

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

\_\_\_\_\_ Знаменский Е.А.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ МЕХАТРОНИКА

|  |   |
|--|---|
| Направление/специальность подготовки       | 17.05.02 Стрелково-пушечное, артиллерийское и ракетное оружие |
| Специализация/профиль/программа подготовки | Стрелково-пушечное вооружение                                 |
| Уровень высшего образования                | Специалитет   |
| Форма обучения                             | Очная   |
| Факультет                                  | Е Оружие и системы вооружения                                 |
| Выпускающая кафедра                        | Е1 СТРЕЛКОВО-ПУШЕЧНОЕ, АРТИЛЛЕРИЙСКОЕ И РАКЕТНОЕ ОРУЖИЕ       |
| Кафедра-разработчик рабочей программы      | Е6 АВТОНОМНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ            |

| КУРС | СЕМЕСТР | ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ<br>(ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ) | ЧАСЫ (по наличию видов занятий) |                    |        |                           |                         |                        |                 |                 |                               | ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО<br>КОНТРОЛЯ |
|------|---------|---|---------------------------------|--------------------|--------|---------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------------|--------------------------------|
|      |         |   | ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ              | АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ |        |                           |                         | САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА |                 |                 |                               |                                |
|      |         |   |                                 | ВСЕГО              | ЛЕКЦИИ | ЛАБОРАТОРНЫЙ<br>ПРАКТИКУМ | ПРАКТИЧЕСКИЕ<br>ЗАНЯТИЯ | ВСЕГО                  | КУРСОВОЙ ПРОЕКТ | КУРСОВАЯ РАБОТА | ДРУГИЕ ВИДЫ<br>САМОСТ. РАБОТЫ |                                |
| 4    | 8       | 3                                       | 108                             | 51                 | 34     | 17                        | 0                       | 57                     | 0               | 0               | 57                            | зач.                           |

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)**

**17.05.02 Стрелково-пушечное, артиллерийское и ракетное оружие**

год набора группы: 2025

Программу составил:

Кафедра Е6 АВТОНОМНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ И  
УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

Карпов Сергей Анатольевич, к.т.н., доцент, доцент

Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

рабочей программы **Е6 АВТОНОМНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ**

Заведующий кафедрой Оськин И.А., д.т.н.

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

**Е1 СТРЕЛКОВО-ПУШЕЧНОЕ, АРТИЛЛЕРИЙСКОЕ И РАКЕТНОЕ ОРУЖИЕ**

Заведующий кафедрой Афанасьев А.С., д.т.н., доц.

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ МЕХАТРОНИКА**

## **Разделы рабочей программы**

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

## **Приложения к рабочей программе дисциплины**

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПК-2 — Способен применять знания методов проектирования автоматического оружия и всех элементов стрелково-пушечного вооружения

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ПК-2**

*знания:*

технических характеристик и конструктивных особенностей мехатронных систем, в том числе в части измерительных преобразователей и датчиков (сенсоров), применяемых в составе информационных и управляющих систем стрелково-пушечного, артиллерийского, ракетного оружия;

*умения:*

выполнять расчет основных параметров информационно-измерительных и сенсорных модулей информационных и управляющих систем стрелково-пушечного, артиллерийского, ракетного оружия;

*навыки:*

осуществлять выбор физических принципов построения конструктивной реализации сенсорного модуля информационной и управляющей системы исходя из требований, предъявляемых в техническом задании на проектирование.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **МЕХАТРОНИКА** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *17.05.02 Стрелково-пушечное, артиллерийское и ракетное оружие*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, ФИЗИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА, МЕТРОЛОГИЯ И ОСНОВЫ ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ, ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УСТРОЙСТВА И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СТРЕЛКОВО-ПУШЕЧНОГО ВООРУЖЕНИЯ, ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН.**

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ИСПЫТАНИЯ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ, МЕХАНИЗМЫ И АВТОМАТИКА ОРУЖИЯ, СТЕНДОВОЕ И ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ.**

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-2 — Способен самостоятельно применять приобретенные математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения инженерных задач
- ОПК-7 — Способен анализировать текущее состояние и тенденции развития оружия и систем вооружения
- ПК\*-7 — Способен изготавливать на токарных станках простые детали с точностью размеров по 10 - 14-му качеству, детали средней сложности с точностью по 12 - 14-му качеству

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

| КУРС                       | СЕМЕСТР | Наименование разделов и дидактических единиц  | ВСЕГО | Аудиторные занятия в контактной форме |        |                        | Самостоятельная работа студентов | Формируемая компетенция, % |
|----------------------------|---------|---|-------|---------------------------------------|--------|------------------------|----------------------------------|----------------------------|
|                            |         |   |       | ВСЕГО                                 | Лекции | Лабораторный практикум |                                  | ПК-2                       |
| 4                          | 8       | <b>Раздел 1. Введение.</b> 1.1 Понятие о мехатронике, предпосылки развития мехатроники и области применения мехатронных систем. 1.2 Концепция построения мехатронных систем. 1.3 Определения и терминология мехатроники. 1.4 Структура и принципы интеграции мехатронных систем. 1.5 Мехатронные модули. 1.6 Значение первичных измерительных преобразователей.   | 5     | 2                                     | 2      | 0                      | 3                                | 10                         |
| 4                          | 8       | <b>Раздел 2. Общие вопросы измерения неэлектрических величин.</b> 2.1 Общие сведения и основные понятия информационно-измерительной техники. 2.2 Электрические измерения неэлектрических величин. 2.3 Методы измерительных преобразований. 2.4 Общие требования к измерительным преобразователям-датчикам. 2.5 Основные параметры измерительных преобразователей-датчиков. Характеристики датчиков. 2.6 Конструктивные особенности измерительных преобразователей-датчиков. | 10    | 4                                     | 4      | 0                      | 6                                | 15                         |
| 4                          | 8       | <b>Раздел 3. Динамические свойства измерительных цепей.</b> 3.1 Понятие о динамических измерениях. 3.2 Динамические уравнения измерительного преобразователя. 3.3 Частотные характеристики измерительных преобразователей. 3.4 Передаточная функция измерительного преобразователя.   | 14    | 4                                     | 4      | 0                      | 10                               | 20                         |
| 4                          | 8       | <b>Раздел 4. Механические измерительные преобразователи.</b> 4.1 Механические измерительные преобразователи инерционного действия, сейсмические датчики. 4.2 Струнные датчики. 4.3 Термобиметаллические чувствительные элементы.  | 18    | 8                                     | 8      | 0                      | 10                               | 15                         |
| 4                          | 8       | <b>Раздел 5. Параметрические преобразователи.</b> 5.1 Резистивные преобразователи. 5.2 Емкостные преобразователи. 5.3 Индуктивные преобразователи. 5.4 Микромеханические преобразователи.   | 26    | 16                                    | 8      | 8                      | 10                               | 20                         |
| 4                          | 8       | <b>Раздел 6. Обратимые измерительные преобразователи.</b> 6.1 Электродинамические преобразователи. 6.2 Электростатические преобразователи. 6.3 Пьезоэлектрические преобразователи. 6.4 Электрохимические преобразователи. 6.5 Магнитомеханический преобразователь. 6.6 Термоэлектрический преобразователь.  | 35    | 17                                    | 8      | 9                      | 18                               | 20                         |
| <b>Всего за 8 семестр</b>  |         |   | 108   | 51                                    | 34     | 17                     | 57                               | 100                        |
| <b>Всего по дисциплине</b> |         |   | 108   | 51                                    | 34     | 17                     | 57                               | 100                        |

#### 3.2. Лабораторный практикум

| №<br>п/п           | Номер и наименование раздела<br>дисциплины         | Тема лабораторного практикума                                  | Объем, ауд.<br>часов |
|--------------------|--|--|----------------------|
| 1                  | Раздел 5. Параметрические преобразователи.         | Исследование потенциометрических преобразователей перемещения. | 2                    |
| 2                  |  | Исследование емкостных преобразователей перемещения.           | 2                    |
| 3                  |  | Исследование индуктивных преобразователей перемещения.         | 4                    |
| 4                  | Раздел 6. Обратимые измерительные преобразователи. | Определение основных характеристик пьезоакселерометра.         | 2                    |
| 5                  |  | Исследование измерительного преобразователя температуры.       | 4                    |
| 6                  |  | Исследование пьезокерамического чувствительного элемента.      | 3                    |
| Всего за 8 семестр |  |  | 17                   |

#### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

| № п/п | Номер и наименование раздела дисциплины                    | Содержание учебного задания  | Объем, часов |
|-------|--|--|--------------|
| 1     | Раздел 1. Введение.  | Изучение учебного материала лекционных занятий (по личному конспекту лекций студента) с привлечением рекомендованной литературы. | 3            |
| 2     | Раздел 2. Общие вопросы измерения неэлектрических величин. | Изучение учебного материала лекционных занятий (по личному конспекту лекций студента) с привлечением рекомендованной литературы. | 4            |
| 3     |  | Подготовка к коллоквиуму   | 2            |

|                    |   |  |    |
|--------------------|---|--|----|
| 4                  | Раздел 3. Динамические свойства измерительных цепей.  | Изучение учебного материала лекционных занятий (по личному конспекту лекций студента) с привлечением рекомендованной литературы. | 4  |
| 5                  |   | Подготовка к практическим занятиям с привлечением рекомендованной литературы.  | 3  |
| 6                  |   | Подготовка к коллоквиуму.  | 3  |
| 7                  | Раздел 4. Механические измерительные преобразователи. | Изучение учебного материала лекционных занятий (по личному конспекту лекций студента) с привлечением рекомендованной литературы. | 4  |
| 8                  |   | Подготовка к практическим занятиям с привлечением рекомендованной литературы.  | 2  |
| 9                  |   | Подготовка к коллоквиуму.  | 4  |
| 10                 | Раздел 5. Параметрические преобразователи.            | Подготовка к практическим занятиям с привлечением рекомендованной литературы.  | 2  |
| 11                 |   | Изучение учебного материала лекционных занятий (по личному конспекту лекций студента) с привлечением рекомендованной литературы. | 5  |
| 12                 |   | Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ.   | 3  |
| 13                 | Раздел 6. Обратимые измерительные преобразователи.    | Подготовка к практическим занятиям с привлечением рекомендованной литературы.  | 2  |
| 14                 |   | Изучение учебного материала лекционных занятий (по личному конспекту лекций студента) с привлечением рекомендованной литературы. | 4  |
| 15                 |   | Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ.   | 4  |
| 16                 |   | Подготовка к зачету.   | 8  |
| Всего за 8 семестр |   |  | 57 |

#### 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

| СЕМЕСТР | НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА |   |     |    |   |    |     |    |   |    |         |      |    |    |         |    |                 |
|---------|-----------------|---|-----|----|---|----|-----|----|---|----|---------|------|----|----|---------|----|-----------------|
|         | 1               | 2 | 3   | 4  | 5 | 6  | 7   | 8  | 9 | 10 | 11      | 12   | 13 | 14 | 15      | 16 | 17              |
| 8       |                 |   | ВиЗ | ЛР |   | ДР | ВиЗ | ЛР |   | ДР | ЛР, ВиЗ | Колл |    |    | ЛР, ВиЗ | ДР | Вопр. Зач, зач. |

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ВиЗ – вопросы и задания;
- ЛР – лабораторная работа;
- Колл – коллоквиум;
- Вопр. Зач – вопросы к зачету;
- зач. – зачет.

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- вопросы и задания;
- лабораторная работа;
- коллоквиум;
- вопросы к зачету.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- зачет.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. З. Копылов. . Датчики мехатронных систем. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011, эл. рес.
2. А. З. Копылов. . Разработка мехатронных систем. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011, эл. рес.
3. А. З. Копылов. . Проектирование мехатронных систем. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008, эл. рес.
4. А. З. Копылов, Ю. Л. Морозов. . Измерительные преобразователи мехатронных систем. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008, эл. рес.
5. В. Д. Вавилов, С. П. Тимошенко, А. С. Тимошенко. . Микросистемные датчики физических величин. Москва: Техносфера, 2018, эл. рес.
6. Г. Г. Раннев. . Измерительные информационные системы. М.: Академия, 2010, 22 экз.
7. Е. С. Левшина, П. В. Новицкий. . Электрические измерения физических величин. Измерительные преобразователи. Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1983, 16 экз.
8. И. С. Болховитинов, Г. С. Жартовский. . Измерение механических параметров. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008, 77 экз.
9. К. Б. Клаассен. . Основы измерений. Датчики и электронные приборы. Долгопрудный: Интеллект, 2008, 6 экз.
10. Н. К. Ерофеев. . Измерительная информационная техника. Л.: Изд-во ЛМИ, 1990, 63 экз.
11. Н. К. Ерофеев, С. А. Карпов. . Пьезоэлектрические преобразователи. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016, 41 экз.
12. Р. Г. Джексон. . Новейшие датчики. М.: Техносфера, 2008, 45 экз.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. В. М. Шарапов, Е. С. Полищук, Н. Д. Кошевой. . Датчики. М.: Техносфера, 2012, 3 экз.

### 5.3. Периодические издания:

не требуются.

### 5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <http://urait.ru> — Образовательная платформа «Юрайт». Для вузов и ссузов.;
2. <http://library.voenmeh.ru> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
3. <http://e.lanbook.com> — ЭБС Лань;
4. <http://www.tnt-ebook.ru> — TNT-EBOOK - Электронно-библиотечная система;
5. <http://ibooks.ru> — ЭБС Айбукс.ру - это большой выбор актуальной литературы для вашей библиотеки в электронном виде.

### Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;  
<http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

### Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=457](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457) - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

### 5.5. Программное обеспечение:

1. Adobe Reader;

2. Ansys Multiphysics 2019 Teaching Advanced;
3. FEMM;
4. Matlab 2015a SP1;
5. PTC Mathcad Prime 5.0;
6. WPS Office;
7. Microsoft Office.

5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Лекционные занятия:**

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

### **6.2. Лабораторные занятия:**

1. Стенд для исследования пьезокерамического чувствительного элемента;
2. Стенд для исследования измерительного преобразователя температуры;
3. Стенд для исследования потенциометрического преобразователя;
4. Стенд для исследования индуктивных измерительных показателей;
5. Стенд для исследования емкостных измерительных преобразователей перемещения;
6. Стенд для определения основных характеристик пьезоэлектрического акселерометра;
7. Adobe Reader;
8. Ansys Multiphysics 2019 Teaching Advanced;
9. FEMM;
10. Matlab 2015a SP1;
11. PTC Mathcad Prime 5.0;
12. WPS Office.

### **6.3. Прочее:**

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

### Аннотация рабочей программы

Дисциплина **МЕХАТРОНИКА** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *17.05.02 Стрелково-пушечное, артиллерийское и ракетное оружие*. Дисциплина реализуется на факультете *Е Оружие и системы вооружения* БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой *Е6 АВТОНОМНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ*.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПК-2 Способен применять знания методов проектирования автоматического оружия и всех элементов стрелково-пушечного вооружения.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с формированием целостного представления о физических основах функционирования мехатронных систем и прежде всего в части информационно-измерительных или сенсорных систем, применяемых в составе стрелково-пушечного, артиллерийского, ракетного оружия и систем управления средств поражения. В процессе изучения данной дисциплины студентам прививаются базовые концептуальные знания, позволяющие на практике выполнять синергетическое объединение узлов точной механики с электронными, электротехническими и компьютерными компонентами, направленное на проектирование и производство качественно новых изделий.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- вопросы и задания;
- лабораторная работа;
- коллоквиум;
- вопросы к зачету.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **3 з.е., 108 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), лабораторный практикум (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**57 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 57 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

| Наименование работы  | Рекомендуемая литература  | Трудоемкость, час. |
|--|---|--------------------|
| <b>Раздел 1. Введение.</b>   |   |                    |
| Изучение учебного материала лекционных занятий (по личному конспекту лекций студента) с привлечением рекомендованной литературы. | А. З. Копылов. . Датчики мехатронных систем: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (Глава 1)<br>А. З. Копылов. . Разработка мехатронных систем: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (Глава 1)<br>А. З. Копылов, Ю. Л. Морозов. . Измерительные преобразователи мехатронных систем: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (Глава 1)<br>Г. Г. Раннев. . Измерительные информационные системы: М.: Академия, 2010 (Выборочно по разделам)<br>А. З. Копылов. . Проектирование мехатронных систем: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (Глава 1) | 3                  |
| Итого по разделу 1   |   | 3                  |
| <b>Раздел 2. Общие вопросы измерения неэлектрических величин.</b>  |   |                    |
| Изучение учебного материала лекционных занятий (по личному конспекту лекций студента) с привлечением рекомендованной литературы. | В. М. Шарапов, Е. С. Полищук, Н. Д. Кошевой. . Датчики: М.: Техносфера, 2012 (Главы 1-3)<br>В. Д. Вавилов, С. П. Тимошенко, А. С. Тимошенко. . Микросистемные датчики физических величин: Москва: Техносфера, 2018 (Главы 1-3)<br>И. С. Болховитинов, Г. С. Жартовский. . Измерение механических параметров: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (Выборочно по разделам)<br>Е. С. Левшина, П. В. Новицкий. . Электрические измерения физических величин. Измерительные преобразователи: Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1983 (Выборочно по разделам)     | 4                  |
| Подготовка к коллоквиуму   |   | 2                  |
| Итого по разделу 2   |   | 6                  |
| <b>Раздел 3. Динамические свойства измерительных цепей.</b>  |   |                    |
| Изучение учебного материала лекционных занятий (по личному конспекту лекций студента) с привлечением рекомендованной литературы. | Н. К. Ерофеев. . Измерительная информационная техника: Л.: Изд-во ЛМИ, 1990 (Главы 1-2, страницы 3-87)<br>К. Б. Клаассен. . Основы измерений. Датчики и электронные приборы: Долгопрудный: Интеллект, 2008 (Выборочно по разделам)<br>В. Д. Вавилов, С. П. Тимошенко, А. С.   | 4                  |
| Подготовка к практическим занятиям с привлечением рекомендованной  |   | 3                  |

|  |  |    |
|--|--|----|
| литературы.  | Тимошенков. . Микросистемные датчики физических величин: Москва: Техносфера, 2018 (Глава 6, страницы 165-173)  |    |
| Подготовка к коллоквиуму.  |  | 3  |
| Итого по разделу 3   |  | 10 |
| <b>Раздел 4. Механические измерительные преобразователи.</b>   |  |    |
| Изучение учебного материала лекционных занятий (по личному конспекту лекций студента) с привлечением рекомендованной литературы. | Р. Г. Джексон. . Новейшие датчики: М.: Техносфера, 2008 (Выборочно по разделам)<br>В. М. Шарапов, Е. С. Полищук, Н. Д. Кошевой. . Датчики: М.: Техносфера, 2012 (Глава 12, страницы 264-280)   | 4  |
| Подготовка к практическим занятиям с привлечением рекомендованной литературы.  | Н. К. Ерофеев. . Измерительная информационная техника: Л.: Изд-во ЛМИ, 1990 (Глава 5, страницы 174-204)  | 2  |
| Подготовка к коллоквиуму.  |  | 4  |
| Итого по разделу 4   |  | 10 |
| <b>Раздел 5. Параметрические преобразователи.</b>  |  |    |
| Подготовка к практическим занятиям с привлечением рекомендованной литературы.  | Н. К. Ерофеев. . Измерительная информационная техника: Л.: Изд-во ЛМИ, 1990 (Глава 4, страницы 143-173)  | 2  |
| Изучение учебного материала лекционных занятий (по личному конспекту лекций студента) с привлечением рекомендованной литературы. | В. Д. Вавилов, С. П. Тимошенков, А. С. Тимошенков. . Микросистемные датчики физических величин: Москва: Техносфера, 2018 (Глава 2, страницы 57-88)<br>В. М. Шарапов, Е. С. Полищук, Н. Д. Кошевой. . Датчики: М.: Техносфера, 2012 (Главы 7-8, страницы 131-170) | 5  |
| Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ.   |  | 3  |
| Итого по разделу 5   |  | 10 |
| <b>Раздел 6. Обратимые измерительные преобразователи.</b>  |  |    |
| Подготовка к практическим занятиям с привлечением рекомендованной литературы.  | В. Д. Вавилов, С. П. Тимошенков, А. С. Тимошенков. . Микросистемные датчики физических величин: Москва: Техносфера, 2018 (Глава 4, страницы 129-147; глава 10, страницы 332-357)   | 2  |
| Изучение учебного материала лекционных занятий (по личному конспекту лекций студента) с привлечением рекомендованной литературы. | Н. К. Ерофеев, С. А. Карпов. . Пьезоэлектрические преобразователи: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (Выборочно по разделам)<br>В. М. Шарапов, Е. С. Полищук, Н. Д. Кошевой. . Датчики: М.: Техносфера, 2012 (Главы 9-11, страницы 171-262)            | 4  |
| Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ.   | Н. К. Ерофеев. . Измерительная информационная техника: Л.: Изд-во ЛМИ, 1990 (Глава 3, страницы 89-142)   | 4  |
| Подготовка к зачету.   |  | 8  |
| Итого по разделу 6   |  | 18 |

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- вопросы и задания;
- коллоквиум;
- лабораторная работа;
- вопросы к зачету;
- зачет.

### Критерии оценивания

#### Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

#### Вопросы и задания

1. Дайте определение "мехатронике" как предмету.
2. Перечислите основные понятия и определения, используемые в мехатронике.
3. Назовите состав мехатронной системы.
4. Что такое «мехатронные модули», назовите их виды, приведите функциональное назначение.
5. Что такое «интеллектуальные мехатронные модули».
6. В чем заключается значение первичных измерительных преобразователей.
7. Приведите общие требования к измерительным преобразователям-датчикам.
8. Приведите основные параметры измерительных преобразователей-датчиков.
9. Перечислите основные характеристики датчиков.
10. Дайте понятие динамическим измерениям.
11. Приведите динамические уравнения измерительного преобразователя.
12. Что такое частотные характеристики измерительных преобразователей.
13. Что такое передаточная функция измерительного преобразователя.
14. Дайте краткую характеристику резистивным преобразователям.
15. Дайте краткую характеристику емкостным преобразователям.
16. Дайте краткую характеристику индуктивным преобразователям.
17. Дайте краткую характеристику микромеханическим преобразователям.
18. Измерительные преобразователи сейсмического действия.
19. Приведите динамическое уравнение.
20. Какие бывают режимы работы преобразователей сейсмического действия.
21. Измерительные преобразователи сейсмического действия. Виброметр.
22. Измерительные преобразователи сейсмического действия. Велосиметр.
23. Измерительные преобразователи сейсмического действия. Акселерометр.
24. Сопоставьте режимов работы преобразователя сейсмического действия.
25. Назовите элементы сейсмических систем.
26. Дайте характеристику воздушному демпфированию.
27. Дайте характеристику жидкостному демпфированию.
28. Дайте характеристику токовых демпфированию.
29. Дайте характеристику струнным датчикам.
30. Приведите уравнение движения струны.
31. С чем связана нелинейность струнного датчика.
32. Что такое коэффициент преобразования струнного датчика.
33. Приведите конструкции струн.
34. Приведите схемы включения струнных датчиков.
35. Дайте характеристику термометаллическому чувствительному элементу.
36. Что такое электродинамический преобразователь.
37. Что такое входное сопротивление и чувствительность электродинамического измерительного преобразователя.
38. Где применяются электродинамические измерительные преобразователи.

39. Что такое входная жесткость и чувствительность электростатического измерительного преобразователя.
40. Где применяются электростатические измерительные преобразователи.
41. Опишите передаточную функцию динамометра.
42. Опишите передаточную функцию акселерометра.
43. Что такое степень затухания и собственная частота сейсмической системы.
44. Чувствительность сейсмодатчика с учетом массы упругого элемента.
45. Что такое собственная частота сейсмодатчика с учетом массы упругого элемента.
46. Собственная частота сейсмической системы и собственная частота поперечных колебаний струны дифференциального струнного датчика.
47. Приведите методы уменьшения влияния разности потенциалов между точками заземления источника и измерительного прибора.
48. Какое влияние оказывают на электрические измерительные преобразователи внешние наводки и помехи.
49. Какое влияние термоЭДС и переходных сопротивлений коммутирующих контактов.
50. Охарактеризуйте преобразователи сигналов термопар и терморезисторов.
51. Охарактеризуйте преобразователи сигналов пьезоэлектрических измерительных преобразователей.
52. Опишите устройство простейшего пьезопреобразователя.
53. Дайте понятие четырехполюсника как модели пьезопреобразователя.
54. В чем заключается физика пьезоэффекта.
55. Почему происходит поляризация диэлектрика под влиянием приложенного поля и пьезополяризации.
56. Дайте количественную оценку эффекта пьезополяризации.
57. Что такое константы упругости.
58. Что такое модули Юнга.
59. Что такое пьезоконстанты.
60. В чем заключается преобразование энергии в пьезоэлектрике.
61. В чем заключается связь между константами.
62. Как осуществляется экспериментальное определение пьезоконстант.
63. Приведите уравнения пьезопреобразователя.
64. Что такое входное сопротивление преобразователя-генератора.
65. Что такое входное сопротивление преобразователя-двигателя.
66. Что такое чувствительность пьезопреобразователей.

### **Коллоквиум**

Проводится в устной форме. Результаты коллоквиума учитываются при выставлении зачета.

Тематика коллоквиума.

1. Концепция построения мехатронных систем. Структура и принципы интеграции мехатронных систем.
2. Электрические измерения неэлектрических величин. Методы измерительных преобразований.
3. Общие требования к измерительным преобразователям-датчикам. Основные параметры измерительных преобразователей-датчиков. Характеристики датчиков.
4. Измерительные преобразователи сейсмического действия. Динамическое уравнение. Режимы.
5. Измерительные преобразователи сейсмического действия. Виброметр. Велосиметр. Акселерометр. Сопоставление режимов работы преобразователя сейсмического действия.
6. Струнные датчики. Уравнение движения. Нелинейность струнного датчика. Коэффициент преобразования струнного датчика. Схемы включения струнных датчиков.
7. Термодатчики. Виды, области применения, особенности.
8. Параметрические преобразователи. Представители, физические основы построения, характеристики.
9. Использование электромеханических аналогий.

На коллоквиум могут выноситься иные темы, заинтересовавшие обучающихся в процессе освоения материала.

На коллоквиуме в ходе обсуждения рассматриваемой темы обучающиеся закрепляют и расширяют свои знания, полученные на лекционных, практических и лабораторных занятиях.

Ответ оценивается преподавателем по четырёхбалльной системе; оцениваются корректность и полнота ответа.

Оценка выставляется согласно следующим критериям:

«отлично» - глубокое усвоение материала - полные, последовательные, грамотные и логически излагаемые ответы при видоизменении вопроса, правильно обоснованные решения, владение разносторонними навыками и приемами;

«хорошо» - знание программного материала - грамотное изложение, без существенных неточностей в

ответе на вопрос, правильное применение теоретических знаний, владение необходимыми навыками при выполнении практических задач;

«удовлетворительно» - усвоение основного материала - при ответе допускаются неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушение последовательности в изложении материала, затруднения в выполнении практических заданий;

«неудовлетворительно» - незнание материала, при ответе возникают ошибки, затруднения при выполнении практических работ.

По результатам сдачи обучающимся коллоквиума преподаватель выставляет оценку согласно вышеуказанным критериям, при этом контрольное мероприятие считается успешно пройденным в случае получения обучающимся оценки не ниже, чем "удовлетворительно".

### **Лабораторная работа**

На первом занятии для всей группы проводится инструктаж на рабочем месте по правилам соблюдения требований по техники безопасности и о порядке допуска к лабораторным работам. В книге учета первичного инструктажа каждый обучающийся расписывается по факту проведения инструктажа этого вида.

Обучающимся сообщается порядок допуска, выполнения и защиты лабораторных работ. При необходимости группа обучающихся разбивается на бригады по 2-3 человека. Обучающимся выдаются задания и бланки отчетов. Допуском к выполнению ЛР является правильно заполненный бланк отчета. Правильность заполнения бланка отчета и допуск к выполнению работ осуществляет преподаватель.

Оценка качества выполнения лабораторной работы осуществляется преподавателем по четырёхбалльной системе. В случае, если ответы обучающегося во время защиты соответствуют указанным требованиям, обучающийся получает максимальное количество баллов.

Оцениваются умение применить полученные теоретические знания, соблюдение правил техники безопасности, своевременность выполнения лабораторных работ.

Основаниями для снижения количества баллов в диапазоне от "отлично" до "неудовлетворительно" являются:

- небрежное выполнение,
- поверхностные, непродуманные ответы выводы по результатам работы,
- неверные ответы на вопросы преподавателя.

Контрольное мероприятие считается пройденным при отсутствии у обучающегося отметок "неудовлетворительно" за лабораторные работы.

### **Вопросы к зачету**

1. Мехатроника, основные понятия и определения. Состав мехатронной системы.
2. Мехатроника. Мехатронные модули, виды, функциональное назначение. Интеллектуальные мехатронные модули.
3. Структура и принципы интеграции мехатронных систем. Мехатронные модули. Значение первичных измерительных преобразователей.
4. Общие требования к измерительным преобразователям-датчикам.
5. Основные параметры измерительных преобразователей-датчиков. Характеристики датчиков.
6. Понятие о динамических измерениях. Динамические уравнения измерительного преобразователя.
7. Частотные характеристики измерительных преобразователей. Передаточная функция измерительного преобразователя.
8. Резистивные преобразователи.
9. Емкостные преобразователи.
10. Индуктивные преобразователи.
11. Микромеханические преобразователи.
12. Измерительные преобразователи сейсмического действия. Динамическое уравнение. Режимы.
13. Измерительные преобразователи сейсмического действия. Виброметр.
14. Измерительные преобразователи сейсмического действия. Велосиметр.
15. Измерительные преобразователи сейсмического действия. Акселерометр.
16. Измерительные преобразователи сейсмического действия. Сопоставление режимов работы преобразователя сейсмического действия.
17. Измерительные преобразователи сейсмического действия. Элементы сейсмических систем.
18. Измерительные преобразователи сейсмического действия. Воздушное демпфирование. Жидкостное демпфирование. Токовихревое демпфирование.
19. Струнные датчики. Уравнение движения струны.
20. Струнные датчики. Нелинейность струнного датчика.

21. Струнные датчики. Коэффициент преобразования струнного датчика.
22. Струнные датчики. Конструкция струн. Схемы включения струнных датчиков.
23. Термобиметаллический чувствительный элемент.
24. Электродинамический преобразователь. Входное сопротивление и чувствительность электродинамического измерительного преобразователя. Применение электродинамических измерительных преобразователей.
25. Электростатический преобразователь. Входная жесткость и чувствительность электростатического измерительного преобразователя. Применение электростатических измерительных преобразователей.
26. Измерительные преобразователи. Передаточная функция динамометра.
27. Измерительные преобразователи. Передаточная функция акселерометра.
28. Степень затухания и собственная частота сейсмической системы.
29. Чувствительность сейсмодатчика с учетом массы упругого элемента.
30. Собственная частота сейсмодатчика с учетом массы упругого элемента.
31. Собственная частота сейсмической системы и собственная частота поперечных колебаний струны дифференциального струнного датчика.
32. Электрические измерительные преобразователи. Методы уменьшения влияния разности потенциалов между точками заземления источника и измерительного прибора.
33. Электрические измерительные преобразователи. Влияние внешних наводок и помех. Влияние термоЭДС и переходных сопротивлений коммутирующих контактов.
34. Электрические измерительные преобразователи. Преобразователи сигналов термопар и терморезисторов.
35. Электрические измерительные преобразователи. Преобразователи сигналов пьезоэлектрических измерительных преобразователей.
36. Устройство простейшего пьезопреобразователя.
37. Четырехполосник - модель пьезопреобразователя.
38. Физика пьезоэффекта.
39. Поляризация диэлектрика под влиянием приложенного поля и пьезополяризации.
40. Количественная оценка эффекта пьезополяризации.
41. Постоянные пьезоэлектриков. Константы упругости.
42. Постоянные пьезоэлектриков. Модули Юнга.
43. Постоянные пьезоэлектриков. Пьезоконстанты.
44. Постоянные пьезоэлектриков. Местные уравнения.
45. Постоянные пьезоэлектриков. Преобразование энергии в пьезоэлектрике.
46. Постоянные пьезоэлектриков. Связь между константами.
47. Экспериментальное определение пьезоконстант.
48. Уравнения пьезопреобразователя.
49. Характеристики пьезопреобразователя. Входное сопротивление преобразователя-генератора.
50. Характеристики пьезопреобразователя. Входное сопротивление преобразователя-двигателя.
51. Чувствительность пьезопреобразователей.

### **Зачет**

Процедура проведения зачёта включает выбор билета, подготовку к сообщениям по вопросам, сформулированным в билете, устному выступлению и ответу на дополнительные вопросы преподавателя по теме билета. Билет содержит 2 вопроса, время подготовки 1 академический час.

Для получения зачёта необходимо ответить на вопросы билета, а также дополнительные вопросы преподавателя: при ответе допускаются неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушение последовательности в изложении материала, затруднения в выполнении практических заданий, однако ответы должны быть даны по существу вопроса.

Билеты формируются на основе перечня вопросов.

Оценка качества подготовки обучающихся осуществляется преподавателем с учетом следующих факторов:

- соответствие содержания ответа теме, указанной в билете;
- логичность и последовательность в изложении материала;
- корректное изложение основных положений, их теоретическое обоснование и объяснение;
- способность к анализу и обобщению информационного материала, умение извлекать информацию, соответствующую поставленной задаче;
- обоснованность выводов.

Оценка «зачтено» выставляется обучающемуся, если: он знает основные определения, последователен в изложении материала, демонстрирует базовые знания дисциплины, владеет необходимыми умениями и

навыками при выполнении практических заданий.

Оценка «не зачтено» выставляется обучающемуся, если: он не знает основных определений, непоследователен и сбивчив в изложении материала, не обладает определенной системой знаний по дисциплине, не в полной мере владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических заданий.

Паспорт фонда оценочных средств

| КУРС                | СЕМЕСТР | Наименование разделов и дидактических единиц               | ВСЕГО | Аудиторные занятия в контактной форме |        |                        | Самостоятельная работа студентов | Формируемая компетенция, % | НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА                         |
|---------------------|---------|--|-------|---------------------------------------|--------|------------------------|----------------------------------|----------------------------|--|
|                     |         |  |       | ВСЕГО                                 | Лекции | Лабораторный практикум |                                  | ПК-2                       |  |
| 4                   | 8       | Раздел 1. Введение.  | 5     | 2                                     | 2      | 0                      | 3                                | 10                         | Коллоквиум, Вопросы и задания                            |
| 4                   | 8       | Раздел 2. Общие вопросы измерения неэлектрических величин. | 10    | 4                                     | 4      | 0                      | 6                                | 15                         | Коллоквиум, Вопросы и задания                            |
| 4                   | 8       | Раздел 3. Динамические свойства измерительных цепей.       | 14    | 4                                     | 4      | 0                      | 10                               | 20                         | Коллоквиум, Вопросы и задания                            |
| 4                   | 8       | Раздел 4. Механические измерительные преобразователи.      | 18    | 8                                     | 8      | 0                      | 10                               | 15                         | Лабораторная работа, Коллоквиум, Вопросы и задания       |
| 4                   | 8       | Раздел 5. Параметрические преобразователи.                 | 26    | 16                                    | 8      | 8                      | 10                               | 20                         | Лабораторная работа, Вопросы и задания                   |
| 4                   | 8       | Раздел 6. Обратимые измерительные преобразователи.         | 35    | 17                                    | 8      | 9                      | 18                               | 20                         | Лабораторная работа, Вопросы и задания, Вопросы к зачету |
| Всего за 8 семестр  |         |  | 108   | 51                                    | 34     | 17                     | 57                               | 100                        |  |
| Всего по дисциплине |         |  | 108   | 51                                    | 34     | 17                     | 57                               | 100                        |  |

## Оценочные материалы по дисциплине МЕХАТРОНИКА

### **ПК-2 - Способен применять знания методов проектирования автоматического оружия и всех элементов стрелково-пушечного вооружения**

- № 1 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
В режиме акселерометра перемещение инерционного тела относительно корпуса:
1. пропорционально ускорению корпуса преобразователя;
  2. пропорционально скорости корпуса преобразователя;
  3. не зависит ни от ускорения, ни от скорости корпуса преобразователя.
- № 2 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Если в режиме двигателя собственная жесткость электростатического преобразователя велика или велико механическое сопротивление нагрузки, то преобразователь превращается в:
1. активное сопротивление
  2. индуктивное сопротивление
  3. конденсатор
  4. генератор тока
  5. кирпич
- № 3 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
В режиме виброметра сейсмическая система осуществляет:
1. интегрирование ускорения точки подвеса;
  2. дифференцирование ускорения точки подвеса;
  3. двойное интегрирование ускорения точки подвеса;
  4. двойное дифференцирование ускорения точки подвеса.
- № 4 Прочитайте текст и установите последовательность  
Температурная стабильность демпферов является важной характеристикой существенно влияющей на точность преобразователей. Расположите виды успокоения последовательно по мере возрастания степени их зависимости от температуры:
1. воздушное успокоение;
  2. жидкостное успокоение;
  3. токовихревое успокоение.
- № 5 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Какие физические законы лежат в основе работы электродинамических преобразователей?
1. Закон Ампера;
  2. Закон Архимеда;
  3. Закон Фарадея;
  4. Закон Мерфи;
  5. Закон Козьмы Пруткова;

6. Закон Ньютона (первый);

7. Закон Ньютона (второй).

№ 6 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Введение демпфирования в сейсмическую систему в режиме виброметра ...

1. расширяет частотный диапазон;
2. уменьшает опасность резонанса;
3. ничего не меняет в работе системы;
4. сужает частотный диапазон.

№ 7 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Выберите из списка все режимы работы сейсмической системы:

1. курвиметр;
2. акселерометр;
3. ареометр;
4. виброметр;
5. велосиметр.

№ 8 Прочитайте текст и установите соответствие

Перед Вами несколько преобразователей. Зная тип преобразователя, необходимо установить его назначение. К каждой позиции, данной в левом столбце, подберите соответствующую позицию из правого столбца.

- |  |                  |
|--|------------------|
| 1. Выражение<br>$m \cdot \ddot{y} = -m \cdot \ddot{x}$<br>характеризует<br>режим | А. велосиметра   |
| 2. Выражение<br>$h \cdot \dot{y} = -m \cdot \ddot{x}$<br>характеризует<br>режим  | Б. виброметра    |
| 3. Выражение<br>$k \cdot y = -m \cdot \ddot{x}$<br>характеризует<br>режим        | В. акселерометра |
|  | Г. генератора    |

№ 9 Прочитайте текст и установите соответствие

При экспериментальном определении пьезоконстант необходимо обеспечить условия измерения, заданные теоретически при составлении местных уравнений. Зная тип входного воздействия, необходимо установить соответствующую пьезоконстанту. К каждой позиции, данной в левом столбце, подберите соответствующую позицию из правого столбца.

- | Входное<br>воздействие | Пьезоконстанта |
|------------------------|----------------|
| 1. $\sigma \mid E=0$   | А. $d$         |
| 2. $\xi \mid E=0$      | Б. $g$         |
| 3. $\sigma \mid D=0$   | В. $h$         |
|                        | Г. $e$         |

$d, g, h, e$  - пьезоконстанты;

$E$  - напряженность электрического поля;

$D$  - электрическое смещение.

№ 10 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Вам необходимо разработать преобразователь на основе сейсмической системы, осуществляющий измерение перемещения инерционного тела относительно корпуса:преобразователя. Какой режим Вы используете и почему?

№ 11 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Что понимается под чувствительностью преобразователя?

№ 12 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Что произойдет в случае потери устойчивости системы на основе электростатического преобразователя?

№ 13 Прочитайте текст и установите последовательность

Расположите последовательно измерительные преобразователи сейсмического действия на шкале частот:

1. акселерометр;

2. велосиметр;

3. виброметр.