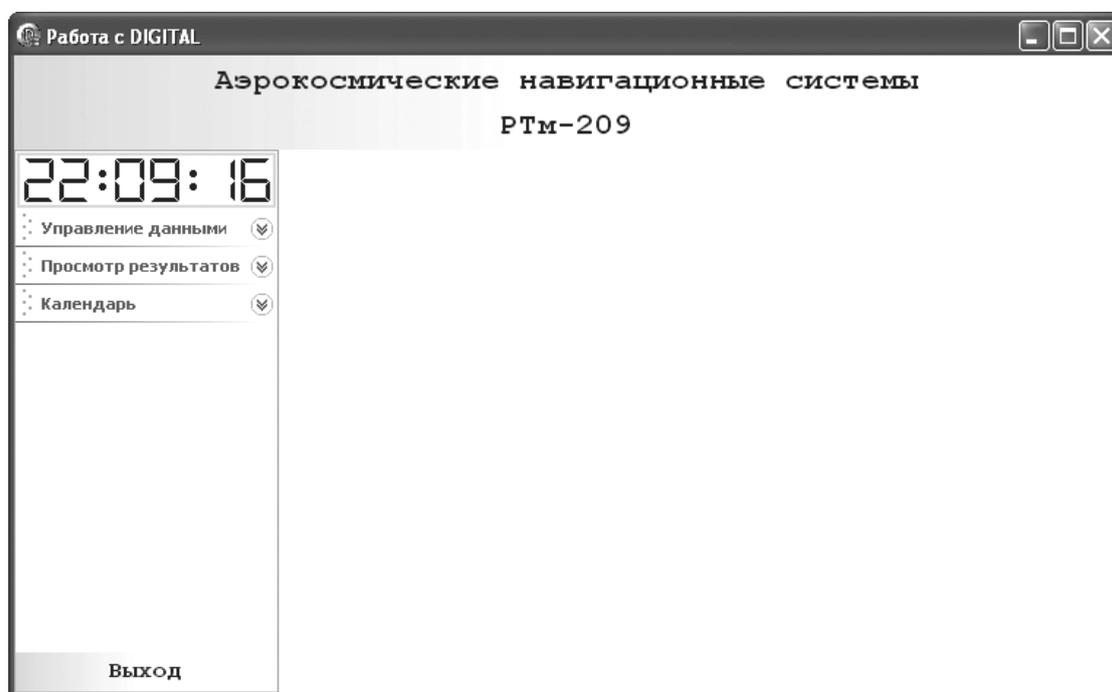
Рис. 6.49. Календарь

## ***Использование данных DIGITAL***

Лабораторный журнал имеет инструменты для сохранения, восстановления и просмотра результатов выполнения тестов по программе DIGITAL. Для эффективного использования этих инструментов нужно, чтобы программа была записана на карту флэш-памяти в отдельную папку.

**Внимание! Не изменяйте и не удаляйте файлы и каталоги, которые программа будет создавать в своей директории. Это может привести к потере данных.**

Окно «Работа с DIGITAL» (рис. 6.50) вызывается нажатием кнопки «Связь с DIGITAL» подменю «Управление работами» окна журнала (см. рис. 6.48).



*Рис. 6.50. Работа с DIGITAL*

Меню этого окна содержит 4 пункта:

- Управление данными;
- Просмотр результатов;
- Календарь;
- Выход.

*Управление данными*

Это подменю содержит инструменты для сохранения и восстановления результатов выполнения тестов в программе DIGITAL (рис. 6.51).

Для того чтобы можно было работать с результатами DIGITAL без доступа в сеть или в домашних условиях, достаточно после завершения лабораторной работы (т.е. имея доступ в сеть к файлам программы DIGITAL) сохранить результаты для группы, которая выполняла работу на карте флэш-памяти. Для этого нужно нажать на кнопку «Сохранить», в появившемся окне указать папку «Digital», в которой находится программа DIGITAL, и нажать на кнопку «Принять» (рис. 6.52).

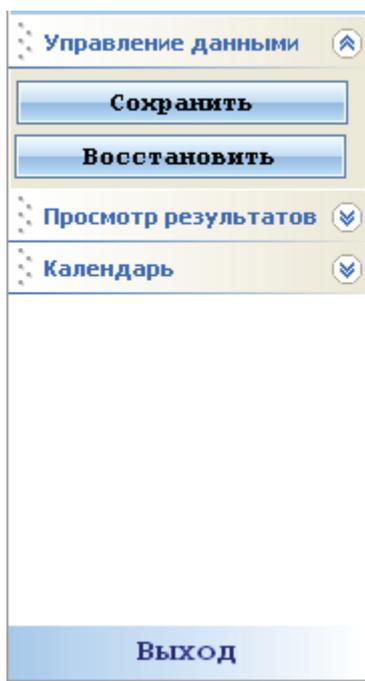


Рис. 6.51. Сохранение данных

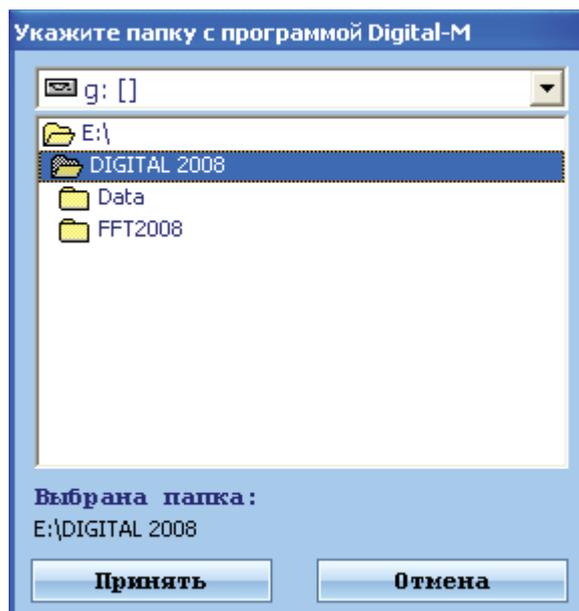


Рис. 6.52. Папка с программой DIGITAL

**Внимание!** При сохранении результатов программа производит в папке с DIGITAL поиск сохраненных данных для той группы, под каким именем она открыта в журнале, поэтому необходимо следить, чтобы группа была зарегистрирована в лабораторном журнале под тем же именем, что и в программе DIGITAL.

Сохраненные таким образом на карте флэш-памяти данные можно в дальнейшем использовать для просмотра в окне «Работа с DIGITAL» лабораторного журнала, а также для восстановления удаленных из сети данных и для переноса данных на компьютер, на котором есть программа DIGITAL, но нет выхода в сеть (например, на домашний компьютер преподавателя).

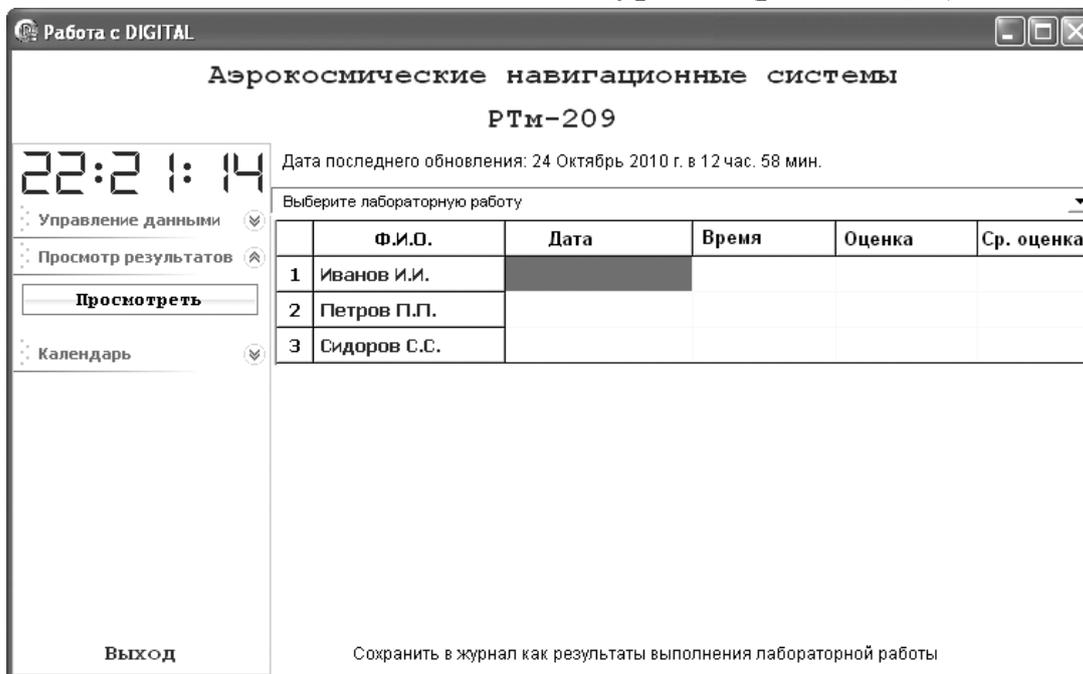
Для восстановления или переноса данных нужно нажать на кнопку «Восстановить» и в окне, аналогичном показанному на рис. 6.13, указать папку с программой DIGITAL и нажать на кнопку «Принять».

**Внимание!** Программа восстанавливает данные группы в фай-

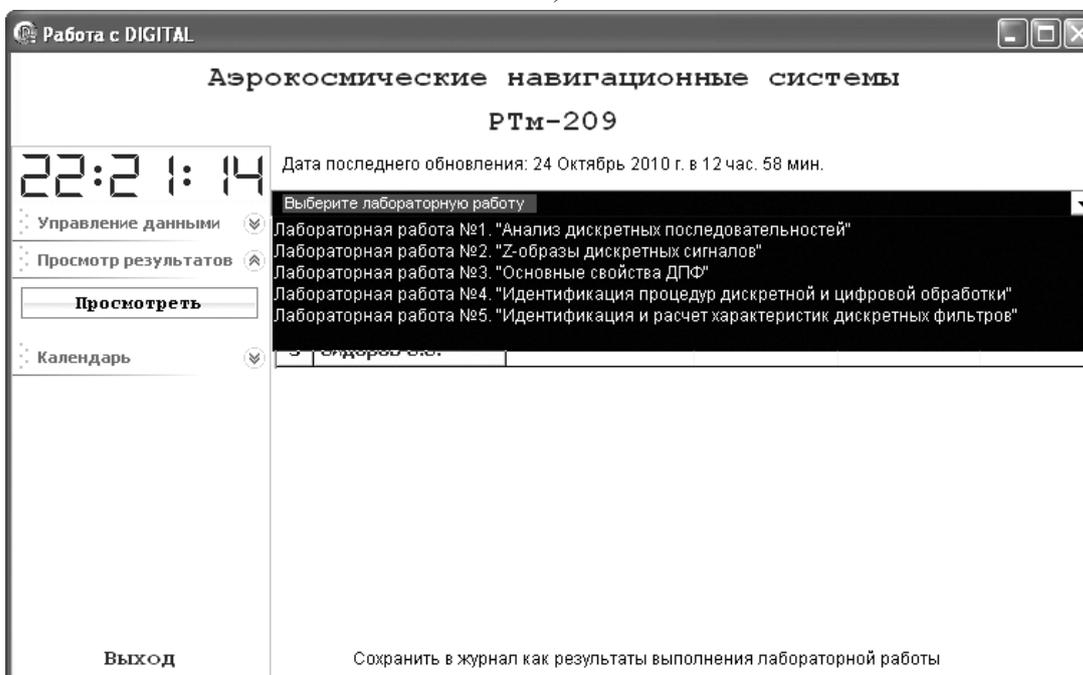
лы с тем же именем, под каким эта группа открыта в журнале, то есть из DIGITAL группа будет доступна именно под этим именем.

### Просмотр результатов

Кнопка «Просмотреть» этого подменю доступна, только если есть сохраненные описанным выше способом данные. Она отображает результаты в окне «Работа с DIGITAL» журнала (рис. 6.53, а).



а)



б)

Рис. 6.53. Отображение данных: а – окно отображения результатов; б – выбор лабораторной работы

Здесь отображается дата последнего обновления данных.

Для отображения данных нужно выбрать лабораторную работу (рис. 6.53, б).

Пример отображения результатов показан на рисунке 6.54.



Рис. 6.54. Просмотр данных

Эти результаты выполнения тестов в программе DIGITAL можно сохранять как результаты выполнения в журнал. Для этого нужно пройти по ссылке «Сохранить в журнал как результаты выполнения лабораторной работы», ввести в появившемся окне номер работы (по журналу), для которой нужно сохранить данные и нажать на кнопку «ОК» (рис. 6.55).

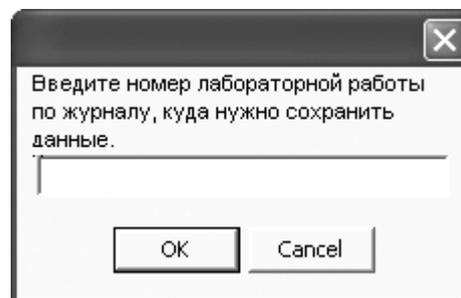


Рис. 6.55. Запрос номера работы, для которой нужно сохранить данные

### Календарь

Этот пункт меню аналогичен соответствующему пункту окна журнала.

### Выход

Возвращает в окно журнала.

## **7. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЙ И КОНТРОЛЬНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ (ТЕСТИРОВАНИЯ, ЗАЧЕТОВ, ЭКЗАМЕНОВ)**

Основная цель любой лекции – сформировать умение гибко решать проблему, способность вести научный и практический поиск при решении конкретных задач. Значит, следует придерживаться методики, позволяющей строить необходимые дедуктивные и индуктивные умозаключения [1,18 – 25].

Студент должен понять, что в любой проблеме есть место поиску. Специфические особенности мультимедиа – (многооконное представление информации на одном экране с возможностью активировать любую часть экрана; демонстрация моделирования и реально протекающих процессов; «манипулирование» визуальной информацией как в пределах данного экрана, так и в пределах поля предыдущего (последующего) экранов; сочетание различной аудиовизуальной информации; дискретная подача аудиовизуальной информации – позволяют органично вовлечь студентов в проблемную ситуацию и создают мощный стимул интереса к изучаемой теме.

Сочетание комментариев преподавателя с видеоинформацией или анимацией значительно активизирует внимание студентов к содержанию излагаемого преподавателем учебного материала и повышает интерес к новой теме. Обучение становится занимательным и эмоциональным. При этом существенно изменяется роль преподавателя в учебном процессе. Он эффективнее использует время лекции, сосредотачивая внимание на обсуждении наиболее сложных и важных фрагментов учебного материала.

Активизация эмоционального воздействия на обучаемых лекции, читаемой с применением мультимедийных средств, связана со следующими факторами:

– во-первых, обучающая среда создается с наглядным представлением информации в цвете (психологами доказано, что запоминаемость цветной фотографии почти в два раза выше по сравнению с черно-белой);

– во-вторых, использование анимации – одно из эффективных средств привлечения внимания и стимулирования эмоционального восприятия информации (вместе с тем замена статических изображений динамическими целесообразна лишь в том случае, когда сущность демонстрируемого объекта связана с процессом, динамикой, отношения которых не может передать статика);

– в-третьих, наглядное представление информации в виде фотографий и видеофрагментов оказывает более сильное эмоциональное воз-

действие на человека, чем традиционное, поскольку оно способствует улучшению понимания и запоминания физических и технологических процессов (явлений), демонстрируемых на экране.

В случае использования мультимедийных средств и ресурсов в открытом и дистанционном обучении структура знаний формируется в виде некоторой упорядоченной сети, из которой студенты выбирают темы для изучения. Студент может переходить от темы к теме линейным или нелинейным путем, или комбинируя эти две стратегии. Мультимедийные средства могут управлять работой студентов и фиксировать индивидуальную линию поведения каждого. Студенты в ходе работы активно взаимодействуют друг с другом.

Использование мультимедийных технологий в обучении реализует несколько основных методов педагогической деятельности, которые традиционно делятся на активные и пассивные принципы взаимодействия обучаемого с компьютером. Пассивные мультимедийные продукты разрабатываются для управления процессом представления информации (лекции, презентации, практикумы), активные – это интерактивные средства мультимедиа, предполагающие активную роль студента, который самостоятельно выбирает подразделы в рамках некоторой темы, определяя последовательность их изучения.

*Основные виды сценариев педагогической деятельности [21]:*

1. Метод линейного представления информации. Данный метод представления мультимедийной информации последовательно знакомит студента с учебным материалом, используя возможности линейной навигации в рамках всего ресурса. Достоинство данного метода заключается в более широких возможностях интеграции различных типов мультимедийной информации в рамках одного средства обучения.

Недостатком служит отсутствие возможности контроля за ходом изложения материала (нет возможности управления процессом изложения материала). Этот метод рекомендуется для студентов, которые не обладают либо обладают очень ограниченными предварительными знаниями в изучаемой области и им требуется обзорное изложение изучаемого материала. Мультимедийный курс полностью соответствует главам традиционного учебника и за счет этого не требует от студентов усилий при изучении материала.

2. Метод нелинейного представления информации. Это метод организации в мультимедийных средствах обучения нелинейных способов связывания информации и использование структурированной системы навигации между мультимедийными ресурсами на основе гиперссылок.

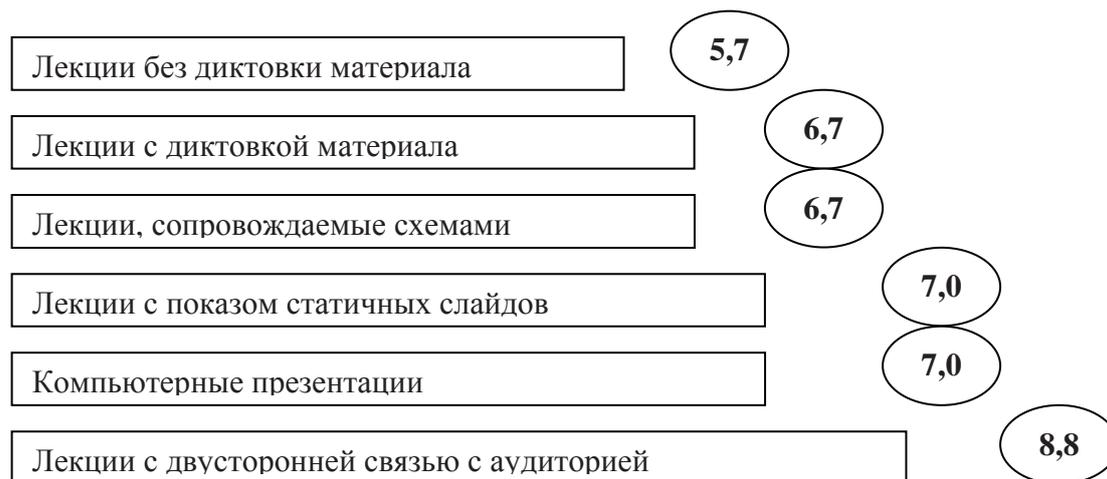
В данном методе используются активные методы педагогической деятельности, которые позволяют обучаемому проявлять самостоятельность при выборе изучаемого материала. Достоинства данного метода – четкая структуризация материала, возможность поиска информации, навигации в больших базах данных, организации информации по семантическим критериям. Использование гипертекстовых материалов при обучении удобно для восприятия, запоминания, направлено на свободу выбора и самостоятельность при изучении материалов.

Данный метод, основанный на нелинейном представлении информации, рекомендуется использовать в том случае, когда студенты уже обладают некоторыми предварительными знаниями по изучаемой тематике, достаточными для того, чтобы они могли самостоятельно задавать вопросы и ставить перед собой задачи, или когда они могут четко сформулировать свой вопрос.

Пример такого подхода – презентация «Демонстрационная среда по курсу АКСН».

Было проведено исследование [21] с целью выявить степень интереса к различным формам подачи учебного материала при проведении лекций.

В проводимом исследовании респондентам была предоставлена оценочная шкала (рисунок), включающая в себя десять степеней важности по конкретной форме подачи лекционного материала. Оценка, равная «10», соответствовала наивысшей необходимости вида лекции, оценка, равная «1», предполагала незначительность метода. Как видно из ответов на данный вопрос, методики ведения лекций в форме компьютерных презентаций и с показом слайдов имеют довольно высокое преимущество.



В 51,9 % случаев преимущество в восприятии было отдано схеме; 32,4 % опрошенных остановились на графике; 26,9 % считают, что та-

блицы довольно наглядны и информативны; 17,6 % отдают предпочтение рисунку; и только 5,5 % выделяют текст. Более половины опрошенных (54,6 %) отметили, что сочетание нескольких форм на одном слайде наиболее предпочтительно для восприятия учебного материала.

Развитие и внедрение компьютерных технологий обогащают традиционные формы подачи учебного материала.

В методологии преподавания известно, что эффективность воздействия учебного материала на аудиторию во многом зависит от степени и уровня иллюстративности устного материала. Визуальная насыщенность учебного материала делает его ярким, убедительным и способствует интенсификации процесса его усвоения.

Методика проведения **лабораторных занятий** с использованием программного учебно-методического комплекса подробно излагается в пп. 6.1 – 6.4. Там же представлены примеры выполнения лабораторных работ и вопросы контроля знаний магистрантов в интерактивном режиме. Перечень контрольных вопросов и тестов представлен ниже.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Дать определение радионавигации, радионавигационных систем и устройств и описать их место в ряду других средств навигации.
2. Пояснить структуру и назначение пилотажно-навигационного комплекса. Описать способы управления летательными аппаратами.
3. Провести классификацию радионавигационных систем и устройств.
4. Дать определение основным радионавигационным параметрам.
5. Описать методы определения местоположения объектов в пространстве радиосредствами.
6. Обосновать основные тактико-технические характеристики радионавигационных систем.
7. Пояснить назначение, состав и особенности авионики современных летательных аппаратов.
8. Обосновать актуальность проблемы повышения помехоустойчивости радионавигационных систем.
9. Пояснить информационную общность радиосистем ближней навигации (типа РСБН) и посадки самолетов (типа СПСД).
10. Обосновать физическую природу многопутевого (многолучевого) процесса на входе бортовой подсистемы ВИРС НП.

11. Описать характер отражающих свойств местных предметов в аэропортах.
12. Охарактеризовать модель многолучевого канала ВИРС НП.
13. Описать многолучевые погрешности РСБН (СПСД).
14. Каковы существующие мероприятия и приемы борьбы с многолучевостью ВИРС НП.
15. Провести классификацию процедур принятия решений в ВИРС НП и их ограничения.
16. Показать специфику задач обработки многолучевого процесса в бортовых подсистемах РНС.
17. Описать пути и этапы цифровой обработки ВИРС НП в условиях многопутевого распространения сигнала по трассе радиомаяк – борт самолета.
18. Какова структура бортового вычислительного комплекса и алгоритм обработки сигнала ВИРС НП на фоне стохастических и сигналоподобных помех.
19. Показать ограничения по применению классической адаптивной обработки на борту ВИРС НП.
20. Функционально-адаптивная обработка многолучевых сигналов. Критерий адаптации.
21. Структура и алгоритм работы автомата ФАДО.
22. Процедурное наполнение системы ФАДО во внелучевом пространстве.
23. Процедурное наполнение системы ФАДО во внутрилучевом пространстве.
24. Перспективы развития ФАДО.
25. Указать место цифровой обработки сигналов в РНС.
26. Объяснить проблему дискретизации сигналов на высокой частоте и указать пути ее решения.
27. Объяснить сущность квадратурной обработки сигналов.
28. Структура цифрового радиоприемного устройства.
29. Объяснить сущность задачи распознавания образов.
30. Критериальная основа и алгоритм распознавания образов.
31. Структура цифрового устройства распознавания образов.
32. Распознавание двумерных образов.
33. Пояснить сущность гомоморфной обработки многолучевых сигналов.

34. Привести пример анализа двулучевого сигнала и структуру устройства обнаружения отражения, разрешения с сигналом и компенсации помехи.
35. Принципы восстановления дискретизованных сигналов и критериальная основа.
36. Восстановление сигналов с помощью ФНЧ.
37. Восстановление сигналов интерполирующими полиномами.
38. Объяснить задачи и состав вычислительной аппаратуры РНС.
39. Место и роль ЦОС в РНС. Процедуры принятия решения.
40. Ограничение по использованию традиционных методов обработки сигналов АКСН.
41. Проблема дискретизации ВЧ сигналов и пути её решения.
42. Сущность гомоморфной обработки многолучевых сигналов.
43. Описание аналитического сигнала и принцип квадратурной обработки.
44. Вычисление спектра двулучевого сигнала.
45. Структура и параметры цифрового радиоприёмного устройства с квадратурной обработкой.
46. Направления применения анализатора спектров.
47. Сущность задачи распознавания образов. Критерий качества распознавания.
48. Гомоморфная обработка многолучевых сигналов.
49. Вычисление дискретных функций в процедуре распознавания образов.
50. Принципы восстановления информации по дискретным данным.
51. Описание случайных дискретных процессов. Законы распределения вероятности.
52. Числовые характеристики дискретных случайных процессов.
53. Основные принципы проектирования ЦФ.
54. Проектирование ЦФ с использованием временных окон.
55. Метод частотной выборки при проектировании ЦФ КИХ.
56. Роль «окон» в методе взвешивания при проектировании ЦФ.
57. Метод инвариантности при проектировании ЦФ.
58. Критерии качества ЦФ.
59. Метод билинейного преобразования при проектировании ЦФ.
60. Погрешности ЦФ.

61. Структура системы с ЦФ.
62. Быстродействие ЦФ.
63. Восстановление сигнала интерполирующим полиномом.
64. Потенциальные возможности ЦФ.

## ТЕСТЫ

1. Что входит в понятие: «Цифровая обработка информации»?
  - А. Цифровые и импульсные схемы.
  - Б. Интегральные микросхемы.
  - В. Эффективные алгоритмы обработки разнообразной информации на основе ЭВМ и ЭВУ.
2. Каковы источники развития ЦОИ?
  - А. Успехи математики и достижения электронной техники.
  - Б. Достижения в области радиопередающих устройств.
  - В. Развитие интегральных микросхем.
3. Дайте классификацию сигналов на основе их использования в ЦОИ:
  - а) узкополосные и широкополосные;
  - б) непрерывные, дискретные, цифровые;
  - в) коррелированные и некоррелированные.
4. Какова основа системы ЦОС?
  - А. Радиоприемные устройства.
  - Б. Корреляторы.
  - В. Аппаратная часть и программное обеспечение.
5. Назовите основные этапы цифровой обработки информации:
  - а) отображение информации на экране ЭЛТ, кодирование;
  - б) дискретизация, квантование, кодирование, модуляция;
  - в) цифро-аналоговое преобразование, модуляция, кодирование.
6. Дайте определение процедуре дискретизации сигналов:
  - а) сложение непрерывных сигналов и импульсной несущей;
  - б) модуляция импульсной несущей непрерывным сигналом;
  - в) спектральное преобразование.

7. Приведите пример естественной и искусственной дискретизации:  
 а) умножение сигналов с усреднением;  
 б) интегрирование сигналов;  
 в) преобразование сигналов в РЛС кругового обзора в цифровую форму.

8. Приведите пример дискретных последовательностей:

- а)  $x(t) = e^{\alpha t}$ ;  
 б)  $x(nt) = \cos(\varpi_0 nT)$ ;  
 в)  $x(nt) = e^{(\sigma_0 + \varpi_0)^n}$ .

9. Найдите описание ДП в  $p$ -плоскости:

- а)  $x(t) = \sum_{k=1}^t a_k e^{pt}$  ;  
 б)  $x(t) = \delta(t)$  ;  
 в)  $x_t(nt) = T \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{k=1}^q a_k e^{pt} p(t - nt)$ .

10. Провести дискретизацию сигналов:

- а)  $x(t) = A \sin(\varpi_0 t + \varphi_0) \longrightarrow x(nT) = A \sin\left(\frac{2\pi}{N} + \frac{2\pi}{N} n_0\right)$  ;  
 б)  $x(t) = A e^{-\alpha t} \longrightarrow \frac{A}{N} e^{-\alpha t}$  ;  
 в)  $x(t) = e^{\sigma_0 n} \longrightarrow e^{\sigma_0 nT}$  .

11. Найдите правильное выражение для модуля комплексной ДП:

- а)  $\left| \dot{x}(n) \right| = x_{Re}(n) + jx_{Im}(n)$  ;  
 б)  $\left| \dot{x}(n) \right| = \arctg \frac{x_{Im}(n)}{x_{Re}(n)}$  ;  
 в)  $\left| \dot{x}(n) \right| = \sqrt{x_{Re}^2(n) + x_{Im}^2(n)}$  .

12. Определите правильное выражение для аргумента комплексной ДП:

- а)  $\arg x(n) = \sqrt{x_{Re}(n) + x_{Im}(n)}$  ;

$$\text{б) } \arg x(n) = \arccos \frac{x_{Re}(n)}{x_{Im}(n)};$$

$$\text{в) } \arg x(n) = \operatorname{arctg} \frac{x_{Im}(n)}{x_{Re}(n)}.$$

13. Найдите правильное выражение для мощности ДП:

$$\text{а) } E = \left| \dot{x}(n) \right|;$$

$$\text{б) } E = \sum_{n=0}^N \left| \dot{x}(n) \right|^2;$$

$$\text{в) } E = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^N x(n).$$

14. Определите модуль ДП  $x(n) = e^{(\sigma_0 + j\varpi_0)n}$ :

$$\text{а) } x(n) = \sqrt{e^{2\sigma_0 n} (\cos^2 \varpi_0 n + \sin^2 \varpi_0 n)} = e^{\sigma_0 n};$$

$$\text{б) } x(n) = \operatorname{arctg} \frac{e^{\sigma_0 n} \sin \varpi_0 n}{e^{\sigma_0 n} \cos \varpi_0 n} = \varpi_0 n;$$

$$\text{в) } x(n) = \sqrt{e^{\sigma_0 n} (\cos \varpi_0 n + \sin \varpi_0 n)}.$$

15. Найдите правильное выражение для вычисления спектра ДП  $x(nT)$ :

$$\text{а) } X(e^{j\varpi}) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x(nT) e^{p_0 n T};$$

$$\text{б) } X(e^{j\varpi}) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x(nT) e^{-j\varpi_0 n T};$$

$$\text{в) } X(e^{j\varpi}) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x(nT) e^{j\varpi_0 n T}.$$

16. Определите правильное выражение для амплитудного спектра ДП:

$$\text{а) } \left| X(e^{j\varpi}) \right| = \sqrt{X_{Re}^2(e^{j\varpi}) + X_{Im}^2(e^{j\varpi})};$$

$$\text{б) } \left| X(e^{j\varpi}) \right| = \operatorname{arctg} \frac{X_{Im}(e^{j\varpi})}{X_{Re}(e^{j\varpi})};$$

$$\text{в) } \left| X(e^{j\varpi}) \right| = \arcsin \frac{X_{Re}(e^{j\varpi})}{X_{Im}(e^{j\varpi})};$$

17. Найдите правильное описание фазового спектра ДП:

а)  $\arg X(e^{j\omega}) = \arcsin X_{Re}(e^{j\omega})$ ;

б)  $\arg X(e^{j\omega}) = \arccos X_{Im}(e^{j\omega})$ ;

в)  $\arg X(e^{j\omega}) = \operatorname{arctg} \frac{X_{Im}(e^{j\omega})}{X_{Re}(e^{j\omega})}$ .

18. Определите процедуру вычисления спектра ДПФ конечной длины:

а)  $\dot{X}(e^{j\omega}) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x(nT)e^{-j\omega nT}$ ;

б)  $\dot{X}(e^{j\omega}) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x(nT)e^{-j\omega nT}$ ;

в)  $X(e^{j\omega}) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x(nT)e^{-j\omega nT}$ .

19. Что происходит с фазовым спектром ДП при ее смещении во времени?

А. Остается неизменным.

Б. Смещается по частоте.

В. Фазовая характеристика получает дополнительный наклон.

20. Что происходит со спектром непрерывного сигнала при дискретизации его по времени?

А. Смещается по времени.

Б. Смещается по частоте.

В. Периодически повторяется по оси частот.

21. Каково отрицательное влияние эффекта дискретизации сигнала?

А. Фазовые искажения.

Б. Амплитудные искажения.

В. Эффект наложения спектров.

22. Найдите правильное выражение для определения ДП  $x(n)$ :

а)  $x(n) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} X(e^{j\omega})e^{j\omega n} d\omega$ ;

б)  $x(n) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} X(e^{j\omega})\cos(\omega n) d\omega$ ;

$$в) x(n) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} X(e^{j\omega}) \sin(\omega n) d\omega.$$

23. Определите вид модуля спектра дискретного прямоугольного импульса:

$$а) |X(e^{j\omega})| = A \left| \begin{array}{c} \sin \frac{\omega n}{2} \\ \hline \sin \frac{\omega}{2} \end{array} \right|;$$

$$б) |X(e^{j\omega})| = A e^{\frac{\omega n}{2}};$$

$$в) |X(e^{j\omega})| = A \cos \frac{\omega n}{2}.$$

24. Определите вид фильтра для восстановления ДП по ее спектру:

- а) фильтр верхних частот;
- б) полосовой фильтр;
- в) фильтр нижних частот.

25. Найти правильное описание Z-преобразования:

$$а) X(z) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) e^{j\omega n};$$

$$б) X(z) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} x(n) z^{\omega t};$$

$$в) X(z) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) z^{-n}.$$

26. Информацию о сигналах в Z-плоскости несут:

- а) расположение нулей и полюсов;
- б) расположение нулей;
- в) расположение полюсов.

27. Полюсы на положительной действительной оси плоскости Z соответствуют:

- а) гармоническим дискретизованным сигналам;
- б) дискретизованным экспонентам;
- в) непрерывным комплексным экспонентам.

28. Полюсы на отрицательной действительной оси плоскости  $Z$ -соответствуют:

- а) дискретизованным экспонентам;
- б) дискретизованным гармоническим сигналам с четырьмя отсчетами за период;
- в) дискретизованным гармоническим сигналам с двумя отсчетами за период.

29. Определить вид сигнала, если полюсы в плоскости  $Z$  лежат на положительной мнимой оси:

- а) действительная экспонента;
- б) комплексная экспонента;
- в) дискретный гармонический сигнал с четырьмя отсчетами за период.

30. Найти правильную связь  $Z$  и  $p$ -преобразований:

- а)  $Z = e^{pT}$ ;
- б)  $Z = e^{-pT}$ ;
- в)  $Z = \frac{1}{T} \ln(p)$ .

31. Определите правильное описание  $Z$ -преобразования ДП конечной длины:

- а)  $X(z) = \sum_{n=0}^{\infty} x(n)z^{-n}$ ;
- б)  $X(z) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n)z^{-n}$ ;
- в)  $X(z) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n)e^{-pT}$ .

32. Какую информацию о сигнале несет модуль  $|Z_i| = e^{\delta_i T}$ ?

- А. Об изменении фазы системы за период дискретизации.
- Б. О количестве отсчетов за период дискретизации.
- В. Об изменении амплитуды за период дискретизации.

33. Какую информацию несет фазовый угол  $\varphi_i = \omega_i T$ ?

- А. О числе отсчетов за период дискретизации.
- Б. Об изменении амплитуды за период дискретизации.
- В. О задержке сигнала за период дискретизации.

34. Определите  $Z$ -портрет сигнала  $x(n) = e^{p_k n T}$ :

- а)  $X(z) = \frac{z-a}{z}$ ;
- б)  $X(z) = \frac{z}{z - e^{p_k T}}$ ;

$$в) X(z) = \frac{z(z - \cos(\omega_k T))}{z^2 - 2z \cos(\omega_k T) + 1}.$$

35. Найдите правильное выражение для ДПФ:

$$а) X(z) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x(n)e^{-j\omega n};$$

$$б) X(z) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n)z^{-n};$$

$$в) X(z) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n)e^{-j\frac{2\pi}{N}nk}.$$

36. Определите правильную формулу для ОДПФ:

$$а) x(n) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} X(e^{j\omega})e^{j\omega T} d\omega;$$

$$б) x(n) = \frac{1}{2N} \sum_{k=0}^{N-1} X(k)e^{j\frac{2\pi}{N}nk};$$

$$в) x(n) = \frac{1}{2\pi} \sum_{k=0}^{N-1} X(k)e^{j\omega n T}.$$

37. Найдите формулу для допустимого интервала дискретности по частоте:

$$а) \Omega_{1 \text{ доп}} = \frac{2\Omega_m}{N};$$

$$б) \Delta\omega_{\text{доп}} = \frac{1}{T};$$

$$в) T < \frac{1}{2}F_m.$$

38. Коэффициенты ДПФ периодичны с периодом:

$$а) T;$$

$$б) \Delta N;$$

$$в) N.$$

39. Определить значения коэффициентов ДПФ для 4-отчетного дискретного импульса  $x(n)=1, n \in (0,3)$ :

$$а) X(0)=4, X(1)=X(2)=X(3)=0;$$

$$б) X(0)=0, X(1)=X(2)=X(3)=1;$$

$$в) X(0)=1, X(1)=X(2)=X(3)=4.$$

40. Определить векторное описание ДПФ:

$$\text{а) } X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n)W_N^{nk};$$

$$\text{б) } X(k) = \mathbf{x}(n)\mathbf{W}_N^{nk};$$

$$\text{в) } X(k) = \begin{pmatrix} x(0) \\ \vdots \\ x(N-1) \end{pmatrix} \begin{vmatrix} W_N^{00} & \dots & W_N^{(N-1)0} \\ \vdots & & \vdots \\ W_N^{0(N-1)} & \dots & W_N^{(N-1)(N-1)} \end{vmatrix}.$$

41. Определить матричное описание ДПФ:

$$\text{а) } X(k) = \sum_{n=0}^{L-1} x(n)W_N^{nk};$$

$$\text{б) } X(k) = \begin{pmatrix} x(0) \\ \vdots \\ x(N-1) \end{pmatrix} \begin{vmatrix} W_N^{00} & \dots & W_N^{(N-1)0} \\ \vdots & & \vdots \\ W_N^{0(N-1)} & \dots & W_N^{(N-1)(N-1)} \end{vmatrix};$$

$$\text{в) } X(k) = \mathbf{x}(n)\mathbf{W}_N^{nk}.$$

42. Определить правильное аналитическое описание ДПФ:

$$\text{а) } X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n)W_N^{nk};$$

$$\text{б) } X(k) = \sum_{n=0}^{\infty} x(n)W_N^{nk};$$

$$\text{в) } X(k) = \sum_{n=0}^{\infty} x(n)W_N^{-nk}.$$

43. Процедура ДПФ (ОДПФ):

а) нелинейна;

б) линейна;

в) мультипликативна.

44. Вычислить значение  $W_N^{nk}$  при  $k=N$ :

$$\text{а) } W_N^{nk} = -1;$$

$$\text{б) } W_N^{nk} = 1;$$

$$\text{в) } W_N^{nk} = 0.$$

45. Найти правильное описание линейной свертки:

$$\text{а) } g(n) = \sum_{m=0}^{N-1} x(m)y(n-m);$$

$$\text{б) } g(n) = \sum_{m=0}^{N-1} x(n-m)y(m);$$

$$\text{в) } g(n) = \sum_{m=0}^n x(m)y(n-m).$$

46. Найти правильное описание периодической свертки:

$$\text{а) } g(n) = \sum_{m=0}^{N-1} x(m)y(n-m);$$

$$\text{б) } g(n) = \sum_{m=0}^{N-1} x(m)y(n+m);$$

$$\text{в) } g(n) = \sum_{m=0}^n x(m)y(n-m).$$

47. Определить этапы вычисления быстрой свертки:

$$\text{а) } \{x(n)\}_N \xrightarrow{\text{БПФ}} \{X(k)\}_N \rightarrow \otimes \rightarrow G(k) = X(k)Y(k) \xrightarrow{\text{ОБПФ}} \{g(n)\};$$

$$\{y(n)\}_N \xrightarrow{\text{БПФ}} \{Y(n)\}_N \rightarrow$$

$$\text{б) } \{x(n)\}_N \cdot \{y(n)\}_N \xrightarrow{\text{БПФ}} g(n);$$

$$\text{в) } \sum_{m=0}^n \{x(n)\} \cdot \{y(n-m)\} \xrightarrow{\text{БПФ}} g(n).$$

48. Быстрое преобразование Фурье с прореживанием по времени основано:

а) на перестановке входных отсчетов и вычислении локальных ДПФ чётных и нечётных отсчетов  $x(n)$ ;

б) перестановке выходных отсчетов и вычислении локальных свёрток чётных и нечётных отсчётов  $x(n)$ ;

в) вычислении сумм входных чётных и нечётных отсчётов.

49. Найти правильное описание дискретной ВКФ:

$$\text{а) } R_{xx}(n) = \frac{1}{N} \sum_{m=0}^{N-1} x(m)y(m-n);$$

$$\text{б) } R_{xx}(n) = \sum_{m=0}^{N-1} y(m)x^*(m-n);$$

$$\text{в) } R_{xy}(n) = \frac{1}{N} \sum_{m=0}^{N-1} x(m)y^*(m \pm n).$$

50. Найти правильное описание дискретной АКФ:

$$\text{а) } R_{xx}(n) = \frac{1}{N} \sum_{m=0}^{N-1} x(m)x^*(m \pm n);$$

$$\text{б) } R_{xk}(n) = \frac{1}{N} \sum_{m=0}^{N-1} x(m)y^*(m \pm n);$$

$$\text{в) } R_{xk}(n) = \sum_{m=0}^{N-1} x(m)x^*(m \pm n).$$

51. Определите разностное уравнение нерекурсивного фильтра:

$$\text{а) } y(n) = \sum_{k=0}^{M-1} a_k x(n-k) + \sum_{k=1}^L b_k y(n-k);$$

$$\text{б) } y(n) = \sum_{k=0}^{M-1} a_k x(n-k);$$

$$\text{в) } y(n) = \sum_{k=0}^{M-1} b(k)y(n-k).$$

52. Какому фильтру соответствует частотная характеристика НФ1?

**А.** ФНЧ.

**Б.** ФВЧ.

**В.** Рекурсивному.

53. Найдите правильное описание работы рекурсивного фильтра:

$$\text{а) } y(n) = \sum_{k=0}^{M-1} a_k x(n-k) + \sum_{k=1}^{L-1} b_k y(n-k);$$

$$\text{б) } y(n) = \sum_{k=0}^{M-1} b_k x(n-k);$$

$$\text{в) } y(n) = \sum_{k=0}^{L-1} a_k x(n-k).$$

54. Какими частотными свойствами обладает дискретный интегратор?

**А.** Свойствами ФВЧ.

**Б.** Свойствами ФНЧ.

**В.** Свойствами полосового фильтра.

55. Какими частотными свойствами обладает дискретный дифференциатор?

**А.** Свойствами ФНЧ.

**Б.** Свойствами ФВЧ.

**В.** Свойствами рекурсивного фильтра.

56. Порядок дискретного фильтра определяется:

- а) Числом сумматоров;
- б) Числом весовых устройств;
- в) Числом элементов задержки.

### **ТЕМЫ КУРСОВЫХ РАБОТ**

1. Принципы измерения дальности с помощью РНС. Радиодальномеры.
2. Принципы измерения угловых координат (направлений) с помощью РНС. Радиопеленгаторы.
3. Измерение скорости с помощью РНС. Доплеровские измерители скорости.
4. Следящие измерители в составе РНК.
5. Точность радионавигационных методов местоопределения.
6. Поиск сигналов в РНС.
7. Устранение многозначности отсчета в РНС.
8. Построение цифровых приемоиндикаторов РНС.
9. Комплексование измерителей в составе РНК. Повышение точности измерений.
10. Радиосистемы дальней навигации. Принцип действия и состав аппаратуры.
11. РНС сверхдлинного диапазона.
12. Радиосистемы ближней навигации. Принцип действия и состав аппаратуры.
13. Радиосистемы посадки самолетов. (СПМД, СПСД, доплеровская СП).
14. Спутниковые РНС. Особенности систем 1 и 2-го поколения.
15. Автономные РНС. Многопозиционные РНС.
16. Обзорно-сравнительные РНС.
17. Комплексные навигационные системы.
18. Фазовые дальномеры и разностно-дальномерные РСДН.
19. Системы космического спасения COSPAS – SARSAT.
20. Микропроцессорные измерители времени и углов.
21. Авионика.
22. Фрактальные методы обнаружения объектов.
23. Радиолокация объектов шумоподобными сигналами.
24. Сложные сигналы в радионавигации.
25. Принятие решений на основе нечеткой логики.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящем учебном пособии, рассчитанном на слушателей магистратуры по направлению 552500 – радиотехника, рассмотрены методы обучения с использованием мультимедийных средств, реализованных в вычислительной среде на базе персональных компьютеров.

Представлен программный комплекс обучения, тестирования и контроля по курсу «Аэрокосмические системы навигации», позволяющий решать вопросы контроля знаний и аттестации с учетом индивидуальных особенностей обучаемых в диалоговом режиме с персональными ЭВМ. Там же предоставлены лабораторный цикл и задания для самоподготовки по различным темам учебного курса.

Для обеспечения мультимедийного обучения теоретического материала база данных комплекса включает презентации лекций и их отдельных тематических составляющих. Обучение практическому материалу (техническое обеспечение курса) осуществляется на основе мультимедийных фрагментов с анимацией сюжетов. Дополняется база данных учебными кинофильмами по темам учебного курса, где предоставляются технические, прикладные и другие аспекты (например, отражающие историю возникновения и перспективы развития радиосистем аэрокосмической навигации).

Естественно, в пособии ограниченного объема не рассмотрены некоторые вопросы по тематике курса АКСН (оптимальная цифровая обработка сигналов на фоне сложного комплекса помех, характерных для современных радиосистем, технологии тепловидения, акустические и информационные методы и другие). Но это побуждает автора продолжить работу по исследованию и публикации научного и учебного материала в этой весьма перспективной области науки и техники.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

### Основной

1. Радиотехнические системы : учеб. для вузов по специальности «Радиотехника» / Ю. П. Гришин [и др.] ; под ред. Ю. М. Казаринова. – М. : Высш. шк., 1990. – 496 с.

2. Бакулев, П. А. Радиолокационные и радионавигационные системы : учеб. пособие для вузов / П. А. Бакулев, А. А. Сосновский. – М. : Радио и связь, 1994. – 286 с.

3. Ярлыков, М. С. Статистическая теория радионавигации / М. С. Ярлыков. – М. : Радио и связь, 1985. – 344 с.

4. Сосулин, Ю. Г. Теоретические основы радиолокации и радионавигации : учеб. пособие для вузов / Ю. Г. Сосулин. – М. : Радио и связь, 1992. – 304 с.

5. Авиационная радионавигация : справочник / А. А. Сосновский [и др.] ; под ред. А. А. Сосновского. – М. : Транспорт, 1990. – 246 с.

6. Веницкий, А. С. Автономные радиосистемы : учеб. пособие для вузов / А. С. Веницкий. – М. : Радио и связь, 1986. – 336 с.

7. Бернюков, А. К. Функциональная адаптация радионавигационных систем к комплексу многолучевых помех : учеб. пособие / А. К. Бернюков ; Владим. гос. ун-т. – Владимир: Ред.-издат. комплекс ВлГУ, 2005. – 147 с.

8. Фролова, Н. Х. Мультимедийные технологии в организации учебного процесса / Н. Х. Фролова, В. М. Поляков. – [http://www.nntu.sci-nnov.ru/RUS/NEWS/Mag\\_dok/cek2/c2-15.htm](http://www.nntu.sci-nnov.ru/RUS/NEWS/Mag_dok/cek2/c2-15.htm)

9. Бернюков, А. К. Функциональная адаптация радионавигационных систем к комплексу многолучевых помех : учеб. пособие / А. К. Бернюков; Владим. гос. ун-т. – Владимир: Ред.-издат. комплекс ВлГУ, 2004. – 100 с.

10. Он же. Дискретная и цифровая обработка информации. Введение в теорию и некоторые приложения : учеб. пособие / А. К. Бернюков ; Владим. гос. ун-т. – 2-е изд., стереотип. – Владимир, 2002. – 160 с.

11. Он же. Дискретная и цифровая обработка информации : практикум : в 2 ч. / А. К. Бернюков ; Владим. гос. ун-т. – Владимир : Ред.-издат. комплекс ВлГУ, 2005. – 87 с.

12. Уидроу, Б. Адаптивная обработка сигналов : пер. с англ. / Б. Уидроу, С. Стирнз. – М. : Радио и связь. – 1989. – 440 с.

13. Бернюков, А. К. Обоснование цифровых структур радиотехнических систем : учеб. пособие / А. К. Бернюков, А. П. Галкин ; Владим. политехн. ин-т. – Владимир, 1985. – 80 с.

14. *Архипов, Е. А.* Гомоморфная фильтрация для разрешения радионавигационных сигналов и переотражений / Е. А. Архипов, А. К. Бернюков // Радиотехника. – 1986.

15. *Бернюков, А. К.* Функционально-адаптивная обработка информации в бортовых устройствах радиосистем навигации и посадки самолетов / А. К. Бернюков // Электронное моделирование. – 1991. – № 2. – С. 8 – 13.

16. *Зубарев, Ю. Б.* Цифровая обработка сигналов – информатика реального времени / Ю. Б. Зубарев, В. В. Витязев, В. П. Дворкович // Цифровая обработка сигналов. – 1999. – № 1.

17. *Вашкевич, Э. В.* PowerPoint 2007. Эффективные презентации на компьютере / Э. В. Вашкевич. – СПб. : Питер, 2008. – 240 с.

18. *Гуриков, С. Р.* Методическое пособие по работе с программой создания презентаций Microsoft PowerPoint / С. Р. Гуриков. – Красногорск, 2003.

19. *Афанасьев, А. П.* О влиянии информационных технологий на формы и методы обучения / А. П. Афанасьев. – <http://www.ito.su/2003/1/1/I-1-1583.html>

20. *Сумина, Г. А.* Использование мультимедийных технологий в учебном процессе вуза / Г. А. Сумина, Н. Ю. Ушакова // Успехи современного естествознания. – 2007. – № 5.

21. *Черткова, Е. А.* Использование компьютерных презентаций в учебном процессе / Е. А. Черткова. – <http://www.ito.Su/1998-99/g/chertkova.html>

22. *Тогунов, И. А.* Компьютерные презентации – современный метод аудиторных занятий / И. А. Тогунов. – [http://www.education.rekom.ru/1\\_2006/62.html](http://www.education.rekom.ru/1_2006/62.html)

23. *Бернюков, А. К.* Основные устройства радиолокационных и радионавигационных систем : метод. указания к лаб. работам / А. К. Бернюков, А. П. Галкин ; Владим. гос. техн. ун-т. – Владимир, 1996.

24. *Бернюков, А. К.* Дискретная и цифровая обработка информации : электрон. учеб. / А. К. Бернюков; Владим. гос. ун-т. – Владимир, 1997.

25. *Он же.* Дискретная и цифровая обработка информации : практикум / А. К. Бернюков; Владим. гос. техн. ун-т. – Владимир, 1997. – 84 с.

26. *Он же.* Компьютерный учебник как средство новой информационной технологии / А. К. Бернюков // Университетское образование: материалы 2-й междунар. конф. – Пенза, 1998.

27. *Бернюков, А. К.* Организация учебного процесса на базе компьютерного учебника / А. К. Бернюков, Л. Т. Сушкова // Проблемы высшего образования: тезисы Всерос. науч.-метод. конф. – Пенза : ПТУ, 1999.

28. *Бернюков, А. К.* Структурная организация обучающей среды по дисциплине ЦОС / А. К. Бернюков, Л. Т. Сушкова // Цифровая обработка сигналов и её применение: тр. 3-й междунар. науч.-техн. конф.; DSPA 2000.

29. *Бернюков, А. К.* Компьютеризация учебного процесса как средство новой информационной технологии / А. К. Бернюков // Сб. науч. тр. Владимирского регионального отделения РАИН. – Владимир, 2001.

30. *Он же.* Развитие учебно-методического комплекса «Дискретная и цифровая обработка информации» / А. К. Бернюков // Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии: тр. 6-й междунар. науч.-техн. конф.; ФРЭМЭ 2004. – Владимир : Ред.-издат. комплекс ВлГУ, 2004.

31. *Он же.* Развитие учебно-методического комплекса «Дискретно-цифровая обработка информации» / А. К. Бернюков // Проектирование и технология электронных средств. – 2005. – № 2. – С. 75 – 77.

32. *Он же.* Функциональная адаптация радионавигационных систем к комплексу многолучевых помех : учеб. пособие / А. К. Бернюков. – Владимир : Ред.-издат. комплекс ВлГУ, 2005. – 147 с.

33. *Бернюков, А.К.* Адаптация учебного комплекса DIGIT к операционной системе Windows / А. К. Бернюков, Д. А. Корнилов // Проектирование и технология электронных средств. – 2007. – № 3.

### Дополнительный

34. Радиотехнические системы : учеб. для вузов / Ю. М. Казаринов [и др.] ; под ред. Ю. М. Казаринова. – М. : Высш. шк., 1968. – 496 с.

35. Радиотехнические системы посадки самолетов : учеб. пособие / А. К. Бернюков [и др.] ; под ред. О. Р. Никитина. – Владимир, 1979. – 91 с.

36. Угломерные радиотехнические системы посадки (Прогнозирование точностных характеристик) / Г. А. Пахолков [и др.]. – М. : Транспорт, 1982. – 159 с.

37. *Бернюков, А. К.* Дискретная и цифровая обработка информации. Введение в теорию и некоторые приложения : учеб. пособие для вузов / А. К. Бернюков ; Влад. гос. ун-т. – Владимир, 2002 – 157 с.

38. *Бернюков, А. К.* Дискретная и цифровая обработка информации : практикум / А. К. Бернюков ; Владим. гос. ун-т. – 2-е изд., доп. – Владимир, 2001 – 84 с.

*Учебное издание*

БЕРНЮКОВ Арнольд Константинович

МУЛЬТИМЕДИЙНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МАГИСТЕРСКОЙ ПОДГОТОВКИ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ НАВИГАЦИИ»

Учебное пособие

Подписано в печать 19.05.11.

Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 4,88. Тираж 80 экз.

Заказ

Издательство

Владимирского государственного университета.

600000, Владимир, ул. Горького, 87.