

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Кафедра «Информационная безопасность автоматизированных систем»

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

по дисциплине

ФД.3 «Средства измерительных систем»

направления подготовки

09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»

Магистерская программа «Программное обеспечение средств  
вычислительной техники и автоматизированных систем»

форма обучения – очная

курс – 1

семестр – 2

зачетных единиц – 5

часов в неделю – 5

академических часов – 216

в том числе:

лекции – 32

коллоквиумы – 4

лабораторные занятия – 54

самостоятельная работа – 126

зачет – 2 семестр

## **1. Цели и задачи дисциплины**

Цель преподавания дисциплины: обучение студентов особенностям разработки и эксплуатации автоматизированных систем измерений, контроля, управления в различных сферах деятельности, включая построение АСУ ТП, систем связи и передачи данных, систем автоматизации научных исследований и др.

Задачи изучения дисциплины: формирование необходимого минимума знаний и практических навыков по следующим аспектам:

- назначение, типы и особенности цифровых измерительных приборов,
- обработка и передача показаний цифровых измерительных приборов,
- возможности использования цифровых измерительных приборов в прикладных автоматизированных системах,
- перспективные направления развития цифровой измерительной техники.

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

Дисциплина «Средства измерительных систем» относится к числу дисциплин по выбору вариативной части блока 1 «дисциплины (модули)».

Для успешного усвоения данной дисциплины необходимо, чтобы студент владел знаниями, умениями и навыками, сформированными в процессе изучения дисциплин:

«Интеллектуальные системы» – знать основные средства и способы разработки программного обеспечения, принципы построения систем обработки информации на основе применения микропроцессорной техники; уметь использовать современные средства разработки программного обеспечения для решения конкретных задач автоматизированной обработки информации на объекте информатизации; владеть профессиональной терминологией в области разработки и эксплуатации программного обеспечения;

Дисциплина «Средства измерительных систем» является предшествующей для изучения дисциплин «Вычислительные системы» и «Микропроцессорная техника» базовой и вариативной части профессионального цикла соответственно, предусмотренных учебным планом. Знания и практические навыки, полученные в ходе изучения данной дисциплины, используются магистрантами при выполнении курсовых работ и магистерских диссертаций.

## **3. Требования к результатам освоения дисциплины**

Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

- способностью к профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов (в соответствии с целями магистерской программы) (ОК-8);

- владением методами и средствами получения, хранения, переработки и трансляции информации посредством современных компьютерных технологий, в том числе в глобальных компьютерных сетях (ОПК-5);

Студент должен знать:

- принципы цифровых измерений;
- классификацию цифровых измерительных приборов;
- аппаратные средства цифровых измерений;
- программные средства цифровых измерительных приборов;
- технологию производства цифровой измерительной техники;
- метрологию цифровых измерительных приборов.

Студент должен уметь:

- выполнять выбор измерительных приборов в соответствии с требованиями информационных и автоматизированных систем;
- обеспечивать сбор и обработку данных цифровых измерений в ЭВМ.

Студент должен владеть:

- навыками эксплуатации цифровых измерительных приборов в прикладных информационных и автоматизированных системах;
- навыками разработки цифровой измерительной техники.

#### **4. Распределение трудоемкости (час.) дисциплины по темам и видам занятий**

№ модуля	№ темы	Наименование темы	Часы/Из них в интерактивной форме					
			Всего	Лекции	Колл.	Лабораторные	Практические	СРС
1	1	Введение. Предмет и задачи курса. Понятие измерений. Измерительные параметры объектов/процессов. Классификация измерений. Классификация приборов и средств измерительной	35	8	-	-	-	27

		техники.						
1	2	Основы цифровой измерительной техники	77/6	8/2	4	20/4	-	45
2	3	Использование цифровой измерительной техники	45/6	8/2	-	10/4	-	27
2	4	Метрологическое обеспечение и эксплуатация цифровой измерительной техники	59/6	8/2	-	24/4	-	27
Всего			216/18	32/6	4	54/12	-	126

### 5. Содержание лекционного курса

№ темы	Всего часов	№ лекции	Тема лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Литература
1	8	1-4	Введение. Предмет и задачи курса. Понятие измерений. Измерительные параметры объектов/процессов. Классификация измерений. Приборы и измерения, их возникновение и развитие. Классификация приборов и средств измерительной техники.	1-4
2	8	5-8	Сигнал как материальный носитель информации. Типы сигналов. Классификация сигналов. Математические модели сигналов. Датчики. Аналогово-цифровые, цифро-аналоговые преобразования и их особенности. Дискретизация и квантование сигналов. АЦП и ЦАП. Разновидности АЦП. Функциональные блоки измерительных приборов. Сопряжение цифровых измерительных приборов с аппаратно-программными средствами информационных и автоматизированных систем.	1-4, 6-8
3	8	9-12	Использование цифровой измерительной техники. Приборы измерений параметров технологических объектов и процессов. Способы преобразования, передачи и обработки показаний приборов. Примеры использования цифровых измерительных приборов в науке, технике, АСУТП	5,9-21
4	8	13- 16	Ошибки и погрешности измерений как случайные процессы, виды их представлений, вероятностно-статистические характеристики. Математическое ожидание и выборочное среднее. Дисперсия и выборочная дисперсия. Спектральный и корреляционный анализ.	3,4,8-21

			Автокорреляционная функция стационарной случайной последовательности. Спектральная плотность мощности стационарной случайной последовательности. Метрологическое обеспечение. Стандарты измерений. Погрешности цифровых измерительных приборов. Профилактика и поддержка цифровых измерительных приборов.	
--	--	--	---	--

## 6. Содержание коллоквиума

№ темы	Всего часов	Вопросы для коллоквиума	Литература
1	2	Введение. Предмет и задачи курса. Понятие измерений. Измерительные параметры объектов/процессов. Классификация измерений. Приборы и измерения, их возникновение и развитие. Классификация приборов и средств измерительной техники.	1-8
2	2	Сигнал как материальный носитель информации. Типы сигналов. Классификация сигналов. Математические модели сигналов. Датчики. Аналогово-цифровые, цифро-аналоговые преобразования и их особенности. Дискретизация и квантование сигналов. АЦП и ЦАП. Разновидности АЦП. Функциональные блоки измерительных приборов. Сопряжение цифровых измерительных приборов с аппаратно-программными средствами информационных и автоматизированных систем.	5-9

## 7. Перечень практических занятий

Практические занятия учебным планом не предусмотрены.

## 8. Перечень лабораторных работ

№ темы	Всего часов	Наименование лабораторной работы. Вопросы, отрабатываемые на лабораторном занятии	Литература
1	10	Изучение аналого-цифрового и цифро-аналогового преобразования сигналов	5-9, 22
2,4	10	Цифровой запоминающий осциллограф	5-9, 22
3	20	Дистанционное управление цифровым измерительным прибором	1-4, 10, 22
2	14	Цифровой генератор функциональных сигналов	1-4, 22

## 9. Задания для самостоятельной работы магистрантов

№ темы	Всего часов	Вопросы для самостоятельного изучения (задания)	Литература
1	27	Цифровые измерительные приборы для измерений в радиоэлектронике	1-9

2	45	Изучение методов связи и передачи данных приборов измерения переменных с вычислительными системами	1-9
3	27	Виртуальные цифровые измерительные приборы и комплексы	10-21
4	27	Программные средства автоматизации измерений и управления цифровыми измерительными приборами	10-21

Методические указания по самостоятельному изучению отдельных разделов дисциплины приведены в соответствующем разделе ИОС [22].

### **Виды, график контроля СРС (по решению кафедры УМКС/УМКН)**

<b>№ темы</b>	<b>Вид СРС</b>	<b>Вид контроля СРС</b>	<b>График контроля (№ недели)</b>
2 семестр			
1-2	Работа с печатными источниками, разбор типовых заданий	Рубежный контроль, промежуточный контроль, самоконтроль	промежуточная аттестация (8)
3-4	Работа с печатными источниками, разбор типовых заданий	Рубежный контроль, промежуточный контроль, самоконтроль	зачет

### **10. Расчетно-графическая работа**

Расчетно-графическая работа учебным планом не предусмотрена.

### **11. Курсовая работа**

Курсовая работа учебным планом не предусмотрена.

### **12. Курсовой проект**

Курсовой проект учебным планом не предусмотрен.

### **13. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

#### **Вопросы для зачета**

1. Типы сигналов. Классификация сигналов.
2. Датчики как средство получения и преобразования сигналов. Разновидности датчиков, примеры
3. Датчики температуры, схемы включения
4. Датчики давления, акустические датчики
5. Оптические сигналы и датчики для работы с ними
6. Датчики механических воздействий

7. Искажения сигнала при прохождении через линию передачи. Способы уменьшения таких искажений. Согласование датчика и приемника сигнала
8. Системы кондиционирования сигналов. Задачи, возлагаемые на такие системы
9. Применение и методы фильтрации сигналов. Оптимальная и адаптивная обработка сигналов. Дискретные и цифровые фильтры.
10. Измерительные и инструментальные усилители. Характеристики
11. Аналого-цифровое преобразование сигналов. Квантование, дискретизация
12. Разновидности АЦП. Примеры построения. Рабочие характеристики
13. Простейший АЦП с разрядностью 1 бит.  $\Sigma\Delta$ -АЦП. АЦП с двойным интегрированием
14. АЦП последовательного приближения
15. Параллельный АЦП
16. Рабочие характеристики АЦП. Особенности выбора АЦП для конкретного источника сигнала, искажения сигнала в АЦП
17. Что такое ЦАП? Принцип действия.
18. Сигналы как случайные процессы, виды их представлений, вероятностно-статистические характеристики. Математическое ожидание и выборочное среднее. Дисперсия и выборочная дисперсия.
19. Спектральный и корреляционный анализ. Автокорреляционная функция стационарной случайной последовательности. Спектральная плотность мощности стационарной случайной последовательности.
20. Системы цифровой обработки измеряемых сигналов. Технические средства цифровой обработки сигналов.
21. Разновидности современных аппаратных интерфейсов ПЭВМ для подключения внешней измерительной аппаратуры
22. Интерфейсы RS-232, RS-485, IEEE-488 (GPIB, HP-IB), Centronics, USB, ...
23. Общие принципы организации автоматизированной системы сбора данных и управления технологическим процессом с применением ПЭВМ
24. Программные средства управления и автоматизации производственных процессов. Программный комплекс LabVIEW
25. Особенности решения задач измерений в режиме реального времени на программно-аппаратном уровне при автоматизации технологических процессов
26. Основные сведения об измерениях. Перспективы развития и совершенствования технических средств измерений.
27. Классификация измерений
28. Методы измерений
29. Средства измерений
30. Меры однозначные и многозначные, измерительные устройства, измерительные установки и измерительные системы и их классификация
31. Погрешности средств измерений
32. Общая характеристика и классификация погрешности. Примеры и характер погрешностей
33. Методы повышения точности измерений

34. Методы уменьшения случайной и систематической погрешностей
35. Государственная система приборов (ГСП)
36. Принципы построения. Классификация средств измерения и автоматизации. Основные ветви ГСП
37. ГСП: нормирование характеристик средств измерения и автоматизации
38. Передающие преобразователи
39. Общая характеристика и классификация дифференциально-трансформаторных, компенсационных и других передающих преобразователей
40. Типовые структурные элементы измерительной системы
41. Общая характеристика и классификация первичных измерительных преобразователей. Анализ промежуточных и масштабных преобразователей и измерительных приборов
42. Современные микропроцессорные измерительные комплексы и их характеристики
43. Типовые структуры интерфейса микропроцессорных средств измерения, Особенности построения программируемых средств измерений с использованием микропроцессорной техники и микро-ЭВМ.
44. Метрологическое обеспечение цифровых измерений, цифровых измерительных приборов и программно-аппаратных комплексов

**Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы с описанием показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания**

Формирование профессиональных компетенций по дисциплине производится на лабораторных и лекционных занятиях (75%); закрепление достигается при проведении промежуточной аттестации (10%) и сдаче экзамена (15%).

Итоговое оценивание усвоения дисциплины осуществляется путем приема экзамена. Результаты экзамена оцениваются «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

При выставлении оценок преподаватель руководствуется следующим:

- оценки «зачтено» заслуживает студент, показавший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную литературу и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой, продемонстрировавший умения и навыки в рамках формируемых компетенций на высоком уровне освоения. Как правило, оценка «отлично» выставляется студентам, усвоившим взаимосвязь основных понятий дисциплины и их значение для приобретаемой профессии, проявившим творческие способности в понимании, изложении и



использовании учебно-программного материала;

- оценка «незачтено» выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустившего принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий, не освоивший умений и навыков в рамках формируемых компетенций на достаточном уровне освоения. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

### УРОВНИ ОСВОЕНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ ОК-8

#### Наименование компетенции

Индекс ОК-8	<b>Формулировка:</b> способность к профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов (в соответствии с целями магистерской программы)
----------------	---

Ступени уровней освоения компетенции	Отличительные признаки
Пороговый (удовлетворительный)	<p><b>Знает:</b> - общие принципы построения цифровых программно- аппаратных измерительных систем и комплексов, включая типовые решения задач сопряжения ЭВМ с аппаратной частью цифровых приборов, - особенности метрологии современных цифровых измерительных приборов и программно-аппаратных комплексов, <b>Умеет:</b> - составлять программы для организации передачи данных по основным протоколам, <b>Владеет:</b> - терминологией в области автоматизации измерений</p>
Продвинутый (хорошо)	<p><b>Знает:</b> - общие принципы построения цифровых программно- аппаратных измерительных систем и комплексов, включая типовые решения задач сопряжения ЭВМ с аппаратной частью цифровых приборов, - особенности метрологии современных цифровых измерительных приборов и программно-аппаратных комплексов, - принципы и методы программирования задач передачи данных и управления между ЭВМ и цифровым измерительным прибором <b>Умеет:</b> - составлять программы для организации передачи данных по основным протоколам, - использовать современные инструментальные средства разработки прикладных программ для управления цифровой измерительной техникой и программно-аппаратными измерительными комплексами <b>Владеет:</b> - средствами автоматизированной разработки прикладного программного обеспечения для задач автоматизации измерений - терминологией в области автоматизации измерений</p>
Высокий (отлично)	<p><b>Знает:</b> - общие принципы построения цифровых программно- аппаратных измерительных систем и комплексов, включая типовые решения задач сопряжения ЭВМ с аппаратной частью цифровых приборов, - особенности метрологии современных цифровых измерительных приборов и программно-аппаратных комплексов, - принципы и методы программирования задач передачи данных и управления между ЭВМ и цифровым измерительным прибором - процедуры метрологической поддержки цифровой измерительной техники и комплексов - основные стандарты, применяемые при разработке и эксплуатации цифровых измерительных приборов и комплексов на их основе <b>Умеет:</b> - составлять программы для организации передачи данных по основным протоколам, - использовать современные инструментальные средства разработки прикладных программ для управления цифровой измерительной техникой и программно-аппаратными измерительными комплексами</p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- разрабатывать программные средства для обработки и анализа экспериментальных данных и результатов измерений</li> <li><b>Владеет:</b> - средствами автоматизированной разработки прикладного программного обеспечения для задач автоматизации измерений</li> <li>- техническими и программными средствами отладки и метрологической поддержки измерительных систем и комплексов</li> <li>- терминологией в области автоматизации измерений</li> </ul>
--	---

### УРОВНИ ОСВОЕНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ ОПК-5

#### Наименование компетенции

Индекс ОПК-5	<b>Формулировка:</b> владение методами и средствами получения, хранения, переработки и трансляции информации посредством современных компьютерных технологий, в том числе в глобальных компьютерных сетях
-----------------	--

Ступени уровней освоения компетенции	Отличительные признаки
Пороговый (удовлетворительный)	<b>Знает:</b> - принципы цифровых измерений; - классификацию цифровых измерительных приборов; <b>Умеет:</b> - выполнять выбор измерительных приборов в соответствии с требованиями информационных и автоматизированных систем; <b>Владеет:</b> - навыками эксплуатации цифровых измерительных приборов в прикладных информационных и автоматизированных системах;
Продвинутый (хорошо)	<b>Знает:</b> - принципы цифровых измерений; - классификацию цифровых измерительных приборов; - аппаратные средства цифровых измерений; - программные средства цифровых измерительных приборов; <b>Умеет:</b> - выполнять выбор измерительных приборов в соответствии с требованиями информационных и автоматизированных систем; <b>Владеет:</b> - навыками эксплуатации цифровых измерительных приборов в прикладных информационных и автоматизированных системах;
Высокий (отлично)	<b>Знает:</b> - принципы цифровых измерений; - классификацию цифровых измерительных приборов; - аппаратные средства цифровых измерений; - программные средства цифровых измерительных приборов; - технологию производства цифровой измерительной техники; - метрологию цифровых измерительных приборов <b>Умеет:</b> - выполнять выбор измерительных приборов в соответствии с требованиями информационных и автоматизированных систем; - обеспечивать сбор и обработку данных цифровых измерений в ЭВМ. <b>Владеет:</b> - навыками эксплуатации цифровых измерительных приборов в прикладных информационных и автоматизированных системах; - навыками разработки цифровой измерительной техники.

### Тестовые задания по дисциплине

Для проведения тестирования используются тестовые материалы, разработанные в форме бланкового тестирования.

### 14. Образовательные технологии

Для реализации компетентного подхода в соответствии с требованиями ФГОС ВО в рамках учебного курса предусмотрены активные и интерактивные формы проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

В связи с этим предусмотрено применение мультимедийных средств и презентаций, обсуждение докладов магистрантов, лекции с элементами

деловых игр, тестирование, консультации, решение ситуационных задач, дискуссии.

Общее количество занятий, проводимых в интерактивных формах, не менее 18 часов.

## **15. Перечень учебно-методического обеспечения для обучающихся по дисциплине**

### *Обязательные издания*

1. Латышенко К.П. Автоматизация измерений, испытаний и контроля [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Латышенко К.П.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Вузовское образование, 2013.— 307 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20390>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
2. Кудасов Ю.Б. Электрофизические измерения [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Кудасов Ю.Б.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010.— 184 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/12947>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
3. Латышенко К.П. Общая теория измерений [Электронный ресурс]/ Латышенко К.П.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Вузовское образование, 2013.— 300 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20398>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
4. Голуб О.В. Стандартизация, метрология и сертификация [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Голуб О.В., Сурков И.В., Позняковский В.М.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Вузовское образование, 2014.— 334 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/4151>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

### *Дополнительные издания*

5. Афонский А.А. Электронные измерения в нанотехнологиях и в микроэлектронике [Электронный ресурс]/ Афонский А.А., Дьяконов В.П.— Электрон. текстовые данные.— М.: ДМК Пресс, 2011.— 688 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/7747>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
6. Егоров Ю.Н. Метрология и технические измерения [Электронный ресурс]: сборник тестовых заданий по разделу дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация»/ Егоров Ю.Н.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2012.— 104 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16371>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
7. Новиков Н.Ю. Теория шкал. Принципы построения эталонных процедур измерения, кодирования и управления [Электронный ресурс]/ Новиков Н.Ю.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012.— 537 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/17476>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

8. Латышенко К.П. Автоматизация измерений, контроля и испытаний [Электронный ресурс]: курсовое проектирование/ Латышенко К.П., Головин В.В.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Вузовское образование, 2013.— 166 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20391>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
9. Ермуратский П.В. Электротехника и электроника [Электронный ресурс]/ Ермуратский П.В., Лычкина Г.П., Минкин Ю.Б.— Электрон. текстовые данные.— М.: ДМК Пресс, 2011.— 416 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/7755>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

#### *Периодические издания*

10. Цифровая обработка сигналов [Текст] : науч.-техн. журн. - М. : Рос. науч.-техн. общество радиотехники и электроники и связи им. А. С. Попова, 1999 - . - Выходит ежеквартально. - ISSN 1684-2634
11. Вестник Саратовского государственного технического университета [Текст]. : науч.-техн. журн. / Саратов. гос. техн. ун-т (Саратов); гл. ред. И. Р. Плеве. - Саратов : СГТУ. - Саратов : СГТУ, 2003 - . - Выходит ежеквартально. - ISSN 1999-8341

#### *Интернет-ресурсы*

12. Литература по цифровой обработке сигналов. Режим доступа: <http://www.dsp-book.narod.ru/books.html> Дата обращения 05.05.2015
13. Журнал «СТА» («Современные технологии автоматизации»). Режим доступа: <http://www.cta.ru/> Дата обращения 05.05.2015
14. Отраслевой научно-технический журнал «ИСУП» (Информатизация и системы управления в промышленности) Режим доступа: <http://www.isup.ru/> Дата обращения 05.05.2015
15. Приборы и электронные компоненты. Режим доступа: <http://www.chipdip.ru> Дата обращения 05.05.2015
16. Электронные компоненты для производства. Режим доступа: <http://www.platan.ru> Дата обращения 05.05.2015
17. Специальные радиосистемы. Режим доступа: <http://www.radioscanner.ru> Дата обращения 05.05.2015
18. Analog Devices. Режим доступа: <http://www.analog.com> Дата обращения 05.05.2015
19. Linear Technology. Режим доступа: <http://www.linear.com> Дата обращения 05.05.2015
20. Научно-технический журнал "Цифровая обработка сигналов". Режим доступа: <http://www.dsra.ru/> Дата обращения 05.05.2015
21. Сайт технической поддержки Microchip. Режим доступа: <http://www.microchip.com.ru> Дата обращения 05.05.2015

#### *Источники ИОС*

22. Учебные материалы. Режим доступа: [https://portal3.sstu.ru/Facult/INETM/IBS/09.04.01/m1332\\_/default.aspx](https://portal3.sstu.ru/Facult/INETM/IBS/09.04.01/m1332_/default.aspx) Дата обращения 05.02.2016

## 16. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения лекционных занятий требуется комплект технических средств обучения в составе:

- персональный компьютер (в конфигурации не хуже: процессор Intel Core 2 Duo, 2 Гбайта ОЗУ, 500 Гбайт НЖМД);
- проектор (разрешение не менее 1280x1024);
- экран для проектора.

Для проведения лабораторных занятий требуется:

- цифровой запоминающий осциллограф Tektronix TDS2022 (к.518/2)
- генератор функциональных сигналов GFG-8210 (к.518/2)
- генератор функциональных сигналов TG2000 (к.518/2)
- компьютерный класс, оборудованный ПЭВМ в конфигурации не худшей чем: процессор Pentium IV 3 ГГц, ОЗУ 2 Гбайта, НЖМД 200 Гбайт с установленными:

1. Операционные системы семейств Microsoft Windows 7/XP
2. Программа математического процессинга Matlab
3. Симулятор LTSpice