

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского

Факультет компьютерных наук и информационных технологий

УТВЕРЖДАЮ

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Рабочая программа дисциплины**

**СИСТЕМЫ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ**

Направление подготовки

230100 Информатика и вычислительная техника

Профиль подготовки

Вычислительные машины, комплексы, системы и сети

Квалификация (степень) выпускника

Бакалавр

Форма обучения

очная

Саратов,  
2011 год

## **1. Цели освоения дисциплины**

Целями освоения дисциплины «Системы реального времени» являются обучение студентов систематизированному представлению о базовых принципах функционирования и методах разработки систем реального времени, навыкам разработки приложений в операционных системах реального времени.

## **2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата**

Данная учебная дисциплина входит в раздел «Профессиональный цикл. Вариативная часть» ФГОС-3.

Для изучения дисциплины необходимы компетенции, сформированные у обучающихся в результате изучения дисциплин «Операционные системы», «Организация ЭВМ и систем», «Теория автоматов».

Дисциплина имеет логическую и содержательно-методическую взаимосвязь с дисциплиной «Системное программное обеспечение»

Сформированные в процессе изучения дисциплины «Системы реального времени» компетенции необходимы студенту при изучении дисциплин «Микропроцессорные системы».

## **3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины «Системы реального времени»**

Данная дисциплина способствует формированию следующих компетенций:

- понимание концепций, базовых алгоритмов, принципов функционирования современных операционных систем и систем реального времени (ПК-16);
- владение методами и навыками использования и конфигурирования операционных систем и платформенных окружений (ПК-17).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

### **Знать:**

- принципы организации вычислительных процессов в цифровых информационно-управляющих системах, работающих в реальном масштабе времени;
- принципы функциональной организации операционных систем реального времени (ОСРВ);
- взаимосвязь программных и аппаратных средств в системах реального времени (СРВ);
- принципы соответствия времени реакции в управляемых СРВ процессах, с потенциальным временем реакции СРВ на внешние события;
- методы управления памятью и синхронизации взаимодействующих процес-

сов в системах реального времени;

- принципы контроля достоверности обработки информации в СРВ;
- основные теоретические методы построения и анализа СРВ.

**Уметь:**

- применять системные средства операционных систем при разработке программ для систем реального времени;
- рассчитывать и анализировать характеристики и показатели эффективности систем реального времени с позиции программиста-аналитика;
- проектировать и реализовывать детерминированные во времени программные решения.

**Владеть:**

- методами и средствами реализации приложений в ОСРВ;
- методами и средствами реализации программных решений в СРВ на основе микроконтроллеров;
- методами и средствами кросскомпиляции для сборки программных решений под целевые архитектуры;
- методами и средствами обработки асинхронных событий для реализации минимального времени отклика на внешние события.

#### 4. Структура и содержание дисциплины «Системы реального времени»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Лабораторная работа	Самостоятельная работа	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Введение в предмет и задачи систем реального времени (СРВ)	7	1	1		5	
2	Концепции функционирования и реализации СРВ	7	2	1	2	6	
3	Средства управления прерываниями в СРВ	7	3 - 4	2	4	8	
4	Управление процессами в операционных системах реального времени (ОСРВ)	7	5 - 6	2	6	12	
5	Методы и средства межпроцессного взаимодействия в ОСРВ	7	7 - 8	2	4	8	Контрольная работа № 1 на 4 неделе
6	Управление памятью в ОСРВ	7	9 - 10	2	2	6	
7	Архитектура аппаратных средств и их роль для СРВ	7	11 - 12	2	4	4	
8	Методы тестирования и верификации СРВ	7	13 - 14	2	6	8	
9	Стандарты на СРВ	7	15	1	2	6	Контрольная работа № 2 на 8 неделе
	Промежуточная аттестация						Зачёт
	ИТОГО:		<b>108</b>	<b>15</b>	<b>30</b>	<b>63</b>	

## **РАЗДЕЛ 1. Введение в предмет и задачи систем реального времени**

### Тема 1.1. Определение системы реального времени

Основные этапы развития информационно-управляющих систем реального времени (СРВ). Типичные времена реакции на внешние события управляемые СРВ. Примеры типовых систем реального времени.

### Тема 1.2. Определение операционной системы реального времени

Современный уровень развития СРВ. Компромисс между общей производительностью вычислительной системы и временем реакции на внешние события, которое она способна обеспечить. Определение операционной системы реального времени (ОСРВ). Основные области применения ОСРВ и особенности оборудования, на котором работают ОСРВ.

## **РАЗДЕЛ 2. Концепции функционирования и реализации СРВ**

### Тема 2.1. Задачи, требующие работы в реальном времени

Особенности требований к задачам и реализации задач, требующих работы в реальном времени. Задачи, управляемые с помощью ОСРВ.

### Тема 2.2. Архитектуры ОСРВ

Базовые подсистемы составляющие ОСРВ. Основные отличия подсистем необходимых для построения ОС общего назначения от подсистем необходимых для построения ОСРВ. Категории ОСРВ: специализированные (Host/Target) и общего назначения (Self-Hosted). Архитектуры СРВ на для микроконтроллеров. Концепция монолитного ядра, микроядерный и объектно-ориентированный подходы к построению ОСРВ.

## **РАЗДЕЛ 3. Средства управления прерываниями в СРВ**

### Тема 3.1. Роль прерываний в СРВ

Аппаратные прерывания и их роль в СРВ. Подсистема прерываний. Основные типы прерываний (синхронные и асинхронные прерывания, прерывания по получению данных, прерывания по аварийному завершению процесса, прерывания по вводу-выводу).

### Тема 3.2. Управление прерываниями в ОСРВ

Время реакции на прерывания. Аппаратные средства поддержки подсистемы прерываний и особенности их архитектуры.

## **РАЗДЕЛ 4. Управление процессами в ОСРВ.**

### Тема 4.1. Модель процессов в ОСРВ

Модели процесса, потока и контекста исполнения. Модель потока, как контекста исполнения с заданным набором общих ресурсов. Особенности организации процессов в ОСРВ (запуск процесса, состояния процесса, операции над процессами, приоритеты процессов)

#### Тема 4.2. Планирования процессов в ОСРВ

Подсистема управления и планирования процессами в ОСРВ и её связь с подсистемой прерываний. Основные алгоритмы планирования задач, используемые в ОСРВ. Основные средства ОСРВ для управления процессами (события, сигналы, прерывания).

### **РАЗДЕЛ 5. Методы и средства межпроцессного взаимодействия в ОСРВ**

#### Тема 5.1. Ресурсы и типы взаимодействия.

Аппаратные (процессор, память, устройства, прерывания) и программные (данные, файлы, сообщения) виды ресурсов. Сотрудничающие (чтение-запись через общий коммуникационный канал, взаимная синхронизация последовательности действий) и конкурирующие (совместно разделяемые ресурсы, критические секции, взаимное исключение) процессы.

#### Тема 5.2. Примитивы синхронизации и их роль в ОСРВ

Основные примитивы синхронизации межпроцессного взаимодействия (программные каналы, семафоры, общая память, таймеры) и их особенности в ОСРВ. Аппаратная поддержка средств синхронизации и их роль для ОСРВ. Примеры межпроцессной синхронизации.

### **РАЗДЕЛ 6. Управление памятью в ОСРВ**

#### Тема 6.1. Механизмы управления памятью в СРВ

Статическое распределение адресного пространства. Динамическое выделение памяти в СРВ. Фрагментация и уплотнение. Функции выделения и освобождения памяти. Организация памяти блоками фиксированного размера. Функции блокирования памяти.

#### Тема 6.2. Подсистема управления памятью в ОСРВ

Аппаратные средства поддержки подсистемы управления памяти и особенности их архитектуры. Виртуальная память и требования реального времени. Аппаратные механизмы защиты памяти. Подсистема управления памяти в ОСРВ.

### **РАЗДЕЛ 7. Архитектура аппаратных средств и их роль для СРВ**

#### Тема 7.1. Роль аппаратных средств при проектировании СРВ

Роль архитектуры процессора и системных шин для СРВ. Программные модели процессоров. Влияние требований реального времени на выбор архитектуры процессора. Программные модели управления системными шинами. Особенности реализации драйверов в СРВ..

#### Тема 7.2. Архитектуры и шины поддерживаемые современными ОСРВ

Аппаратные архитектуры поддерживаемые промышленными ОСРВ (QNX, RTEMS, VxWorks, RTLinux, RTAI, Xenomai, iRMX). Аппаратные архитектуры поддерживаемые упрощёнными вариантами ОСРВ (FreeRTOS, Contiki, picoOS). Промышленные шины и сети передачи данных для связи датчиков, исполнительных механизмов, промышленных контроллеров и других средств в промышленной автоматизации

### **РАЗДЕЛ 8. Методы тестирования и верификации систем реального времени**

#### Тема 8.1. Контроль качества программного обеспечения СРВ

Оценка качества программного обеспечения для СРВ и методы его контроля. Модели и техники, используемые для анализа функционирования и построения тестов СРВ.

#### Тема 8.2. Автоматные модели в СРВ

Конечные детерминированные автоматы, как основа построения детерминированных во времени систем. Автоматные методы построения тестов для СРВ. Автоматное программирование. Модели временных автоматов. Проверка на моделях.

### **РАЗДЕЛ 9. Стандарты на системы реального времени**

#### Тема 9.1. Стандарты и их роль в развитии ОСРВ.

Стандартизация основных программных интерфейсов (API), утилит расширений «реального времени». Стандартизация потоков (threads). Развитие стандартов.

#### Тема 9.2. Стандарты на ОСРВ

Нормы ESSE консорциума VITA. Стандарт POSIX 1003.1b. Стандарт SCEPTRE: цели ОСРВ и виды сервиса предоставляемого ОСРВ, функции ОСРВ, классы задач ОСРВ, виды их взаимоотношений и состояний.

На лабораторных занятиях студенты получают индивидуальные и групповые задания, связанные с тематикой соответствующей занятию недели, пример которых приведен в разделе 6 настоящей программы. Задания выполняются в компьютерном классе с использованием программного обеспечения, указанного в

разделе 7. Результатом выполнения индивидуальных и групповых заданий являются документация с описанием результатов работы, образы виртуальных машин, в которых сохранены текущие установки и состояние исследуемых операционных систем реального времени, а также программный код, представленный в системе контроля версий.

## **5. Образовательные технологии**

В учебном процессе, при реализации компетентностного подхода, используются такие активные и интерактивные формы проведения занятий как модельный метод обучения, метод развивающей кооперации, разбор конкретных ситуаций, командное выполнение заданий с распределением ролей, тестирование. Широко используются мультимедийные презентации при представлении лекционного материала, а также технологии для совместного взаимодействия через интернет.

## **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.**

### **Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

Самостоятельная работа студентов заключается в углубленном изучении материала курса по соответствующей тематике недели с использованием научной и учебно-методической литературы. В рамках самостоятельной работы студент также готовит отчет о проделанных лабораторных работах.

### **Примеры тем для лабораторных работ по курсу «Системы реального времени»**

- 1 Компиляция и компоновка (сборка) приложений для микроконтроллеров
- 2 Изучение программирования СРВ на примере управления периферийного оборудованием микроконтроллеров (таймеры, аппаратные интерфейсы, обработка прерываний);
- 3 Основы построения детерминированных по времени программных решений с помощью микроконтроллеров;
- 4 Изучение программных интерфейсов ОСРВ;
- 5 Особенности синхронизации и межпроцессного взаимодействия в ОСРВ;
- 6 Изучение архитектуры различных ОСРВ.

### **Примеры заданий для лабораторных работ по курсу «Системы реального времени»**

- 1 Изучение средств разработки встроенных систем на примере микроконтроллеров семейства AVR. На основе шаблонов (Материалы по курсу/[AVR/template\\*](#)) составить, для выбранного преподавателем микрокон-



троллера AVR, и языка программирования (Assembler, C или C++), скелетный вариант проекта встроенного приложения, компилируемого кросс-компилятором WinAVR или иным вариантом сборки GCC для платформы AVR.

- 2 Написать приложение для микроконтроллера AVR atmega8535, выполняющее с помощью таймера логику временных задержек на примере обработки цифрового сигнала. В качестве отладочного макета используется плата для разработчиков AVR-P40-8535 компании Olimex. В качестве анализируемого цифрового сигнала используется бит 4 порта В, к которому подключена кнопка на отладочной плате в соответствии со схемой; для отображения состояния системы используется светодиод, подключенный к биту 0 порта В. Ответ необходимо представить в виде архива, компилируемого приложения, для одного из следующих вариантов:

1. Реализовать приложение, выполняющее переключение светодиода (зажечь, либо потушить), при нажатии и удержании кнопки более, чем 1 секунду, начальное состояние светодиода - выключен.

2. Реализовать приложение, выполняющее включение светодиода, при нажатии и удержании кнопки более, чем 1 секунду, после отпускания кнопки светодиод нужно отключить, начальное состояние светодиода - выключен.

3. Реализовать приложение, выполняющее попеременное переключение светодиода, при нажатии и удержании кнопки более, чем 1 секунду, с интервалом переключения в 1 секунду, после отпускания кнопки светодиод нужно отключить, начальное состояние светодиода - выключен.

4. Реализовать приложение, выполняющее включение светодиода на 1 секунду, при удержании кнопки более 1 секунды или после отпускания кнопки светодиод нужно отключить обратно, начальное состояние светодиода - выключен.

5. Реализовать приложение, выполняющее выключение светодиода, при нажатии и удержании кнопки более, чем 1 секунду, после отпускания кнопки светодиод нужно включить, начальное состояние светодиода - включен.

6. Реализовать приложение, выполняющее попеременное переключение светодиода, при нажатии и удержании кнопки более, чем 1 секунду, с интервалом переключения в 1 секунду, после отпускания кнопки светодиод нужно включить, начальное состояние светодиода - включен.

7. Реализовать приложение, выполняющее выключение светодиода на 1 секунду, при удержании кнопки более 1 секунды или после отпускания кнопки светодиод нужно включить обратно, начальное состояние светодиода - включен.

8. Реализовать приложение, выполняющее попеременное переключение светодиода, при нажатии и удержании кнопки более, чем 1 секунду, с интервалом переключения в 1 секунду, после отпускания кнопки светодиод нужно оставить в том состоянии, в котором он находился на момент

отпускания.

3. Реализовать приложение для OCPB RTEMS, реализующее приём и отправку данных через интерфейс RS232, все принятые данные необходимо отправить обратно получателю с минимальной задержкой. Результат в виде загружаемого образа и продемонстрировать его работы в виртуальной машине или подготовленном стенде.

### **Примеры контрольных вопросов по курсу «Системы реального времени»**

1. Истина или Ложь?
  - (а) И / Л : Подсистема планирования задач операционной системы не может использовать события от программных прерываний для переключения к более высокоприоритетным задачам
  - (б) И / Л : Система реального времени не может быть реализована на мультипроцессорной системе
  - (в) И / Л : Для синхронизации обработчиков прерываний с другими частями кода требуется отключение прерываний в критических секциях
  - (г) И / Л : Планирование задач происходит только по прерыванию таймера, после окончания назначенному задаче кванта времени
2. Рассчитайте максимальное время, которое можно аппаратно задать с помощью 8-битного таймера с максимальным предделителем 64 и тактовой частотой 32768 Гц: \_\_\_\_\_
3. Определите подходящее значение предделителя и рассчитайте необходимое число тиков 16 -битного таймера, чтобы отсчитать время равное 1 с., если таймеру можно аппаратно задать значения предделителя 64 или 128, при тактовой частоте 8 МГц: \_\_\_\_\_
4. Объясните суть проблемы инверсии приоритетов, укажите варианты её решения и особенности реализации для систем реального времени.
5. Укажите ограничения в применении механизма подкачки, при использования виртуальной памяти, в системах реального времени.
6. Поясните проблему применения механизма «копирования при записи» (copy on write) в задачах реального времени.
7. Перечислите известные вам механизмы синхронизации процессов, поясните эффективность их использования в задачах реального времени.
8. Объясните разницу между процессом и потоком в операционных системах. Покажите и обоснуйте, возможно ли реализовать операционную систему реального времени, в которой будет один единственный процесс.
9. Поясните причины, связанные использованием в системах реального времени архитектуры требующей специальных инструментальных средств разработки для создания приложений под целевые системы (так называемой Host/Target архитектуры).

Для получения допуска по данной дисциплине обучающемуся необходимо

выполнить две лабораторных и две контрольных работы.

Лабораторные работы оформляются в виде, компилируемых в рабочее приложение или прошивку, программного кода для микроконтроллера или встроенной системы, исходных кодов в распределённой системе контроля версий Git, а также образов виртуальных машин с заданным состоянием. Репозитории с исходными кодами публикуются на кафедральном сервере (<http://git.toiit.sgu.ru>), в интернете или предоставляются локально на внешнем накопителе. Уведомление о публикации результатов проводится через систему дистанционного образования на основе Moodle (<http://course.sgu.ru>), через почтовую рассылку курса в интернет, либо во время проведения занятий по выполнению лабораторных работ.

Контрольные работы оформляются в виде теста с использованием контрольных вопросов.

### **Вопросы к зачёту по курсу «Системы реального времени»**

- 1 Определение операционных систем реального времени (ОСРВ). «Сильное» и «слабое» реальное время.
- 2 Типичные времена реакции на внешние события в управляемых ОСРВ процессах. Их влияние на программное и аппаратное устройство вычислительных систем.
- 3 Основные области применения ОСРВ. Тенденции использования и перспективы развития ОСРВ.
- 4 Особенности оборудования, на котором работают ОСРВ. «Обычные» и промышленные компьютеры, встраиваемые системы.
- 5 Основные особенности ОСРВ, диктуемые необходимостью работы на промышленном компьютере.
- 6 Определения основных подсистем необходимых для построения ОСРВ. Основные отличия подсистем необходимых для построения ОС общего назначения от подсистем необходимых для построения ОСРВ
- 7 Определение и особенности подсистемы управления и планирования процессами в ОСРВ.
- 8 Определение и особенности подсистемы синхронизации у межпроцессного взаимодействия в ОСРВ.
- 9 Определение и особенности подсистемы управления памяти в ОСРВ. Виртуальная память и требования «реального времени».
- 10 Определение и особенности подсистемы управления прерываниями в ОСРВ. Время реакции на прерывания.
- 11 Типы задач реального времени и виды их программирования.

- 12 Виды ресурсов и типы взаимодействия процессов в задачах «реального времени».
- 13 Состояния процесса и механизмы перехода из одного состояния в другое.
- 14 Стандарты на ОСРВ. Их роль в развитии ОСРВ. Нормы ESSE консорциума VITA.
- 15 Стандарты на ОСРВ. Стандарт POSIX 1003.1b. Стандартизация основных API, утилит расширений «реального времени». Стандартизация потоков (threads).
- 16 Стандарты на ОСРВ. Стандарт SCEPTRE: цели ОСРВ и виды сервиса предоставляемого ОСРВ, функции ОСРВ, классы задач ОСРВ, виды их взаимоотношений и состояний.
- 17 Классический и объектно-ориентированный подход к построению ОСРВ.
- 18 Синхронизация и взаимодействие процессов. Семафоры, почтовые ящики и очереди задач.
- 19 Объекты синхронизации POSIX 1003.1b: семафоры, очереди сообщений, разделяемая память.
- 20 Объекты синхронизации POSIX 1003.1c: взаимные исключения и условные переменные.
- 21 Планирование задач и его цели в ОСРВ. Требования к планировщику и его роль в ОСРВ.
- 22 Приоритеты и схемы их назначения. Инверсия приоритетов и методы борьбы с ней.
- 23 Стратегии планирования задач. Типичные схемы планирования в ОСРВ.
- 24 Контекст задачи, контекст исполнения, переключение контекста. Роль и задачи диспетчера в ОСРВ.
- 25 Архитектуры операционных систем и их особенности при реализации соответствующих ОСРВ.
- 26 Категории ОСРВ: Self-Hosted, Host/Target, специализированные и общего назначения.
- 27 Обзор ОСРВ общего назначения: QNX, VxWorks, RTEMS, CHORUS, OS/9, pSOS.
- 28 Обзор ОСРВ на базе Linux: RTLinux, RTAI, Xenomai, ... Технологии реализации.
- 29 Обзор ОСРВ на базе Windows: RTX, Hyperkernel, ... Технологии реализации.
- 30 Основные аппаратные средства поддержки реализации ОСРВ. Основные

ограничения накладываемые необходимостью поддержки работы в «реальном времени».

- 31 Архитектуры процессоров и их роль для ОСРВ. Программные модели процессоров. Влияние требований реального времени на выбор архитектуры процессора.
- 32 Архитектуры системных шин и их роль для ОСРВ. Обзор системных шин.
- 33 Аппаратные средства поддержки подсистемы прерываний ОСРВ и особенности их архитектуры.
- 34 Аппаратная поддержка средств синхронизации и их роль для ОСРВ.
- 35 Аппаратная поддержка многозадачности и многопроцессорности и их роль для ОСРВ.
- 36 Тестирование СРВ. Критерии полноты при тестировании СРВ.
- 37 Автоматные модели построения тестов для СРВ
- 38 Проверка на моделях для СРВ

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Системы реального времени»

### а) основная литература

1. *Таненбаум, Эндрю С.* Современные операционные системы. 2-е изд. — СПб. Питер, 2007.
2. *Синельников Е. А.* Курс. Системы реального времени. — 2010.  
<http://course.sgu.ru/course/view.php?id=11>

### б) дополнительная литература

1. *Богачёв К. Ю.* Основы параллельного программирования — М.: БИНОМ. Лаб. знаний, 2010.
2. *Карпов Ю. Г.* Верификация параллельных и распределённых программных систем. — СПб: БХВ-Петербург, 2010.
3. *Таненбаум, Эндрю С.* Архитектура компьютера. 5-е изд. — СПб. Питер, 2010.
4. *Курячий Г. В., Маслинский К. А.* Операционная система Linux. — 2005.  
<http://www.intuit.ru/department/os/linux/>
5. Bruyninckx H. Real Time and Embedded Guide – K.U.Leuven, Belgium, 2002  
<http://people.mech.kuleuven.ac.be/~bruyninc/rthowto/>

### в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

- 1 ОС GNU/Linux или ОС Windows;
- 2 консольный файловый менеджер (Far под Windows или mc под Linux);
- 3 кросскомпилятор GNU GCC C/C++ для микроконтроллеров AVR (avr-gcc под GNU/Linux или WinAVR под Windows);
- 4 пакет средств разработки для ОСРВ RTEMS (стабильной версии 4.10 или выше) под платформы i386, arm, avr;
- 5 утилита удалённого доступа к терминалам Putty (только под Windows);
- 6 утилита удалённого доступа к файлам WinSCP (только под Windows);
- 7 виртуализатор VirtualBox (версии 4.0.4 или старше);
- 8 система контроля версий Git (опционально средства интеграции).

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лекционная аудитория, оснащенная мультимедийным оборудованием для организации презентаций (компьютер с проектором и акустической системой).  
Лабораторная аудитория, оснащенная персональными компьютерами с необходимым программным обеспечением, подключенными к локальной сети и имеющими доступ в глобальную сеть Интернет.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО с учетом рекомендаций и Примерной ООП ВПО по направлению и профилю подготовки «Вычислительные машины, комплексы, системы и сети».

Автор

Директор саратовского подразделения  
ООО «Этерсофт»

\_\_\_\_\_ Е. А. Синельников

Программа одобрена на заседании кафедры дискретной математики и информационных технологий от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2011 года, протокол № \_\_\_\_.

Заведующий кафедрой  
дискретной математики и  
информационных технологий,  
доцент

\_\_\_\_\_ Л. Б. Тяпаев

Декан факультета КНиИТ,  
доцент

\_\_\_\_\_ А. Г. Федорова