

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета  Небольсин В.А.

«31» августа 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины

«Измерительные преобразователи и электроды»

**Направление подготовки** 12.03.04 Биотехнические системы и технологии

**Профиль** Биотехнические и медицинские аппараты и системы

**Квалификация выпускника** бакалавр

**Нормативный период обучения** 4 года / 4 года и 11 м.

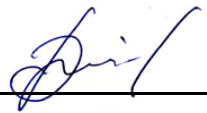
**Форма обучения** очная / заочная

**Год начала подготовки** 2021

Автор программы

 / Коровин В.Н./

Заведующий кафедрой  
Системного анализа и  
управления в медицинских  
системах

 / Коровин Е.Н./

Руководитель ОПОП

 /Новикова Е.И./

Воронеж 2021

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1.1. Цели дисциплины

ознакомление студентов с первичными устройствами съема медико-биологической информации об основных проявлениях процессов жизнедеятельности: механических, биохимических и др.; ознакомление с различными классами датчиков биологической информации (ДБИ), физическими принципами работы данных устройств, их конструкциями и особенностями применения в биомедицинской практике и исследованиях.

### 1.2. Задачи освоения дисциплины

- изучение принципов действия измерительных преобразователей и электродов, использующихся при выполнении современных медико-биологических исследований;;
- содействие в выработке научного подхода к решению инженерных задач автоматизации всех этапов процесса регистрации при помощи ИП и Э проявлений жизнедеятельности организма;
- изучение принципов ориентации в современной справочной литературе по выбору требуемых средств регистрации биопотенциалов, ИП и Э.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Измерительные преобразователи и электроды» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений (дисциплина по выбору) блока Б1.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Измерительные преобразователи и электроды» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-2 - Готовность к участию в проведении медико-биологических, экологических и научно-технических исследований с применением технических средств, информационных технологий и методов обработки результатов

ПК-3 - Способность к внедрению технологических процессов производства, метрологического обеспечения и контроля качества медицинских изделий и биотехнических систем

| Компетенция | Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции                                                                                                                                                               |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-2        | знать основные виды, конструкции и характеристики электродов для медико-биологических исследований                                                                                                                              |
|             | уметь выбирать типы ИП или Э в соответствии с методами и задачами проведения медико-биологических исследований, рассчитывать различные характеристики электродов, определять необходимые технические характеристики для датчика |
|             | владеть методами определения характеристик электродов и ИП, методами расчета эквивалентных схем датчиков и преобразователей                                                                                                     |
| ПК-3        | знать основные физические принципы, используемые для                                                                                                                                                                            |

|  |                                                                                                                                     |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | построения первичных ИП; вопросы согласования ИП и Э с электронными устройствами усиления и обработки сигналов                      |
|  | уметь выбирать наиболее эффективный бесконтактный метод съема медико-биологической информации                                       |
|  | владеть методами выбора отечественных и зарубежных фирм, разрабатывающих и выпускающих ИП и Э для медико-биологических исследований |

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Измерительные преобразователи и электроды» составляет 5 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

##### очная форма обучения

| Виды учебной работы                     | Всего часов | Семестры |
|-----------------------------------------|-------------|----------|
|                                         |             | 6        |
| <b>Аудиторные занятия (всего)</b>       | 72          | 72       |
| В том числе:                            |             |          |
| Лекции                                  | 18          | 18       |
| Практические занятия (ПЗ)               | 36          | 36       |
| Лабораторные работы (ЛР)                | 18          | 18       |
| <b>Самостоятельная работа</b>           | 72          | 72       |
| Часы на контроль                        | 36          | 36       |
| Виды промежуточной аттестации - экзамен | +           | +        |
| Общая трудоемкость:                     |             |          |
| академические часы                      | 180         | 180      |
| зач.ед.                                 | 5           | 5        |

##### заочная форма обучения

| Виды учебной работы                     | Всего часов | Семестры |
|-----------------------------------------|-------------|----------|
|                                         |             | 8        |
| <b>Аудиторные занятия (всего)</b>       | 12          | 12       |
| В том числе:                            |             |          |
| Лекции                                  | 4           | 4        |
| Практические занятия (ПЗ)               | 4           | 4        |
| Лабораторные работы (ЛР)                | 4           | 4        |
| <b>Самостоятельная работа</b>           | 159         | 159      |
| Часы на контроль                        | 9           | 9        |
| Виды промежуточной аттестации - экзамен | +           | +        |
| Общая трудоемкость:                     |             |          |
| академические часы                      | 180         | 180      |
| зач.ед.                                 | 5           | 5        |

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий очная форма обучения

| № п/п | Наименование темы                                      | Содержание раздела                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Лекц | Прак зан. | Лаб. зан. | СРС | Всего, час |
|-------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|-----------|-----|------------|
| 1     | Введение. Измерительные преобразователи. Общие понятия | Введение. Понятие измерительного преобразователя. Общая структурная схема. Классификация, виды ИП. Определение датчиков, преобразующих элементов, обобщенного сопротивления                                                                                                                                   | 1    | 2         |           | 4   | 7          |
| 2     | Метрологические характеристики ИП                      | Погрешности ИП. Коэффициент преобразования. Чувствительность ИП. Время отклика. Полоса частот. АЧХ. ФЧХ. Определение МХ для выбранного примера ИП                                                                                                                                                             | 1    | 2         |           | 4   | 7          |
| 3     | Емкостные ИП. Оптические ИП                            | Емкостные ИП. Виды датчиков. Датчик близости, давления, уровнемер, толщиномер. Примеры подобных ИП и датчиков с МХ. Оптические ИП. Свойства света. Источники света. Фотодиоды. Виды фотодиодов, режимы работы. Фоторезисторы. Фототранзисторы. Примеры подобных ИП и датчиков с МХ. Применение фотодиодов.    | 2    | 4         | 4         | 8   | 18         |
| 4     | Резистивные ИП. Тензорезисторы.                        | Резистивные ИП. Реостаты. Тензорезисторы. Тензоэффект. Проволочные, фольговые тензодатчики. Полупроводниковые тензорезисторы. Примеры подобных ИП и датчиков с МХ                                                                                                                                             | 1    | 2         |           | 4   | 7          |
| 5     | Тепловые ИП. Термические ИП. Пьезоэлектрические ИП     | Тепловые ИП. Термометры сопротивления. Термисторы. Термические ИП. Термоэлектрические эффекты. Материалы для термопар. Примеры подобных ИП и датчиков с МХ. Пьезоэлектрические ИП. Пьезоэффект. Конструкция пьезоэлемента. Использование керамики в медицинских датчиках. Примеры подобных ИП и датчиков с МХ | 2    | 4         | 4         | 8   | 18         |
| 6     | Ультразвуковые ИП.                                     | Ультразвуковые ИП. Виды УЗ волн. Характеристики ультразвука. Использование уз-датчиков в медицине. Доплеровский УЗИ - аппарат измерения кровотока. Примеры подобных ИП и датчиков с МХ                                                                                                                        | 1    | 2         |           | 4   | 7          |
| 7     | Оптоволоконные ИП.                                     | Оптоволокно в качестве носителя информации. Эффекты Фарадея, Поккельса, Керра, фотоупругости. Волоконно-оптические датчики в биохимических анализаторах. Примеры подобных ИП и датчиков с МХ                                                                                                                  | 1    | 2         |           | 4   | 7          |
| 8     | Датчики ионизирующего                                  | Датчики радиоактивности. Ионизационная камера. Счетчики                                                                                                                                                                                                                                                       | 1    | 2         |           | 4   | 7          |

|              |                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |           |           |           |           |            |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
|              | излучения. ХЧПТ.                                                                              | Гейгера-Мюллера.<br>Сцинтилляционные детекторы.<br>Дозиметры.<br>Примеры подобных ИП и датчиков с МХ                                                                                                                                                                                                                     |           |           |           |           |            |
| 9            | Электроды. Общие понятия. Классификация электродов. Способы наложения.                        | Электроды. Общие понятия. Классификация: по способу наложения, длительности применения, контактированию, роли в участии сьема биопотенциалов.<br>Примеры медицинских электродов. Способы наложения электродов. Резистивные, емкостные, резистивно-емкостные электроды. Уравнение Нернста.<br>Расчет потенциала электрода | 2         | 4         | 5         | 8         | 19         |
| 10           | Помехи и погрешности в электродах. Эквивалентные схемы.                                       | Виды помех. Поляризация. Стандартный потенциал электродов. Шумы движения. Способы уменьшения обобщенного сопротивления электрод - электролит. Эквивалентные схемы. Изучение влияния помех на результат измерений потенциалов сердца, мозга, мышц                                                                         | 1         | 2         |           | 4         | 7          |
| 11           | Материалы электродов для различных медицинских диагностических и терапевтических исследований | Общие требования. Серебряные - хлор - серебряные электроды. Игольчатые электроды для исследования активности мышц. Платиновые электроды. Стальные и оловянные многоразовые электроды для ЭКГ. Примеры подобных электродов.                                                                                               | 1         | 2         |           | 4         | 7          |
| 12           | Стеклянные электроды для измерения Ph                                                         | Стеклянные электроды для измерения Ph. Конструкция стеклянного электрода. Проведение измерений. Погрешности. Примеры других ph-измерителей.                                                                                                                                                                              | 1         | 2         | 5         | 4         | 12         |
| 13           | Стенды для оценки метрологических характеристик электродов                                    | Стенды для оценки поляризации электродов, шумов движения, электродного потенциала, обобщенного импеданса<br>Примеры подобных стендов с методикой проведения поверки электродов                                                                                                                                           | 1         | 2         |           | 4         | 7          |
| 14           | Микроэлектроды. Обратимость электродов                                                        | Конструкции и структурные схемы различных микроэлектродов. Эквивалентные схемы. Сопротивление микроэлектродов. Обратимость электродов. Примеры подобных электродов.                                                                                                                                                      | 1         | 2         |           | 4         | 7          |
| 15           | Заключительное занятие                                                                        | Заключительное занятие. Итоговая контрольная<br>Подготовка к экзамену                                                                                                                                                                                                                                                    | 1         | 2         |           | 4         | 7          |
| <b>Итого</b> |                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>18</b> | <b>36</b> | <b>18</b> | <b>72</b> | <b>144</b> |

### заочная форма обучения

| № п/п | Наименование темы                              | Содержание раздела                                                                                             | Лекц | Прак зан. | Лаб. зан. | СРС | Всего, час |
|-------|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|-----------|-----|------------|
| 1     | Введение. Измерительные преобразователи. Общие | Введение. Понятие измерительного преобразователя. Общая структурная схема. Классификация, виды ИП. Определение |      |           |           | 11  | 11         |

|   |                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |     |     |   |    |    |
|---|------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|---|----|----|
|   | понятия                                                                | датчиков, преобразующих элементов, обобщенного сопротивления                                                                                                                                                                                                                                                  |     |     |   |    |    |
| 2 | Метрологические характеристики ИП                                      | Погрешности ИП. Коэффициент преобразования. Чувствительность ИП. Время отклика. Полоса частот. АЧХ. ФЧХ. Определение МХ для выбранного примера ИП                                                                                                                                                             |     |     |   | 11 | 11 |
| 3 | Емкостные ИП.<br>Оптические ИП                                         | Емкостные ИП. Виды датчиков. Датчик близости, давления, уровнемер, толщиномер. Примеры подобных ИП и датчиков с МХ. Оптические ИП. Свойства света. Источники света. Фотодиоды. Виды фотодиодов, режимы работы. Фоторезисторы. Фототранзисторы. Примеры подобных ИП и датчиков с МХ. Применение фотодиодов.    | 0,5 | 0,5 | 2 | 11 | 14 |
| 4 | Резистивные ИП.<br>Тензорезисторы.                                     | Резистивные ИП. Реостаты. Тензорезисторы. Тензоэффект. Проволочные, фольговые тензодатчики. Полупроводниковые тензорезисторы. Примеры подобных ИП и датчиков с МХ                                                                                                                                             | 0,5 | 0,5 |   | 10 | 11 |
| 5 | Тепловые ИП.<br>Термические ИП.<br>Пьезоэлектрические ИП               | Тепловые ИП. Термометры сопротивления. Термисторы. Термические ИП. Термоэлектрические эффекты. Материалы для термопар. Примеры подобных ИП и датчиков с МХ. Пьезоэлектрические ИП. Пьезоэффект. Конструкция пьезоэлемента. Использование керамики в медицинских датчиках. Примеры подобных ИП и датчиков с МХ | 0,5 | 0,5 |   | 10 | 11 |
| 6 | Ультразвуковые ИП.                                                     | Ультразвуковые ИП. Виды УЗ волн. Характеристики ультразвука. Использование уз-датчиков в медицине. Доплеровский узи - аппарат измерения кровотока. Примеры подобных ИП и датчиков с МХ                                                                                                                        | 0,5 | 0,5 |   | 10 | 11 |
| 7 | Оптоволоконные ИП.                                                     | Оптоволокно в качестве носителя информации. Эффекты Фарадея, Поккельса, Керра, фотоупругости. Волоконно-оптические датчики в биохимических анализаторах. Примеры подобных ИП и датчиков с МХ                                                                                                                  | 0,5 | 0,5 |   | 10 | 11 |
| 8 | Датчики ионизирующего излучения. ХЧПТ.                                 | Датчики радиоактивности. Ионизационная камера. Счетчики Гейгера-Мюллера. Сцинтилляционные детекторы. Дозиметры. Примеры подобных ИП и датчиков с МХ                                                                                                                                                           | 0,5 | 0,5 |   | 10 | 11 |
| 9 | Электроды. Общие понятия. Классификация электродов. Способы наложения. | Электроды. Общие понятия. Классификация: по способу наложения, длительности применения, контактированию, роли в участии съема биопотенциалов. Примеры медицинских электродов. Способы наложения электродов.                                                                                                   | 1   |     |   | 10 | 11 |

|              |                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                  |          |          |          |            |            |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|------------|------------|
|              |                                                                                               | Резистивные, емкостные, резистивно-емкостные электроды. Уравнение Нернста. Расчет потенциала электрода                                                                                                                                           |          |          |          |            |            |
| 10           | Помехи и погрешности в электродах. Эквивалентные схемы.                                       | Виды помех. Поляризация. Стандартный потенциал электродов. Шумы движения. Способы уменьшения обобщенного сопротивления электрод - электролит. Эквивалентные схемы. Изучение влияния помех на результат измерений потенциалов сердца, мозга, мышц |          |          |          | 11         | 11         |
| 11           | Материалы электродов для различных медицинских диагностических и терапевтических исследований | Общие требования. Серебряные - хлор - серебряные электроды. Игольчатые электроды для исследования активности мышц. Платиновые электроды. Стальные и оловянные многоразовые электроды для ЭКГ. Примеры подобных электродов.                       | 1        |          |          | 10         | 11         |
| 12           | Стеклянные электроды для измерения Ph                                                         | Стеклянные электроды для измерения Ph. Конструкция стеклянного электрода. Проведение измерений. Погрешности. Примеры других ph-измерителей.                                                                                                      |          |          | 2        | 12         | 14         |
| 13           | Стенды для оценки метрологических характеристик электродов                                    | Стенды для оценки поляризации электродов, шумов движения, электродного потенциала, обобщенного импеданса. Примеры подобных стендов с методикой проведения поверки электродов                                                                     |          |          |          | 11         | 11         |
| 14           | Микроэлектроды. Обратимость электродов                                                        | Конструкции и структурные схемы различных микроэлектродов. Эквивалентные схемы. Сопротивление микроэлектродов. Обратимость электродов. Примеры подобных электродов.                                                                              |          |          |          | 11         | 11         |
| 15           | Заключительное занятие                                                                        | Заключительное занятие. Итоговая контрольная Подготовка к экзамену                                                                                                                                                                               |          |          |          | 11         | 11         |
| <b>Итого</b> |                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>4</b> | <b>4</b> | <b>4</b> | <b>159</b> | <b>171</b> |

## 5.2 Перечень лабораторных работ

### Очная форма обучения

Лабораторная работа № 1 Исследование фотоэлектрических измерительных преобразователей.

Лабораторная работа № 2 Определение параметров среды с помощью различных ИП и датчиков: температуры, влажности, освещенности, уровня шума.

Лабораторные работы № 3 Измерение сопротивления кожного покрова. Определение пульса и температуры тела. Изучения электродов для ЭКГ, ЭЭГ, реографии.

Лабораторная работа № 4 Изучение методики рН-метрии и характеристик стеклянных электродов.

### Заочная форма обучения

Лабораторная работа № 1.1 Исследование фотоэлектрических измерительных преобразователей.

Лабораторная работа № 1.2 Изучение методики рН-метрии и характеристик стеклянных электродов.

## 6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

**7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания**

### 7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

| Компетенция | Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции                                                                                                                                                               | Критерии оценивания                                                                                                                                                                                                                                                                            | Аттестован                                                    | Не аттестован                                                   |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| ПК-2        | знать основные виды, конструкции и характеристики электродов для медико-биологических исследований                                                                                                                              | Контрольные работы в ходе семестра. Защита лабораторных работ. Тестирование знаний теоретического материала. Активная работа на практических занятиях                                                                                                                                          | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
|             | уметь выбирать типы ИП или Э в соответствии с методами и задачами проведения медико-биологических исследований, рассчитывать различные характеристики электродов, определять необходимые технические характеристики для датчика | Подготовка к практическим работам. Выполнение практических и лабораторных работ. Контрольные работы в ходе семестра. Решение задач. Определение необходимых типов датчиков и электродов в соответствии с задачами. Оценка умения рассчитывать параметры и характеристики датчиков и электродов | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
|             | владеть методами определения характеристик электродов и ИП, методами расчета эквивалентных схем датчиков и преобразователей                                                                                                     | Контрольные работы в ходе семестра. Защита лабораторных работ. Оценка владения методами определения характеристик электродов и ИП, методами расчета эквивалентных схем датчиков и преобразователей                                                                                             | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
| ПК-3        | знать основные физические принципы, используемые для                                                                                                                                                                            | Контрольные работы в ходе семестра. Защита лабораторных работ.                                                                                                                                                                                                                                 | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |



|  |                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                           |                                                               |                                                                 |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
|  | построения первичных ИП; вопросы согласования ИП и Э с электронными устройствами усиления и обработки сигналов                      | Тестирование знаний теоретического материала. Активная работа на практических занятиях                                                                                                                                                    |                                                               | й в рабочих программах                                          |
|  | уметь выбирать наиболее эффективный бесконтактный метод съема медико-биологической информации                                       | Подготовка к практическим работам. Выполнение практических и лабораторных работ. Контрольные работы в ходе семестра. Решение задач. Оценка умения выбирать наиболее эффективный бесконтактный метод съема медико-биологической информации | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
|  | владеть методами выбора отечественных и зарубежных фирм, разрабатывающих и выпускающих ИП и Э для медико-биологических исследований | Подготовка к практическим работам. Защита лабораторных работ. Оценка владения методами выбора отечественных и зарубежных фирм, разрабатывающих и выпускающих ИП и Э для медико-биологических исследований                                 | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |

### 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 6 семестре для очной формы обучения, 8 семестре для заочной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;  
«хорошо»;  
«удовлетворительно»;  
«неудовлетворительно».

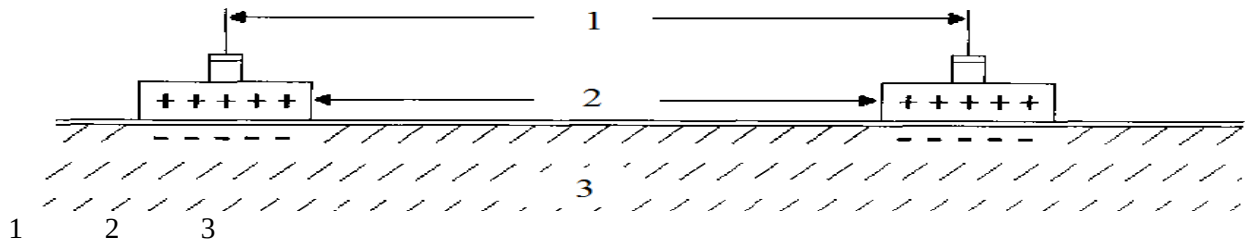
| Комп е- тенци я | Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции                                                            | Критерии оценивания                    | Отлично                                                | Хорошо                                                                                | Удовл.                                                   | Неудовл.                             |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| ПК-2            | знать основные виды, конструкции и характеристики электродов для медико-биологических исследований                           | Тест                                   | Выполнение теста на 90-100%                            | Выполнение теста на 80- 90%                                                           | Выполнение теста на 70- 80%                              | В тесте менее 70% правильных ответов |
|                 | уметь выбирать типы ИП или Э в соответствии с методами и задачами проведения медико-биологических исследований, рассчитывать | Решение стандартных практических задач | Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы | Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах | Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач | Задачи не решены                     |

|      |                                                                                                                                                                     |                                                          |                                                        |                                                                                       |                                                          |                                      |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------|
|      | различные характеристики электродов, определять необходимые технические характеристики для датчика                                                                  |                                                          |                                                        |                                                                                       |                                                          |                                      |
|      | владеть методами определения характеристик электродов и ИП, методами расчета эквивалентных схем датчиков и преобразователей                                         | Решение прикладных задач в конкретной предметной области | Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы | Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах | Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач | Задачи не решены                     |
| ПК-3 | знать основные физические принципы, используемые для построения первичных ИП; вопросы согласования ИП и Э с электронными устройствами усиления и обработки сигналов | Тест                                                     | Выполнение теста на 90-100%                            | Выполнение теста на 80-90%                                                            | Выполнение теста на 70-80%                               | В тесте менее 70% правильных ответов |
|      | уметь выбирать наиболее эффективный бесконтактный метод съема медико-биологической информации                                                                       | Решение стандартных практических задач                   | Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы | Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах | Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач | Задачи не решены                     |
|      | владеть методами выбора отечественных и зарубежных фирм, разрабатывающих и выпускающих ИП и Э для медико-биологических исследований                                 | Решение прикладных задач в конкретной предметной области | Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы | Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах | Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач | Задачи не решены                     |

## 7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

### 7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1) Какой цифрой на рисунке отмечен электролит



2) Какого электрода нет в классификации видов электродов в зависимости от особенностей их участия в съеме биопотенциалов. 1 Отводящий 2 Проводящий 3 Потенциальный 4 Нулевой 5 Нейтральный

3) Чем определяется сложность регистрации электрофизиол-й инф-ции? 1 Подвижностью структур БО, с которого снимается сигнал 2 Малыми амплитудами полезного сигнала и большим уровнем помех 3 Возрастанием сопротивления при уменьш-и частоты

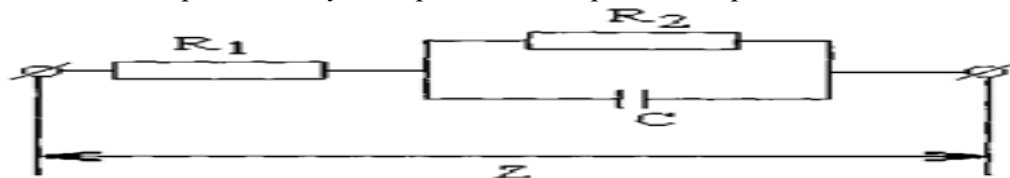
4) Какой электрод вводится в ткани при помощи иголки? 1 Стержневой 2 Плоский 3 Дистальный 4 Проволочный

5) Вписать: \_\_\_\_\_ электрод – это многополюсный электрод, токосъемные поверхности которого расположены на одной реальной или воображаемой поверхности и имеющие разные центры

6) Поляризация электродов – это ... 1 Изменение электродных стационарных потенциалов и соответств-х им межэлектр-х напряж-й при замыкании электродных цепей 2 Процесс распада молекул электрода на ионы при прохожд-и через него электрич-го тока 3 Увелич-е конц-ции носителей заряда у поверхности раздела электрод - электролит вследствие нескомпенсированности сил межмолек-го взаимодействия на разделе этих сред. 4 Это обратимая химич-я реакция, при которой происходит обмен ионами между твердым вещ-м и раствором электролита

7) Чем определяется равновесный потенциал электрода? 1 Правилем Вант-Гоффа 2 Уравнением Нернста 3 Законом Гесса 4 Эффектом Пельтье 5 Уравнением Фроста

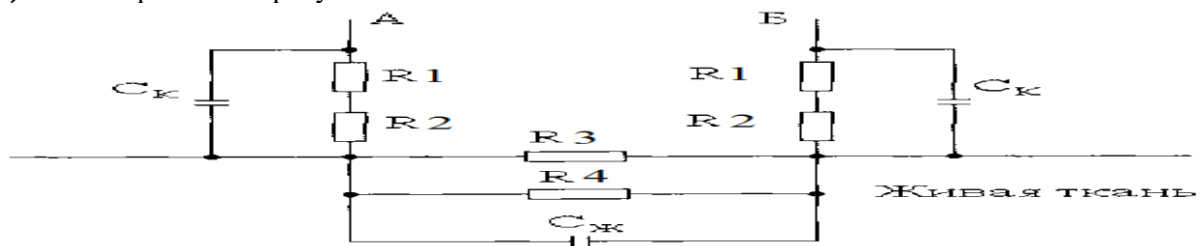
8) На рис движение зарядов между электродом и электролитом отражает



1 R1 2 R2 3 R2 и C 4 R1 и C

9) Какие электроды не пригодны для съема электроэнцефал-мы? 1 Емкостные 2 Резистивные 3 Мостиковые

10) Что изображено на рисунке?



1 Эквив-я схема электрода 2 Эквив-я схема общего импеданса электрод-БО 3 Эквив-я модель БО 4 Эквив-я схема микроэлектрода

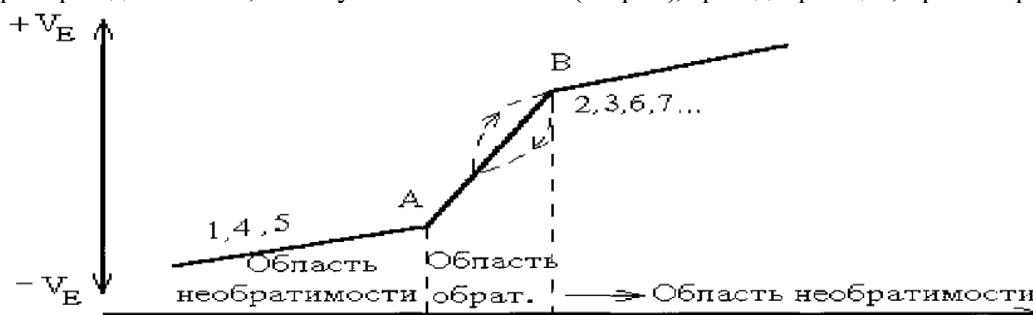
11) Где на схеме изображено сопротивление эпидермиса под электродом? 1 R1 2 R2 3 R3 4 R4

12) Какие электроды используют для отведения биопотенциалов мышц (ЭМГ)? 1 Игольчатые 2 Стержневые 3 Спиральные 4 Дисковые

13) Поверхностные электроды для снятия ... обычно представляют собой небольшие диски диаметром около семи миллиметров или маленькие гранулы (шарики) припоя, которые закрепляются на обезжиренной поверхности кожи 1 ЭМГ 2 ЭЭГ 3 ЭКГ 4 КГР

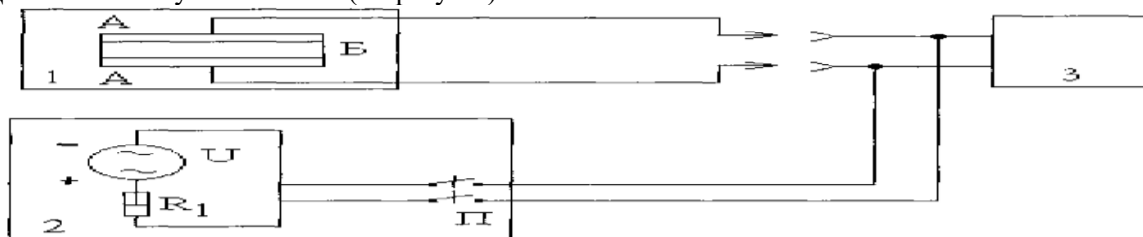
14) Почему электроды Ag-AgCl хранят в темноте? 1 Кванты света вызывают внутренний фотоэффект, что приводит к искажению сигнала при дальнейшей эксплуатации 2 Серебро окисляется на свету 3 При длительном пребывании на свету электроды утрачивают свойства обратимости 4 Хлористое серебро разлагается на свету

- 17) При переходе в область, лежащую слева от точки А (см. рис.), проходят реакции, в результате которых

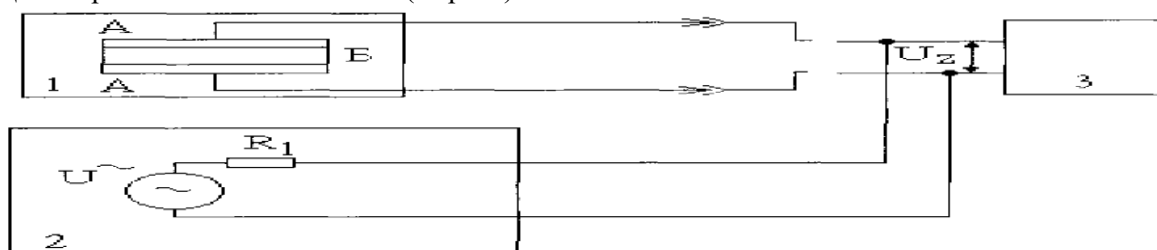


- 18 Изменение кислотности среды, окружающей электрод, что может привести к повреждению поверхности электрода. 2 Может произойти повреждение поверхности электрода. 3 Изменение кислотности среды, окружающей электрод, что может привести к повреждению тканей. 4 Может произойти повреждение тканей.

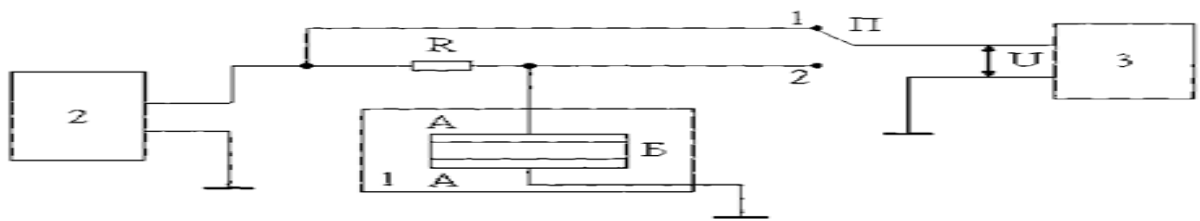
**4) Для чего используется эта схема (см. рисунок)?**



- 5) Для измерения чего испол-ся эта схема (см. рис-к)?



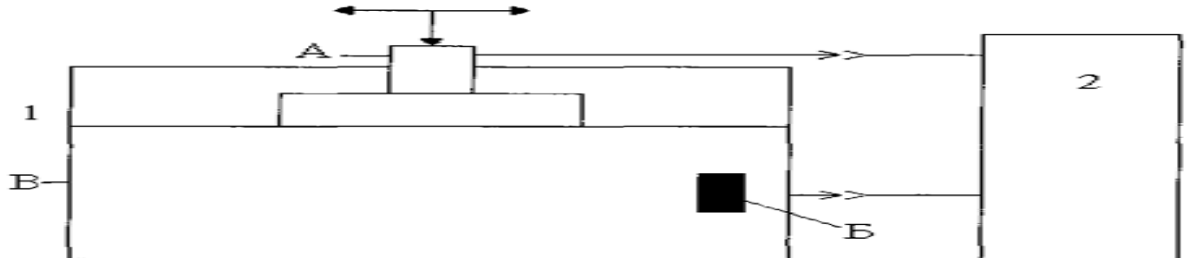
- 6) Для измерения чего испол-ся эта схема (см. рис-к)?



1 импеданса электрод-электролит 2 импеданса электродов 3 напряж-я поляриз-и 4 электромехан-го шума

7) Где на схеме звуковой генератор? 1 2 3 Б А П R

8) Для измерения чего испол-ся эта схема (см. рис-к)?



1 импеданса электрод-электролит 2 импеданса электродов 3 напряж-я поляриз-и 4 электромехан-го шума

9) Какая величина регистрируется в ходе измерения параметров электромеханического шума? 1 Сила тока 2 Уровень шума 3 Напряжение 4 Сопротивление

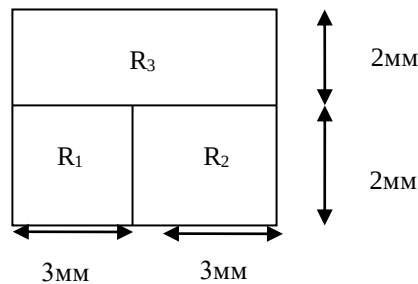
10) При каких параметрах производят измерение импеданса электрод-электролит? 1 При напряж-и  $U_1=5$  В на частоте 50 кГц 2 При напряж-и  $U_1=5$  В на частоте 50 Гц 3 При напряж-и  $U_1=1$  мВ на частоте 20 кГц 4 При напряж-и  $U_1=1$  В на частоте 20 Гц

### 7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

№1

Определить длину проводника, если его сопротивление равно 0,4 Ом, удельное сопротивление никеля  $\rho = 0,068$  мкОм/м, ширина ленты 1 см, толщина ленты 1 мм

Пленочный резистор состоит из 3-х участков имеющих различное сопротивление квадратов пленки, сопротивление 1 мм<sup>2</sup> для первого квадрата = 10 Ом, второго квадрата 20 Ом, третьего квадрата 30 Ом 3 мм



№3

Потенциометр с номинальным сопротивлением  $R_0$  используется в качестве датчика смещения. Проволока намотана на каркас высотой  $H$  и толщиной  $b$ . Число витков  $N$ . Удельное сопротивление материала  $\rho$ . Известно, что сопротивление зависит линейно от перемещения. Определить диаметр проволоки и длину витка.

№4

Сопротивление емкостного датчика = 10 МОм,  $S=1$  см<sup>2</sup>. Определить расстояние между обкладками, чтобы датчик пропускал частоты выше 20 кГц.

№5

Металлический микроэлектрод имеет концевой участок, который можно считать цилиндрическим. Сам металл имеет диаметр 1 мкм, длина 3 мм, удельное сопротивление меди  $\rho = 1,72 \cdot 10^{-8}$  Ом/м. Определить сопротивление.

№6

Последовательно соединенные нихромовая и медная проволоки, удельное сопротивление меди  $\rho = 1,72 \cdot 10^{-8}$  Ом/м, удельное сопротивление нихрома  $\rho = 1,12 \cdot 10^{-8}$  Ом/м. Определить отношение количества теплоты, выделенное на проводниках и отношение падения напряжения.

#### №7

Катушка, изготовленная из меди имеет сопротивление 10,8 Ом, ее масса = 0,3кг. Определить длину и диаметр катушки. Удельное сопротивление меди  $\rho = 1,72 \cdot 10^{-8}$  Ом/м, плотность меди 8500 кг/м<sup>3</sup>.

#### №8

Коаксиальный конденсатор имеет емкость  $2,4 \cdot 10^{-12}$  Ф, его длина 3см, наружный радиус 12мм. Необходимо определить внутренний радиус.

#### №9

При измерении толщины ленты с помощью емкостного датчика с расстоянием между обкладками в 1мм он показал величину толщины ленты равную 0,2мм. Определить из какого материала изготовлена лента-диэлектрик, если будем считать, что между обкладками находится воздух (вакуум), а емкость конденсатора с лентой =  $1,967 \cdot 10^{-11}$  Ф. Площадь обкладок=20см<sup>2</sup>.

#### №10

Известно, что при температуре 100°C ЭДС термопары железо-платина равна +1,8мВ, а ЭДС термопары никель-платина =-1,5мВ. Чему равна ЭДС термопары железо-никель при температуре 100 °C? Опорная температура во всех случаях равна 0°C.

#### №11

Известно, что при температуре 100°C ЭДС термопары медь-копель равна +4,75мВ, а ЭДС термопары хромель-копель =+6,95мВ. Чему равна ЭДС термопары хромель-медь при температуре 100 °C? Опорная температура во всех случаях равна 0°C.

#### №12

При измерении температуры с помощью термопары вольтметр показал 30,415 мВ. Чему равна t°C опорного спая, если измеряемая температура =750°C. При решении используйте градуировочную таблицу

|             |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| T,°C        | 0      | 20     | 50     | 100    | 150    | 200    | 250    | 300    | 350    | 400    | 450    |
| E(T,0°C) мВ | 0      | 0,798  | 2,023  | 4,096  | 6,138  | 8,138  | 10,153 | 12,209 | 14,298 | 16,397 | 18,516 |
| T,°C        | 500    | 550    | 600    | 650    | 700    | 750    | 800    | 850    | 900    | 950    | 1000   |
| E(T,0°C) мВ | 20,644 | 22,776 | 24,905 | 27,025 | 29,129 | 31,123 | 33,275 | 35,313 | 37,326 | 39,314 | 41,276 |

#### №13

При измерении температуры опорный спай термопары был стабилизирован на уровне 100°C, измеряемая температура=900°C. Какую величину ЭДС покажет вольтметр? При решении используйте градуировочную таблицу

|             |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| T,°C        | 0      | 20     | 50     | 100    | 150    | 200    | 250    | 300    | 350    | 400    | 450    |
| E(T,0°C) мВ | 0      | 0,798  | 2,023  | 4,096  | 6,138  | 8,138  | 10,153 | 12,209 | 14,298 | 16,397 | 18,516 |
| T,°C        | 500    | 550    | 600    | 650    | 700    | 750    | 800    | 850    | 900    | 950    | 1000   |
| E(T,0°C) мВ | 20,644 | 22,776 | 24,905 | 27,025 | 29,129 | 31,123 | 33,275 | 35,313 | 37,326 | 39,314 | 41,276 |

#### №14

При измерении температуры в печи с помощью термопары вольтметр показал 7,82мВ. Температура холодного спая термопары была стабилизирована на 100°C. Пользуясь таблицей определить температуру в печи.

|             |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| T,°C        | 0 | 20   | 100  | 200  | 300  | 400  | 500  | 600  | 700  | 800  | 900  | 1000 |
| E(T,0°C) мВ | 0 | 0,11 | 0,65 | 1,44 | 2,33 | 3,25 | 4,23 | 5,24 | 6,27 | 7,34 | 8,47 | 9,61 |

#### №15

Пользуясь эквивалентной схемой пьезодатчика определите его выходное напряжение при действующей на него силе F=10Н. Параметры пьезопреобразователя: сопротивление утечки преобразователя  $R_d = 10^{11}$  Ом, площадь пластин 100 мм<sup>2</sup>. Толщина пьезоматериала 1мм, пьезомодуль  $d = 2 \cdot 10^{-12}$  Кл/Н. Произведение  $\epsilon\epsilon_0 = 5 \cdot 10^{-9}$  Ф/м.

### 7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом

### **7.2.5 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач**

1. Понятие измерительного преобразователя. Расчет переходных и передаточных характеристик.
2. Метрологические характеристики ИП. Расчет погрешностей, амплитудных, фазовых и частотных характеристик, чувствительности.
3. Емкостные ИП. Емкостные ИП. Решение задач.
4. Оптические ИП. Оптические ИП. Решение задач.
5. Резистивные ИП. Тензорезисторы. Резистивные ИП. Решение задач.
6. Тепловые ИП. Термические ИП. Тепловые ИП. Термические ИП. Решение задач.
7. Пьезоэлектрические ИП. Тепловые ИП. Термические ИП. Решение задач.
8. Ультразвуковые ИП. Ультразвуковые ИП. Решение задач.
9. Оптоволоконные ИП. Оптоволоконные ИП. Решение задач.
10. Датчики ионизирующего излучения. ХЧПТ. Датчики ионизирующего излучения. ХЧПТ. Решение задач.
11. Электроды. Общие понятия. Классификация электродов. Способы наложения. Электроды в медицине. Решение задач.
12. Способы наложения электродов. Резистивные и емкостные электроды. Обобщенное сопротивление электрод-электролит. Решение задач.
13. Помехи и погрешности в электродах. Эквивалентные схемы. Определение напряжения поляризации и поляризующего тока. Анализ помех в электродах. Решение задач.
14. Материалы электродов для различных медицинских диагностических и терапевтических исследований. Решение задач на уравнение Нернста.
15. Стекланные электроды для измерения Ph. Ph-метры. Решение задач.
16. Стенды для оценки метрологических характеристик электродов. Определение напряжения поляризации, импеданса и шумов электродов. Решение задач.
17. Микроэлектроды. Обратимость электродов. Зоны обратимости. Продукты распада. Реакции отщепления. Решение задач.
18. Заключительное занятие. Решение задач по всем темам

### **7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации**

Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 40 вопросов и 6 задач. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ. Максимальное количество набранных баллов – 100.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 50 баллов.
2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 51 до 69 баллов
3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 70 до 84 баллов.
4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 85 до 100 баллов.)

### 7.2.7 Паспорт оценочных материалов

| № п/п | Контролируемые разделы (темы) дисциплины                                                      | Код контролируемой компетенции | Наименование оценочного средства                                            |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 1     | Введение.<br>Измерительные преобразователи.<br>Общие понятия                                  | ПК-2, ПК-3                     | Тест, защита и ответы по презентациям и лабораторным работам, решение задач |
| 2     | Метрологические характеристики ИП                                                             | ПК-2, ПК-3                     | Тест, защита и ответы по презентациям и лабораторным работам, решение задач |
| 3     | Емкостные ИП.<br>Оптические ИП                                                                | ПК-2, ПК-3                     | Тест, защита и ответы по презентациям и лабораторным работам, решение задач |
| 4     | Резистивные ИП.<br>Тензорезисторы.                                                            | ПК-2, ПК-3                     | Тест, защита и ответы по презентациям и лабораторным работам, решение задач |
| 5     | Тепловые ИП.<br>Термические ИП.<br>Пьезоэлектрические ИП                                      | ПК-2, ПК-3                     | Тест, защита и ответы по презентациям и лабораторным работам, решение задач |
| 6     | Ультразвуковые ИП.                                                                            | ПК-2, ПК-3                     | Тест, защита и ответы по презентациям и лабораторным работам, решение задач |
| 7     | Оптоволоконные ИП.                                                                            | ПК-2, ПК-3                     | Тест, защита и ответы по презентациям и лабораторным работам, решение задач |
| 8     | Датчики ионизирующего излучения. ХЧПТ.                                                        | ПК-2, ПК-3                     | Тест, защита и ответы по презентациям и лабораторным работам, решение задач |
| 9     | Электроды. Общие понятия.<br>Классификация электродов. Способы наложения.                     | ПК-2, ПК-3                     | Тест, защита и ответы по презентациям и лабораторным работам, решение задач |
| 10    | Помехи и погрешности в электродах.<br>Эквивалентные схемы.                                    | ПК-2, ПК-3                     | Тест, защита и ответы по презентациям и лабораторным работам, решение задач |
| 11    | Материалы электродов для различных медицинских диагностических и терапевтических исследований | ПК-2, ПК-3                     | Тест, защита и ответы по презентациям и лабораторным работам, решение задач |
| 12    | Стеклянные электроды для измерения Ph                                                         | ПК-2, ПК-3                     | Тест, защита и ответы по презентациям и лабораторным работам, решение задач |
| 13    | Стенды для оценки метрологических характеристик электродов                                    | ПК-2, ПК-3                     | Тест, защита и ответы по презентациям и лабораторным работам, решение задач |
| 14    | Микроэлектроды.<br>Обратимость электродов                                                     | ПК-2, ПК-3                     | Тест, защита и ответы по презентациям и лабораторным работам, решение задач |
| 15    | Заключительное занятие                                                                        | ПК-2, ПК-3                     | Тест, защита и ответы по презентациям и лабораторным работам, решение задач |



### **7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

## **8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)**

### **8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

1. Родионов О.В., Коровин Е.Н., Журова О.В. Измерительные преобразователи, электроды и биосенсоры: учебное пособие. Воронеж: ВГТУ., 2007.

2. Родионов О.В., Коровин Е.Н. Измерительные преобразователи и электроды: учебное пособие. Воронеж: ВГТУ., 2003.

3. Илясов Л.В. Биомедицинская измерительная техника : Учеб. пособие. – М. : Высшая школа, 2007.

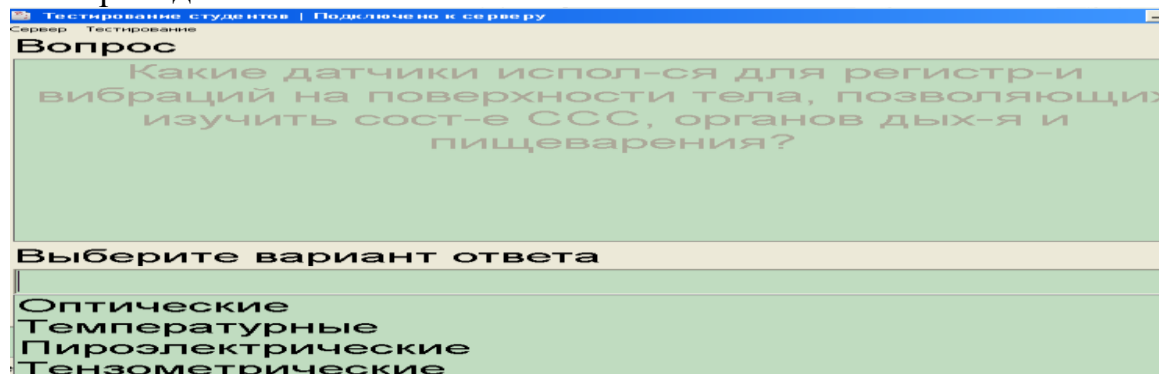
4. Методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Измерительные преобразователи и электроды» по направлению подготовки бакалавров 12.03.04 «Биотехнические системы и технологии» дневной формы обучения. ЛР№4 ИПиЭ Параметры среды, ЛР№1 ИПиЭ Фотодиоды, 129-2017.

5. Измерительные преобразователи и электроды: методические указания к выполнению практических для студентов направления 12.03.04 «Биотехнические системы и технологии» профиль «Биотехнические и медицинские аппараты и системы» очной формы обучения/ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост. В. Н. Коровин. Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2020. 27 с.

6. Методические указания к выполнению лабораторной работы № 1 по дисциплине «Измерительные преобразователи и электроды» для студентов направления 12.03.04 «Биотехнические системы и технологии», направленности «Биотехнические и медицинские аппараты и системы» очной формы обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический

**8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:**

Программа для проведения тестирования написана на кафедре. Скриншот приведен ниже



## **9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

Компьютерный класс, оснащенный персональными компьютерами с установленными на них программным обеспечением для проведения тестирования с возможностью выхода в ИТС «Интернет» для подготовки презентаций, стеклянный рН метр, стенд для изучения параметров фотодиодов, измеритель параметров среды, измеритель сопротивления кожи человека.

## **10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

По дисциплине «Измерительные преобразователи и электроды» читаются лекции, проводятся практические занятия и лабораторные работы.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические работы выполняются в аудиториях студентами, разделенными на подгруппы с заранее подготовленными презентациями и решенными задачами в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

| Вид учебных занятий | Деятельность студента                                                                                                                                                                                                  |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Лекция              | Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с |

|                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                       | помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.                                                                                                                                                                 |
| Практическое занятие                  | Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.                                                                                                                                                                                                                                           |
| Лабораторная работа                   | Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.                                                                      |
| Самостоятельная работа                | Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие:<br>- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;<br>- выполнение домашних заданий и расчетов;<br>- работа над темами для самостоятельного изучения;<br>- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;<br>- подготовка к промежуточной аттестации. |
| Подготовка к промежуточной аттестации | Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед экзаменом, экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.                                                                                                                                                                                                          |