

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Луганский государственный университет имени Владимира Даля»

Институт технологий и инженерной механики
Кафедра микро- и наноэлектроники



УТВЕРЖДАЮ

директор института технологий и
инженерной механики

Могильная Е.П.

«18»

04

2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
«ОСНОВЫ МИКРОСИСТЕМНОЙ ТЕХНИКИ»

По направлению подготовки: 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Профиль «Электронные приборы и устройства»

Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Основы микросистемной техники» по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника. – 29 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Основы микросистемной техники» составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 19.09.2017 года № 927.

СОСТАВИТЕЛИ:

к.т.н., доцент Войтенко В.А.;

к.т.н., доцент Войтенко Г.О.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры микро- и нанoeлектроники «14» 04 2023 г., протокол № 9.

Заведующий кафедрой

микро- и нанoeлектроники  Войтенко В. А.

Переутверждена: «__» ____ 202__ г., протокол № _____.

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии института технологий и инженерной механики «18» 04 2023 г., протокол № 3.

Председатель учебно-методической

комиссии института технологий и инженерной механики  С. Н. Ясуник

© Войтенко В.А., Войтенко Г.О., 2023 год
© ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля», 2023 год

1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Цель дисциплины – формирование знаний, умений и навыков в области компонентов микросистемной техники, физических принципов их функционирования, конструкций, характеристик, базовых технологий и особенностей применения.

Задачи: знать и уметь применять на практике микромеханизмы и миниатюрные управляемые электронные и оптические компоненты; миниатюрные аналитические, технологические и робототехнические системы; методики проектирования и САПР микросистем; тенденции развития МСТ.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО. Требования к условиям освоения содержания дисциплины

Дисциплина «Основы микросистемной техники» относится к циклу профессиональных дисциплин по выбору.

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются: знания физики и математики на уровне требований при поступлении в высшее учебное заведение; умения проводить простые физико-математические расчеты; навыки работы на персональном компьютере на уровне пользователя.

Содержание дисциплины основано на знаниях дисциплин «Математика», «Физика» и служит основой для освоения дисциплин «Функциональная электроника», «Приборы и методы СВЧ», «Теория сигналов», «Теория электронных цепей»

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

| Код и наименование компетенции | Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине) | Перечень планируемых результатов |
|---|--|---|
| ПК-2. Способен аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения | ПК-2.1. Знает методики проведения исследований параметров и характеристик узлов, блоков. ПК-2.2. Умеет проводить исследования характеристик электронных приборов. | Знать: методики проведения исследований параметров и характеристик микросистемной техники, основные эффекты и явления, использующиеся в микросистемной технике; методики проведения исследований функциональных и конструкционных материалов для МСТ, основные технологические процессы изготовления компонентов МСТ; |
| | | Уметь: проводить исследования характеристик |

| | | |
|--|---|--|
| | | <p>приборов микросистемной техники, проводить сравнительный анализ конструкций устройств МСТ различных типов; проводить анализ физических процессов, протекающих в устройствах МСТ различных типов; снимать характеристики устройств МСТ;</p> |
| | | <p>Владеть: навыками моделирования процессов в МСТ с использованием средств MATLAB, экспериментального исследования параметров и характеристик устройств МСТ разных типов.</p> |
| <p>ПК-6. Способен организовывать метрологическое обеспечение производства материалов и изделий электронной техники</p> | <p>ПК-6.1. Знает методическую базу измерений параметров технологических процессов и тестирования продукта производства. ПК-6.2. Умеет осуществлять поверку, настройку и калибровку электронной измерительной аппаратуры. ПК-6.3. Владеет навыками метрологического сопровождения технологических процессов.</p> | <p>Знать: методическую базу и классификацию сенсоров, микромеханических приводов движения; современные тенденции развития микросистемной техники; особенности и перспективы применения устройств МСТ; основные соотношения, описывающие процессы в устройствах МСТ; методики исследования характеристик устройств МСТ в процессе их производства;</p> <p>Уметь: осуществлять поверку, настройку и калибровку устройств микросистемной техники; использовать информационные технологии в инженерной практике; программировать в среде MATLAB; проводить сравнительный анализ и выбор методики проведения измерений;</p> <p>Владеть: навыками анализа функций преобразования, составления отчета о проведенных экспериментах, моделирования процессов в МСТ с использованием средств MATLAB,</p> |

| | | |
|--|--|---|
| | | навыками метрологического сопровождения технологических процессов, экспериментального исследования параметров и характеристик устройств МСТ разных типов. |
|--|--|---|

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

| Вид учебной работы | Объем часов (зач. ед.) | |
|--|--------------------------|---------------------------|
| | Очная форма | Заочная форма |
| Общая учебная нагрузка (всего) | 252 (7зач. ед) | 252 (7 зач. ед) |
| Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего) в том числе: | 102 | 12 |
| Лекции | 34 | 4 |
| Семинарские занятия | - | - |
| Практические занятия | 34 | 4 |
| Лабораторные работы | 51 | 4 |
| Курсовая работа (курсовой проект) | - | - |
| Другие формы и методы организации образовательного процесса (<i>расчетно-графические работы, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинг, компьютерные симуляции, интерактивные лекции, семинары, анализ деловых ситуаций и т.п.</i>) | - | - |
| Самостоятельная работа студента (всего) | 133 | 240 |
| Форма аттестации | экзамен | экзамен |

4.2. Содержание разделов дисциплины

Тема 1. Преобразование неэлектрических величин в МСТ. Классификация микросистем.

Микросистемное устройство как преобразователь. Классификация входных и выходных воздействий, математическое описание. Функция преобразования, влияние погрешностей. Переходная функция. Матрица преобразований. Основные эффекты и явления, использующиеся в микросистемной технике. Классификация компонентов микросистем по функциональному назначению и принципу действия.

Тема 2. Материалы МСТ и технологические процессы изготовления МСТ.

Функциональные и конструкционные материалы для МСТ: проводники, полупроводники, диэлектрики, полимеры, их свойства и особенности. Базовые конструкции МСТ. Основные технологические процессы изготовления компонентов МСТ: технология поверхностной микромеханики, технология объемной микромеханики, технологии индивидуального формообразования.

Тема 3. Сенсоры и микроактюаторы.

Классификация и характеристики сенсоров. Микромеханические сенсоры. Термоэлектрические сенсоры. Оптические сенсоры. Магнитоэлектрические сенсоры. Химические сенсоры. Биологические сенсоры. Актюаторы. Микромеханические приводы движения: пьезоэлектрические, емкостные, термомеханические, электромагнитные, пневматические актюаторы. Термоактюаторы: микронагреватели, микрохолодильники. Микроизлучатели: микроглобары, светодиоды, полупроводниковые лазеры.

Тема 4. Микромеханизмы и миниатюрные управляемые электронные и оптические компоненты.

Микромеханизмы: механические зубчатые и фрикционные микропередачи, микрорычаги, муфты. Микросистемы для генерации и преобразования энергии и движения: электростатические и электромагнитные микродвигатели, пьезодвижители, микроэлектрогенераторы, микротурбины, микросопла, пневматические и оптомеханические микроприводы движения, микроприводы движения на эффекте "памяти формы", "интеллектуальные" конформные поверхности. Управляемые микроэлектрорадиокомпоненты: резисторы, конденсаторы, катушки индуктивности, микроантенны; микроэлектромеханические и микропневматические реле и коммутаторы. Управляемые оптоэлектромеханические микрокомпоненты: резонаторы, зеркала, линзы, затворы, фильтры; оптопереключатели. Микроустройства обработки, хранения и записи информации: оптомеханические и интегрально-оптические схемы, микродиски.

Тема 5. Миниатюрные аналитические, технологические и робототехнические системы.

Интеллектуальные и мультисенсорные системы. Миниатюрные аналитические приборы: оптические микроспектрометры, микрохроматографы, микромасс-спектрометры. Миниатюрные медико-биологические приборы: матричные и капиллярно-флюидные микросистемы (чипы).

Тема 6. Проектирование и САПР микросистем. Тенденции развития МСТ.

Отличия МСТ от микроэлектроники. Современные тенденции развития элементной базы микросистемной техники. Модульный принцип в конструировании и технологии изделий МСТ. Обзор САПР, используемых для проектирования изделий микросистемной техники.

4.3. Лекции

| № п/п | Название темы | Объем часов | |
|-------|---|-------------|---------------|
| | | Очная форма | Заочная форма |
| 1 | Преобразование неэлектрических величин в МСТ. Классификация микросистем. | 6 | 1 |

| | | | |
|---------------|--|-----------|----------|
| 2 | Материалы МСТ и технологические процессы изготовления МСТ | 4 | 1 |
| 3 | Сенсоры и микроактюаторы | 6 | - |
| 4 | Микромеханизмы и миниатюрные управляемые электронные и оптические компоненты | 6 | 1 |
| 5 | Миниатюрные аналитические, технологические и робототехнические системы | 6 | 1 |
| 6 | Проектирование и САПР микросистем. Тенденции развития МСТ. | 6 | - |
| Итого: | | 34 | 4 |

4.4. Практические занятия

| № п/п | Название темы | Объем часов | |
|---------------|--|-------------|---------------|
| | | Очная форма | Заочная форма |
| 1 | Исследование функции преобразования датчика | 2 | - |
| 2 | Исследование переходной функции | 2 | 1 |
| 3 | Исследование технологии поверхностной микромеханики | 2 | 1 |
| 4 | Исследование технологии объемной микромеханики | 2 | - |
| 5 | Исследование технологии индивидуального формообразования | 2 | - |
| 6 | Исследование работы пьезоэлектрического привода движения | 4 | 1 |
| 7 | Исследование работы емкостного привода движения | 2 | - |
| 8 | Исследование работы термомеханического привода движения | 2 | - |
| 9 | Исследование работы электромагнитного привода движения | 2 | 1 |
| 10 | Исследование работы пневматического привода движения | 4 | - |
| 11 | Исследование работы термоактюатора | 4 | - |
| 12 | Исследование работы микронагревателя и микрохолодильника | 4 | - |
| Итого: | | 34 | 4 |

4.5. Лабораторные работы

| № п/п | Название темы | Объем часов | |
|----------|---|-------------|---------------|
| | | Очная форма | Заочная форма |
| 1 | Исследование функции преобразования и чувствительности емкостного преобразователя | 4 | - |
| 2 | Разработка технологического маршрута изготовления мембраны сенсорного элемента МСТ объемной микрообработкой | 4 | - |
| 3 | Ознакомление с технологическим маршрутом изготовления интегрального терморезистора и его анализ | 6 | 1 |
| 4 | Исследование, расчет и разработка конструкций микромеханических элементов датчиков (сенсоров) | 6 | - |
| 5 | Исследование перегрева терморезистора и кремниевой мембраны разных конструкций | 6 | 1 |
| 6 | Исследование сенсоров и актюаторов различных систем. | 5 | - |
| 7 | Ознакомление с методиками расчета микромеханических конструкций | 4 | 1 |

| | | | |
|---------------|--|-----------|----------|
| 8 | Исследование эффекта схлопывания электродов (pull-in instability) электростатического актюатора | 4 | - |
| 9 | Исследование принципа действия и технологической реализации капиллярнофлюидных микросистем | 4 | - |
| 10 | Исследование принципа действия и технологической реализации капиллярных аналитических микросистем: капиллярный электрофорез и капиллярная электрохроматография | 4 | 1 |
| 11 | Исследование миниатюрных аналитических, технологических и робототехнических систем | 4 | - |
| Итого: | | 51 | 4 |

4.6. Самостоятельная работа студентов

| № п/п | Название темы | Вид СРС | Объем часов | |
|-------|--|--|-------------|---------------|
| | | | Очная форма | Заочная форма |
| 1 | Преобразование неэлектрических величин в МСТ | Подготовка к тестированию | 12 | 9 |
| | | Подготовка к тестированию | 2 | 9 |
| 2 | Классификация микросистем | Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов | 12 | 9 |
| 3 | Материалы МСТ и технологические процессы изготовления МСТ | Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов | 12 | 9 |
| 4 | Сенсоры и микроактюаторы | Подготовка к тестированию | 12 | 9 |
| | | Подготовка к тестированию | 4 | 9 |
| 5 | Микромеханизмы и миниатюрные управляемые электронные и оптические компоненты | Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов | 12 | 9 |
| 6 | Миниатюрные аналитические, технологические и робототехнические системы | Подготовка к тестированию | 11 | 9 |
| | | Подготовка к тестированию | 4 | 9 |
| 7 | Проектирование и САПР микросистем | Подготовка к тестированию | 6 | 9 |
| | | Подготовка к тестированию | 4 | 9 |
| 8 | Тенденции развития МСТ | Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов | 4 | 5 |
| 9 | Экзамен по дисциплине | Подготовка к семестровому экзамену | 36 | 36 |

| | | | |
|--------|--|-----|-----|
| Итого: | | 133 | 140 |
|--------|--|-----|-----|

4.7. Курсовые работы/проекты

Не предусмотрены учебным планом.

5. Образовательные технологии

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

традиционные объяснительно-иллюстративные технологии, которые обеспечивают доступность учебного материала для большинства студентов, системность, отработанность организационных форм и привычных методов, относительно малые затраты времени;

технологии проблемного обучения, направленные на развитие познавательной активности, творческой самостоятельности студентов и предполагающие последовательное и целенаправленное выдвижение перед студентом познавательных задач, разрешение которых позволяет студентам активно усваивать знания (используются поисковые методы; постановка познавательных задач);

технологии развивающего обучения, позволяющие ориентировать учебный процесс на потенциальные возможности студентов, их реализацию и развитие;

технологии концентрированного обучения, суть которых состоит в создании максимально близкой к естественным психологическим особенностям человеческого восприятия структуры учебного процесса и которые дают возможность глубокого и системного изучения содержания учебных дисциплин за счет объединения занятий в тематические блоки;

технологии модульного обучения, дающие возможность обеспечения гибкости процесса обучения, адаптации его к индивидуальным потребностям и особенностям обучающихся (применяются, как правило, при самостоятельном обучении студентов по индивидуальному учебному плану);

технологии дифференцированного обучения, обеспечивающие возможность создания оптимальных условий для развития интересов и способностей студентов, в том числе и студентов с особыми образовательными потребностями, что позволяет реализовать в культурно-образовательном пространстве университета идею создания равных возможностей для получения образования;

технологии активного (контекстного) обучения, с помощью которых осуществляется моделирование предметного, проблемного и социального содержания будущей профессиональной деятельности студентов (используются активные и интерактивные методы обучения) и т.д.

Максимальная эффективность педагогического процесса достигается путем конструирования оптимального комплекса педагогических технологий и (или) их элементов на личностно-ориентированной, деятельностной, диалогической основе и использования необходимых современных средств обучения.

6. Формы контроля освоения дисциплины

Текущая аттестация студентов производится в дискретные временные интервалы лектором и преподавателем(ями), ведущими лабораторные работы и практические занятия по дисциплине в следующих формах:

- контрольные вопросы к практическим занятиям;
- вопросы к лабораторным работам;
- тесты;
- вопросы к экзамену.

Фонды оценочных средств, включающие контрольные вопросы, вопросы коллоквиумов, тесты и методы контроля, позволяющие оценить результаты текущей и промежуточной аттестации обучающихся по данной дисциплине, помещаются в приложении к рабочей программе в соответствии с «Положением о фонде оценочных средств».

Промежуточная аттестация по результатам освоения дисциплины проходит в форме устного экзамена (включает в себя ответ на теоретические вопросы). Студенты, выполнившие 75 % текущих и контрольных мероприятий на «отлично», а остальные 25 % на «хорошо», имеют право на получение итоговой отличной оценки.

В экзаменационную ведомость и зачетную книжку выставляются оценки по национальной шкале, приведенной в таблице.

| Характеристика знания предмета и ответов | Экзамены |
|---|----------------------------|
| Обучающийся глубоко и в полном объёме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. | отлично (5) |
| Обучающийся знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач. | хорошо (4) |
| Обучающийся знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30 % ошибок в излагаемых ответах. | удовлетворительно (3) |
| Обучающийся не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Обучающийся отказывается от ответов на дополнительные вопросы | неудовлетворительно (2) |

7. Учебно-методическое и программно-информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература:

1. Вавилов В.Д., Микросистемные датчики физических величин / Вавилов В.Д., Тимошенко С.П., Тимошенко А.С. - М.: Техносфера, 2018. - 550 с. - ISBN 978-5-94836-498-8 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948364988.html>.

2. Кларк Э.Р., Микроскопические методы исследования материалов / Кларк Эшли Р., Эберхардт Колин Н. - М.: Техносфера, 2007. - 376 с. - ISBN 978-5-94836-121-5 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948361215.html>.

б) Дополнительная литература:

1. Бабёр А.И. Электрические измерения: учеб. пособие [Электронный ресурс] / А.И. Бабёр, Е.Т. Харевская. - Минск: РИПО, 2019. - 106 с. - ISBN 978-985-503-857-4 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9789855038574.html>

2. Афонский А.А. Измерительные приборы и массовые электронные измерения [Электронный ресурс] / А.А. Афонский, В.П. Дьяконов - М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2009. - 544 с. - ISBN 5-98003-290-8 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5980032908.html>

3. Афонский А. А. Электронные измерения в нанотехнологиях и микроэлектронике [Электронный ресурс] / А. А. Афонский; В. П. Дьяконов; под ред. проф. В. П. Дьяконова. - Москва: ДМК Пресс, 2011. - 688 с. - ISBN 978-5-94074-626-3 - Текст: электронный. - URL: <http://znanium.com/catalog/product/406873>

4. Новикова Н.В. Электрические измерения. Лабораторный практикум: учебное пособие / Н.В. Новикова, В.О. Афонько. - Минск: РИПО, 2018. - 216 с. - ISBN 978-985-503-839-0. - Текст: электронный. - URL: <https://new.znanium.com/catalog/product/1020280>

5. Шкуратник В. Л. Измерения в физическом эксперименте: Учебник для вузов / Шкуратник В.Л., - 2-е изд., доп. и испр. - М.: Горная книга, 2006. - 335 с.: ISBN 5-98672-032-6 - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=996585&spes=1>

6. Вознесенский А.С. Электроника и измерительная техника: Учеб. для вузов / Вознесенский А.С., Шкуратник В.Л. - М.: Горная книга, 2008. - 480 с.: ISBN 978-5-98672-075-3 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/995646>

в) Методические рекомендации/указания:

1. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Основы микросистемной техники» / Сост.: В.А. Войтенко, Г.О. Войтенко. – Луганск: ЛНУ им. В. Даля, 2017. – 36 с.

2. Методические рекомендации к самостоятельной работе по дисциплине «Основы микросистемной техники» / Сост.: В.А. Войтенко, Г.О. Войтенко. – Луганск: ЛНУ им. В. Даля, 2017. – 27 с.

3. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Основы микросистемной техники» / Сост.: В.А. Войтенко, Г.О. Войтенко. – Луганск: ЛНУ им. В. Даля, 2010. – 25 с.

г) Интернет-ресурсы:

Министерство образования и науки Российской Федерации – <http://минобрнауки.рф/>

Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://obrnadzor.gov.ru/>

Министерство образования и науки Луганской Народной Республики – <https://minobr.su>

Народный совет Луганской Народной Республики – <https://nslnr.su>

Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>

Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru/>

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>

Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru/>

Далевский педагогический портал – <http://ped.dahluniver.ru/>

Электронные библиотечные системы и ресурсы

Электронно-библиотечная система «Консультант студента» – <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>

Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» – <https://www.studmed.ru>

Университетская библиотека On-line – <http://www.biblioclub.ru>

Научная электронная библиотека eLIBRARY – <http://elibrary.ru>

Информационный ресурс библиотеки образовательной организации

Научная библиотека имени А. Н. Коняева – <http://biblio.dahluniver.ru/>

Научные журналы

"GNU Scientific Library" (GSL - библиотека для научных вычислений проекта GNU): <http://www.gnu.org/software/gsl>.

Система схемотехнического моделирования LTSpice IV. Краткое руководство: <http://zpostbox.ru/ltspice.html>.

Электронные компоненты: <http://www.elitan.ru/>.

Навигатор по профессиональным электронным ресурсам – http://www.spsl.nsc.ru/win/nelbib/nav_ei.htm

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лекционные занятия проводятся с использованием комплекта электронных презентаций в аудитории, оснащенной презентационной техникой (проектор, экран, ноутбук).

Лабораторные работы проводятся с использованием компьютеризированных лабораторных стендов, пакета специализированных компьютерных программ, а также компьютерной математической среды MATLAB и компьютерной среды для моделирования Multisim.

Рабочие места преподавателя и студентов в учебной лаборатории оснащены компьютерами с доступом в Интернет, предназначенными для работы в указанных специализированных компьютерных программах и средах.

Программное обеспечение:

| Функциональное назначение | Бесплатное программное обеспечение | Ссылки |
|---------------------------|---------------------------------------|---|
| Офисный пакет | Libre Office 6.3.1 | https://www.libreoffice.org/ https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice |
| Операционная система | UBUNTU 19.04 | https://ubuntu.com/ https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu |
| Браузер | Firefox Mozilla | http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx |
| Браузер | Opera | http://www.opera.com |
| Почтовый клиент | Mozilla Thunderbird | http://www.mozilla.org/ru/thunderbird |
| Файл-менеджер | Far Manager | http://www.farmanager.com/download.php |
| Архиватор | 7Zip | http://www.7-zip.org/ |
| Графический редактор | GIMP (GNU Image Manipulation Program) | http://www.gimp.org/ http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8 http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP |
| Редактор PDF | PDFCreator | http://www.pdfforge.org/pdfcreator |
| Аудиоплеер | VLC | http://www.videolan.org/vlc/ |

8. Оценочные средства по дисциплине

Паспорт

фонда оценочных средств по учебной дисциплине
«Основы микросистемной техники»

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины (модуля) или практики

| № п/п | Код контролируемой компетенции | Формулировка контролируемой компетенции | Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой) | Контролируемые темы учебной дисциплины, практики | Этапы формирования (семестр изучения) |
|-------|--------------------------------|---|--|--|---------------------------------------|
| | | | | | |

| | | | дисциплине) | | |
|----|------|--|-------------------------------|--|---|
| 1 | ПК-2 | Способен аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и микроэлектроники различного функционального назначения | ПК-2.1. ПК-2.2. | Тема 1 Преобразование неэлектрических величин в МСТ. Классификация микросистем. | 1 |
| | | | | Тема 2 Материалы МСТ и технологические процессы изготовления МСТ | 1 |
| | | | | Тема 3 Сенсоры и микроактюаторы | 1 |
| | | | | Тема 4 Микромеханизмы и миниатюрные управляемые электронные и оптические компоненты | 1 |
| | | | | Тема 5 Миниатюрные аналитические, технологические и робототехнические системы | 1 |
| | | | | Тема 6 Проектирование и САПР микросистем. Тенденции развития МСТ | 1 |
| 2. | ПК-6 | Способен организовывать метрологическое обеспечение производства материалов и изделий электронной техники | ПК-6.1. ПК-6.2. ПК-6.3. | Тема 1 Преобразование неэлектрических величин в МСТ. Классификация микросистем. | 1 |
| | | | | Тема 2 Материалы МСТ и технологические процессы изготовления МСТ | 1 |

| | | | | | |
|--|--|--|--|---|---|
| | | | | Тема 3 Сенсоры и микроактюаторы | 1 |
| | | | | Тема 4 Микромеханизмы и миниатюрные управляемые электронные и оптические компоненты | 1 |
| | | | | Тема 5 Миниатюрные аналитические, технологические и робототехнические системы | 1 |
| | | | | Тема 6 Проектирование и САПР микросистем. Тенденции развития МСТ. | 1 |
| | | | | Тема 4 Микромеханизмы и миниатюрные управляемые электронные и оптические компоненты | 1 |

Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

| № п/п | Код контролируемой компетенции | Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине) | Перечень планируемых результатов | Контролируемые темы учебной дисциплины | Наименование оценочного средства |
|-------|--------------------------------|---|---|---|--|
| 1. | ПК-2 | ПК-2.1. ПК-2.2. | Знать: методики проведения исследований параметров и характеристик микросистемной техники, основные эффекты и явления, использующиеся в | Тема 1, Тема 2, Тема 3, Тема 4, Тема 5, Тема 6, Практическое занятие 1, | Контрольные вопросы к практическим занятиям, вопросы к лабораторным работам, |

| | | | | | |
|----|------|-------------------------------|---|--|---|
| | | | <p>микросистемной технике; методики проведения исследований функциональных и конструкционных материалов для МСТ, основные технологические процессы изготовления компонентов МСТ;</p> <p>Уметь: проводить исследования характеристик приборов микросистемной техники, проводить сравнительный анализ конструкций устройств МСТ различных типов; проводить анализ физических процессов, протекающих в устройствах МСТ различных типов; снимать характеристики устройств МСТ;</p> <p>Владеть: навыками моделирования процессов в МСТ с использованием средств MATLAB, экспериментального исследования параметров и характеристик устройств МСТ разных типов.</p> | <p>Практическое занятие 2, Лабораторная работа 1, Лабораторная работа 2</p> | <p>тесты, вопросы к экзамену</p> |
| 2. | ПК-6 | ПК-6.1. ПК-6.2. ПК-6.3. | <p>Знать: методическую базу и классификацию сенсоров, микромеханических приводов движения; современные тенденции развития микросистемной</p> | <p>Тема 1, Тема 2, Тема 3, Тема 4, Тема 5, Тема 6, Практическое занятие 3, Практическое занятие 4,</p> | <p>Контрольные вопросы к практическим занятиям, вопросы к лабораторным работам, тесты, вопросы к экзамену</p> |

| | | | | | |
|--|--|--|---|---|--|
| | | | <p>техники; особенности и перспективы применения устройств МСТ; основные соотношения, описывающие процессы в устройствах МСТ; методики исследования характеристик устройств МСТ в процессе их производства;</p> <p>Уметь:</p> <p>осуществлять поверку, настройку и калибровку устройств микросистемной техники; использовать информационные технологии в инженерной практике; программировать в среде MATLAB; проводить сравнительный анализ и выбор методики проведения измерений;</p> <p>Владеть: навыками анализа функций преобразования, составления отчета о проведенных экспериментах, моделирования процессов в МСТ с использованием средств MATLAB, навыками метрологического сопровождения технологических процессов, экспериментально о исследования параметров и</p> | <p>Лабораторная работа 3, Лабораторная работа 4</p> | |
|--|--|--|---|---|--|

| | | | | | |
|--|--|--|---|--|--|
| | | | характеристик устройств МСТ разных типов. | | |
|--|--|--|---|--|--|

Фонды оценочных средств по дисциплине «Основы микросистемной техники»

Контрольные вопросы к практическим занятиям:

1. Виды микросистем.
2. Виды функциональных микроустройств в составе МСТ.
3. Элементы микросистемной техники.
4. Компоненты микросистемной техники.
5. Параметры и характеристики МСТ.
6. Термины, определения и буквенные обозначения параметров и характеристик МСТ.
7. Классификация сенсорных компонентов МСТ.
8. Пьезорезистивные чувствительные элементы.
9. Емкостные чувствительные элементы.
10. Пьезоэлектрические чувствительные элементы.
11. Резонансные чувствительные элементы.
12. Чувствительные элементы на поверхностных акустических волнах.
13. Классификация пьезоэлектрических датчиков.
14. Природа пьезоэффекта.
15. Параметры пьезоэлектрических материалов.
16. Основные характеристики пьезоэлектрических преобразователей.
17. Элемент Холла.
18. Двухколлекторный магнитотранзистор.
19. Волоконно-оптические гироскопы.
20. Вибрационные микромеханические гироскопы камертонного типа.
21. Вибрационные микромеханические гироскопы LL-типа.
22. Вибрационные микромеханические гироскопы RR-типа.
23. Микромеханические гироскопы волнового типа.
24. Микромеханические акселерометры L-типа.
25. Микромеханические акселерометры R-типа.
26. Акселерометры с нагреваемой пластиной.
27. Актюаторные элементы МСТ.
28. Конструкция микромеханических ключей и схемы их включения.
29. Параметры микромеханических ключей.
30. Интегральное микромеханическое зеркало с планарной электростатической активацией.
31. Интегральное микромеханическое зеркало с ЭМД.
32. Интегральное микромеханическое зеркало с гребенчатой электростатической активацией.
33. Электростатические воздушные планарные микродвигатели.
34. Электростатические диэлектрические планарные микродвигатели.
35. Пьезоэлектрические микродвигатели.
- 36.

37. Достоинства и недостатки пассивных компонентов микросистем.
38. Основные электрические характеристики проводников в ВЧсхемах.
39. Приведите типичные рабочие зоны индуктора.
40. Каким образом катушки индуктивности влияют на рабочую схему?
41. Чем определяется индуктивность катушки любой формы?
42. Приведите варианты планарных индукторов.
43. Добротность индуктора.
44. Какие моменты необходимо учитывать при разработке индукторов?
45. Назовите области применения индукторов.
46. Приведите схему многоуровневого индуктора из меандров.
47. Какие гибридные технологии были разработаны для изготовления 3D катушек?
48. Приведите модель индуктора из меандров.
49. Чем определяется величина индуктивности?
50. Спиральные индукторы. Схема. Особенности технологии изготовления.
51. Как магнитный сердечник влияет на рабочие характеристики индуктора?
52. индуктора?
53. Соленоидные индукторы. Схема. Особенности технологии изготовления.
54. Приведите выражения для вычисления индуктивности и добротности соленоидного индуктора.
55. Как влияет расстояние между проводящими линиями на индуктивности спирального индуктора и индуктора из меандров?
56. Приведите выражение для паразитной емкости между проводящими линиями и меандрами катушки.
57. Как влияет ширина линий индуктора на величину паразитной емкости?
58. Опишите влияние магнитного сердечника на характеристики индуктора.
59. Опишите влияние числа витков на индуктивность индуктора.
60. Опишите влияние числа витков на добротность индуктора.
61. Приведите пути уменьшения паразитной емкости планарных катушек индуктивности.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству контрольные вопросы к лекциям

| Шкала оценивания (интервал баллов) | Критерий оценивания |
|------------------------------------|---|
| 5 | Ответ представлен на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемый вопрос, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет соответствующей научной терминологией) |
| 4 | Ответ представлен на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемый вопрос, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности) |
| 3 | Ответ представлен на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени соответствующей научной терминологией) |
| 2 | Ответ представлен на неудовлетворительном уровне или не представлен (студент не готов отвечать) |

Вопросы к лабораторным работам:

1. Микросистемное устройство как преобразователь.
2. Классификация входных и выходных воздействий, математическое описание.
3. Функция преобразования, влияние погрешностей.
4. Переходная функция.
5. Матрица преобразований.
6. Основные эффекты и явления, используемые в микросистемной технике.
7. Классификация компонентов микросистем по функциональному назначению и принципу действия.
8. Функциональные и конструкционные материалы для МСТ: проводники, полупроводники, диэлектрики, полимеры, их свойства и особенности.
9. Базовые конструкции МСТ.
10. Основные технологические процессы изготовления компонентов МСТ: технология поверхностной микромеханики, технология объемной микромеханики, технологии индивидуального формообразования.
11. Классификация и характеристики сенсоров.
12. Микромеханические сенсоры.
13. Термоэлектрические сенсоры.
14. Оптические сенсоры.
15. Магнитоэлектрические сенсоры.
16. Химические сенсоры.
17. Биологические сенсоры.
18. Актюаторы.
19. Микромеханические приводы движения: пьезоэлектрические, емкостные, термомеханические, электромагнитные, пневматические актюаторы.
20. Термоактюаторы: микронагреватели, микрохолодильники.
21. Микроизлучатели: микроглобары, светодиоды, полупроводниковые лазеры.
22. Микромеханизмы.
23. Механические зубчатые и фрикционные микропередачи.
24. Микрорычаги.
25. Муфты.
26. Микросистемы для генерации и преобразования энергии и движения.
27. Электростатические и электромагнитные микродвигатели.
28. Пьезодвижители.
29. Микроэлектрогенераторы.
30. Микротурбины.
31. Микросопла.
32. Пневматические и оптомеханические микроприводы движения.
33. Микроприводы движения на эффекте "памяти формы".
34. "Интеллектуальные" конформные поверхности.
35. Управляемые микроэлектрорадиокомпоненты: резисторы, конденсаторы, катушки индуктивности.

36. Микроантенны.
37. Микроэлектромеханические и микропневматические реле и коммутаторы.
38. Управляемые оптоэлектромеханические микрокомпоненты: резонаторы, зеркала, линзы, затворы, фильтры.
39. Оптопереключатели.
40. Микроустройства обработки, хранения и записи информации: оптомеханические и интегрально-оптические схемы, микродиски.
41. Интеллектуальные и мультисенсорные системы.
42. Миниатюрные аналитические приборы: оптические микроспектрометры, микрохроматографы, микромасс-спектрометры.
43. Миниатюрные медико-биологические приборы: матричные и капиллярно-флюидные микросистемы (чипы).
44. Отличия МСТ от микроэлектроники.
45. Современные тенденции развития элементной базы микросистемной техники.
46. Модульный принцип в конструировании и технологии изделий МСТ.
47. Обзор САПР, используемых для проектирования изделий микросистемной техники.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству вопросы к лабораторным работам

| Шкала оценивания (интервал баллов) | Критерий оценивания |
|---------------------------------------|--|
| 5 | Ответы представлены на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемые вопросы, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет соответствующей научной терминологией, правильные ответы даны на 90-100% вопросов) |
| 4 | Ответы представлены на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемые вопросы, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности, правильные ответы даны на 75-89% вопросов) |
| 3 | Ответы представлены на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени соответствующей научной терминологией, правильные ответы даны на 50-74% вопросов) |
| 2 | Ответы представлены на неудовлетворительном уровне или не представлены (студент не готов отвечать или правильные ответы даны менее чем на 50% вопросов) |

Тесты:

1. Измерением называется:
 - а) нахождение значения физической величины опытным путем с использованием специальных технических средств;
 - б) измерение напряжения, тока и сопротивления при помощи мультиметра;
 - в) измерение амплитуды, периода и частоты колебаний электрических сигналов при помощи осциллографа.

2. Результатом измерения является:

- а) значение физической величины, найденное путем ее измерения;
- б) напряжение, ток или сопротивление;
- в) показание измерительного прибора.

3. Измерение осуществляют при помощи:

- а) технических средств измерений, которые имеют нормированные метрологические параметры;
- б) мультиметра, осциллографа, частотомера, омметра;
- в) цифровых измерительных устройств на основе аналого-цифровых преобразователей.

4. Средства измерений делятся на:

- а) меры, измерительные преобразователи, измерительные устройства, измерительные источники и измерительные системы;
- б) мультиметры, осциллографы, частотомеры, омметры;
- в) преобразователь, датчик, регистрирующее устройство.

5. Мера – это:

- а) вольт, ампер, Ом;
- б) способ измерения, предназначенный для отображения физической величины заданного размера;
- в) результат измерения физической величины.

6. Измерительный преобразователь – это:

- а) вольтметр, амперметр, омметр, осциллограф;
- б) средство измерения для получения сигнала измерительной информации в форме, удобной для дальнейшего преобразования и отображения;
- в) электронное измерительное устройство для отображения информации в виде цифр и изображения.

7. Измерительный прибор – это:

- а) мультиметр, осциллограф, частотомер;
- б) средство измерения, предназначенное для получения сигнала измерительной информации в форме, удобной для непосредственного восприятия наблюдателем;
- в) инструмент метролога, предназначенный для проведения электрических измерений и физических величин.

8. Измерительная установка – это:

- а) устройство для измерения и отображения напряжения, тока, частоты, сопротивления;
- б) совокупность функционально объединенных способов измерения, предназначенная для получения сигналов измерительной информации в форме, удобной для непосредственного восприятия наблюдателем и расположения в одном месте;

в) стационарный измерительный комплекс на основе электронной вычислительной машины, предназначенный для проведения измерений различных электрических и физических величин.

9. Измерительная система – это:

а) совокупность мер, измерительных устройств, измерительных преобразователей, предназначенная для проведения измерений физических величин;

б) средства оптимального управления технологическими процессами на производстве на основе электронных измерительных устройств, датчиков и преобразователей;

в) совокупность средств измерения и вспомогательных устройств, соединенных каналами связи, предназначенная для генерации сигналов измерительной информации в форме, удобной для автоматической обработки, передачи и использования в автоматических системах управления.

10. Прямыми называются измерения, при которых:

а) измеренная физическая величина имеет линейный закон измерения амплитуды;

б) результат измерения отображается на экране измерительного прибора;

в) искомое значение величины находят непосредственно из опытных данных.

11. Непрямыми измерениями называются измерения, при которых:

а) искомое значение измерений величины имеет нелинейный закон изменения своего значения во времени;

б) когда искомая физическая величина не может быть измерена с требуемой точностью;

в) исходное значение величины находят на основании известной зависимости между этой величиной и величинами, которые могут быть измерены непосредственно путем прямых измерений.

12. Реостатный преобразователь – это:

а) терморезистор, предназначенный для измерения температуры;

б) терморезистор, сопротивление которого зависит от его температуры;

в) прецизионный реостат, движок которого перемещается под действием измеряемой величины.

13. Тензорезистивный преобразователь – это:

а) проводник, который изменяет свое сопротивление при деформации сжатие-растяжение;

б) тензорезистор, сопротивление которого не зависит от температуры;

в) пластина кремния, наклеенная на изделие для измерения его деформации в процессе эксплуатации либо заводских испытаний.

14. Емкостной преобразователь представляет собой:

- а) конденсатор, электрические параметры которого изменяются под действием входной величины;
- б) конденсатор, емкость которого зависит от расстояния между его обкладками;
- в) электролитический конденсатор, заряд которого зависит от величины приложенного к нему напряжения.

15. Пьезоэлектрический преобразователь – это:

- а) пьезоэлектрик, величина электрического заряда на гранях которого пропорциональна приложенной силе;
- б) кварц, представляющий собой кристалл диоксида кремния;
- в) кристаллический диэлектрик, предназначенный для измерения вибрации и деформации.

16. Индуктивный преобразователь представляет собой:

- а) катушку индуктивности, полное сопротивление которой изменяется при взаимном относительном перемещении элементов магнитопровода;
- б) дроссель, индуктивность которого зависит от количества витков намотанного провода и от диаметра намотки;
- в) катушка индуктивности, резонансная частота которой зависит от наложения построечного ферритового сердечника.

17. Трансформаторный преобразователь – это:

- а) трансформатор с воздушным зазором в магнитопроводе;
- б) трансформатор, у которого под действием входного сигнала изменяется взаимная индуктивность, к изменению вторичного выходного напряжения;
- в) трансформатор, мощность которого может быть изменена под действием внешних воздействий.

18. Индукционным преобразователем называется:

- а) измерительная катушка индуктивности;
- б) преобразователь, принцип действия которого основан на законе электромагнитной индукции;
- в) измерительный преобразователь, действие которого основано на законе Ампера.

19. Магнитоупругий преобразователь – это:

- а) магниторезистор, сопротивление которого зависит от магнитной индукции внешнего поля;
- б) преобразователь, действие которого основано на магнитоупругом эффекте;
- в) измерительный преобразователь внешнего магнитного поля в измеренный электрический сигнал.

20. Термоэлектрический преобразователь – это:

- а) термометр сопротивления, предназначенный для измерения температуры в диапазоне $-200 \dots 600^{\circ}\text{C}$;
- б) термопара, состоящая из двух разнородных проводников, соединенных между собой;
- в) термоэлектрическая батарея, предназначенная для измерения температуры.

21. Фотоэлектрический преобразователь представляет собой:

- а) преобразователь, основанный на внешнем фотоэффекте;
- б) преобразователь, основанный на внутреннем фотоэффекте;
- в) фотоэлемент, используемый в качестве измерительного преобразователя.

22. Ионизационный преобразователь – это:

- а) фотоэлектронный умножитель, предназначенный для регистрации ионизирующего излучения;
- б) сцинтилляционный кристалл, преобразующий ионизирующее излучение в оптические сигналы;
- в) преобразователь, который преобразует интенсивность радиоактивного излучения в электрическую величину.

23. Газоразрядный счетчик представляет собой:

- а) световой индикатор, основанный на газовом разряде;
- б) прибор, предназначенный для измерения расхода природного газа;
- в) ионизационную камеру, которая работает при напряжении вторичной ионизации газа.

24. Полупроводниковый детектор – это:

- а) электронное устройство для детектирования радиосигналов;
- б) устройство для измерения величины переменного напряжения путем преобразования в постоянное;
- в) ионизационный преобразователь, представляющий собой кристалл полупроводника с р-п-переходом.

25. Электрический преобразователь – это:

- а) гальванический элемент;
- б) устройство для измерения плотности жидкости;
- в) преобразователь, действие которого основано на зависимости электропроводности раствора электролита от его концентрации.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству тесты

| Шкала оценивания (интервал баллов) | Критерий оценивания |
|---------------------------------------|--|
| 5 | Тесты выполнены на высоком уровне (правильные ответы даны на 90-100% тестов) |

| | |
|---|---|
| 4 | Тесты выполнены на среднем уровне (правильные ответы даны на 75-89% тестов) |
| 3 | Тесты выполнены на низком уровне (правильные ответы даны на 50-74% тестов) |
| 2 | Тесты выполнены на неудовлетворительном уровне (правильные ответы даны менее чем на 50% тестов) |

Оценочные средства для промежуточной аттестации (экзамен)

1. Основные эффекты и явления, использующиеся в микросистемной технике.
2. Классификация компонентов микросистем по функциональному назначению и принципу действия.
3. Функциональные и конструкционные материалы для МСТ.
4. Базовые конструкции МСТ.
5. Основные технологические процессы изготовления компонентов МСТ.
6. Классификация и характеристики сенсоров.
7. Микромеханические приводы движения.
8. Термоактюаторы.
9. Микроизлучатели.
10. Микромеханизмы.
11. Механические зубчатые и фрикционные микропередачи.
12. Микросистемы для генерации и преобразования энергии и движения.
13. Электростатические и электромагнитные микродвигатели.
14. Пневматические и оптомеханические микроприводы движения.
15. Микроприводы движения на эффекте "памяти формы".
16. Управляемые микроэлектрорадиокомпоненты.
17. Микроантенны.
18. Микроэлектромеханические и микропневматические реле и коммутаторы.
19. Управляемые оптоэлектромеханические микрокомпоненты: резонаторы, зеркала, линзы, затворы, фильтры.
20. Оптопереключатели.
21. Микроустройства обработки, хранения и записи информации.
22. Интеллектуальные и мультисенсорные системы.
23. Миниатюрные аналитические приборы.
24. Современные тенденции развития элементной базы микросистемной техники.
25. Модульный принцип в конструировании и технологии изделий МСТ.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству промежуточный контроль (экзамен)

| Шкала оценивания (интервал баллов) | Критерий оценивания |
|---------------------------------------|--|
| отлично (5) | Студент глубоко и в полном объеме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые |

| | |
|-------------------------|--|
| | решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. |
| хорошо (4) | Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач. |
| удовлетворительно (3) | Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах. |
| неудовлетворительно (2) | Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы |

Лист изменений и дополнений

| № п/п | Виды дополнений и изменений | Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения | Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами) |
|----------|--------------------------------|--|---|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |