

**Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

**Направление подготовки/специальность: 09.03.01 Информатика и вычислительная техника**

**Наименование образовательной программы: Вычислительно-измерительные системы**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Измерительные преобразователи**

**Москва  
2022**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Глушнев В. Д.
	Идентификатор	R12c6ffb5-GlushnevVD-6e9a8b47

(подпись)

В.Д. Глушнев

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Серов Н.А.
	Идентификатор	R708da564-SerovNA-06ab7859

(подпись)

Н.А. Серов

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Желбаков И.Н.
	Идентификатор	R839a3a63-ZhelbakovIN-f73624c

(подпись)

И.Н.

Желбаков

(расшифровка  
подписи)

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

- ПК-1 Способен обосновывать принимаемые проектные решения, осуществлять постановку и выполнять эксперименты по проверке их корректности и эффективности  
ИД-3 Производит оценку влияния применяемых технических решений на общее функционирование системы
- ПК-4 Способен анализировать состояние средств измерений в организации, внедрение в процессы производства необходимых средств измерений и стандартных образцов и методик измерений  
ИД-2 Проводит калибровочные процедуры измерительных систем

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Проверка задания

- Измерительные преобразователи неэлектрических величин (Домашнее задание)
- Измерительные преобразователи электрических сигналов в электрические (Контрольная работа)
- Метрологические характеристики измерительных преобразователей (Контрольная работа)
- Основные характеристики измерительных преобразователей (Домашнее задание)

## БРС дисциплины

5 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	16
Основные характеристики измерительных преобразователей					
Измерительные преобразователи и вычислительно-измерительные системы	+	+	+	+	
Метрологические характеристики измерительных преобразователей					
Функция преобразования измерительных преобразователей (ИП) Калибровочная функция и функция влияния. Переходные характеристики и передаточные функции ИП	+	+	+	+	
Измерительные преобразователи электрических сигналов в электрические					
Преобразователи на пассивных элементах Операционные усилители в качестве ИП электрических величин			+	+	

Измерительные преобразователи неэлектрических величин				
Параметрические преобразователи резистивного, емкостного и индуктивного типов. Акустические и оптические ИП параметрического типа			+	+
Преобразователи генераторного типа. Магнитоиндукционные, пьезоэлектрические, фотоэлектрические				+
Вес КМ:	20	20	20	40

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-1	ИД-3 <sub>ПК-1</sub> Производит оценку влияния применяемых технических решений на общее функционирование системы	Знать: основы схмотехники измерительных преобразователей, принципы построения структурных, функциональных и принципиальных схем измерительных преобразователей особенности применяемых технических решений теорию погрешностей средств измерений Уметь: оценивать влияние применяемых технических решений на общее функционирование системы проводить калибровочные процедуры измерительных систем	Основные характеристики измерительных преобразователей (Домашнее задание) Метрологические характеристики измерительных преобразователей (Контрольная работа) Измерительные преобразователи электрических сигналов в электрические (Контрольная работа) Измерительные преобразователи неэлектрических величин (Домашнее задание)
ПК-4	ИД-2 <sub>ПК-4</sub> Проводит калибровочные процедуры	Знать: требования к эталонным	Основные характеристики измерительных преобразователей (Домашнее задание)

	измерительных систем	<p>средствам измерений содержание закона «Об обеспечении единства измерений» Уметь: выбирать эталонные средства измерений, соответствующие техническому заданию применять знания содержания закона «Об обеспечении единства измерений» при эксплуатации и разработке средств измерений</p>	<p>Метрологические характеристики измерительных преобразователей (Контрольная работа) Измерительные преобразователи электрических сигналов в электрические (Контрольная работа)</p>
--	----------------------	--	---

## II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

### КМ-1. Основные характеристики измерительных преобразователей

**Формы реализации:** Проверка задания

**Тип контрольного мероприятия:** Домашнее задание

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Производится проверка правильности решения задач и ответов на вопросы в задании

#### Краткое содержание задания:

Технические характеристики измерительных преобразователей и их связь с характеристиками вычислительно-измерительных систем (ВИС). Метрологические характеристики вычислительно-измерительных систем.

Номинальная функция преобразования измерительного преобразователя (ИП).

Статические и динамические характеристики ИП.

Особенности нормирования метрологических характеристик ИП. Классы точности.

Расчет характеристик при последовательном соединении ИП. Отрицательная обратная связь.

Динамические характеристики ИП, нормирование и расчет.

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: основы схемотехники измерительных преобразователей, принципы построения функциональных и принципиальных схем измерительных преобразователей	1. динамические характеристики ИП, нормирование и расчет
Знать: теорию погрешностей средств измерений	1. вывод функции преобразования для системы с последовательным соединением ИП и для ИП с отрицательной обратной связью
Знать: содержание закона «Об обеспечении единства измерений»	1. общие принципы классификации измерительных преобразователей 2. что такое метрологические, эксплуатационные характеристики и характеристики надежности, связь метрологических характеристик ВИС с метрологическими характеристиками ИП
Уметь: проводить калибровочные процедуры измерительных систем	1. рассчитывать калибровочные функции по известным функциям преобразования

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка:* зачтено

*Описание характеристики выполнения знания:* Отсутствие в ответе принципиальных ошибок, допускаются незначительные ошибки в формулировках, не искажающие смысл понятий и результатов расчета

*Оценка:* не зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Неправильные ответы, неправильные формулы, искажающие результаты расчетов.

## КМ-2. Метрологические характеристики измерительных преобразователей

**Формы реализации:** Проверка задания

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Производится проверка правильности решения задач и ответов на вопросы в задании

### Краткое содержание задания:

Что такое измерительный преобразователь (ИП)? Основное назначение функции преобразования и калибровочной функции ИП. Для известной функции преобразования, заданной аналитическим выражением, определить калибровочную функцию  $X=f(Y)$

### Контрольные вопросы/задания:

Знать: теорию погрешностей средств измерений	1. что такое <b>номинальная</b> ФП, кто и когда ее определяет?
Знать: требования к эталонным средствам измерений	1. Чем измерительный преобразователь (ИП) отличается от измерительного прибора? 2. назначение функции преобразования (ФП) и калибровочной функции ИП  3. методы определения аналитического выражения для калибровочной функцию $X=f(Y)$ для заданной функции преобразования ИП.
Уметь: проводить калибровочные процедуры измерительных систем	1. <b>Функция преобразования для платинового термопреобразователя сопротивления (ТПС) задана формулой <math>R_t = R_0(1 + A t + B t^2)</math>, где <math>R_t</math> сопротивление ТП, <math>R_0</math> - его сопротивление при 0 град.С, <math>A=3.9690 \cdot 10^{-3}</math>, <math>B=-5.841 \cdot 10^{-7}</math>. Найти выражение для калибровочной функции и определить значение температуры, если сопротивления <math>R_t = 118,3 \text{ Ом}</math>, <math>R_0=100.0 \text{ Ом}</math></b>
Уметь: выбирать эталонные средства измерений, соответствующие техническому заданию	1. Для измерительного преобразователя температуры в цифровой код, который состоит из платинового термопреобразователя сопротивления (ТПС), имеющего предельную погрешность по входу 0,15 град.С и функцию преобразования $R_t = 100 (1 + A t + B t^2)$ , ( $A=3.9690 \cdot 10^{-3}$ , $B=-5.841 \cdot 10^{-7}$ ) и преобразователя сопротивления в цифровой код (АЦП) с относительной погрешностью преобразования $R$ - 0,1%, <b>рассчитать предельное значение погрешности ИП по температуре</b>
Уметь: применять знания содержания закона «Об обеспечении единства измерений» при эксплуатации и разработке средств измерений	1. <b>Найти калибровочную функцию для токового преобразователя 4-20 мА, имеющего следующую ФП: <math>I_{вых} = 4 + 16 X_{вх}/X_m</math>, где <math>I_{вых}</math> - выходной ток, мА; <math>X_{вх}</math> - входная величина; <math>X_m</math> – верхний предел преобразования ИП по входу</b>

### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Правильные ответы на все вопросы и решение всех задач, допускаются неточности в определениях и вычислениях, не влияющие на основные выводы и результаты расчетов

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Правильные, в целом, ответы на все вопросы и решение всех задач в задании, но при ответе на уточняющие вопросы обнаруживается не полное понимание сущности решаемых задач. Допускаются незначительные ошибки в определениях и расчетах.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Ошибочный ответ на один из теоретических вопросов. Ошибки в решении задачи, но при уточняющем вопросе, самостоятельно обнаруживает и исправляет ошибки.

### КМ-3. Измерительные преобразователи электрических сигналов в электрические

**Формы реализации:** Проверка задания

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Производится проверка правильности решения задач и ответов на вопросы в задании

#### Краткое содержание задания:

Назначение, типы и характеристики измерительных усилителей (ИУ).

Требования к операционным усилителям и пассивным элементам, используемым в ИУ.

Принцип действия и назначения индуктивных и емкостных ИП.

Применение фазовых детекторов для преобразования информативных параметров индуктивных и емкостных преобразователей

#### Контрольные вопросы/задания:

Уметь: оценивать влияние применяемых технических решений на общее функционирование системы	1. <b>рассчитать</b> коэффициент усиления ИУ, выполненного на базе операционного усилителя, охваченного параллельной отрицательной обратной связью: входное сопротивление $R_1=100$ кОм, сопротивление обратной связи $R_2 = 1$ МОм, и <b>рассчитать</b> отклонение коэффициента усиления от номинального при точности резисторов $\pm 0,1\%$ 2. Рассчитать коэффициенты преобразования для интегрирующего усилителя: входное сопротивление $R_1=10$ кОм, $C_1=10$ нФ
Уметь: выбирать эталонные средства измерений, соответствующие техническому заданию	1. Рассчитывать электрические схемы резистивных, емкостных и индуктивных ИП
Уметь: применять знания содержания закона «Об обеспечении единства	1. Рассчитывать смещение нуля измерительного усилителя на базе операционного усилителя (ОУ) с параллельной и последовательной ООС, для

измерений» при эксплуатации и разработке средств измерений

заданных параметров ОУ и параметров пассивных элементов схемы.

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Правильные ответы на все вопросы и решение всех задач, допускаются неточности в определениях и вычислениях, не влияющие на основные выводы и результаты расчетов

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Правильные, в целом, ответы на все вопросы и решение всех задач в задании, но при ответе на уточняющие вопросы обнаруживается не полное понимание сущности решаемых задач. Допускаются незначительные ошибки в определениях и расчетах.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Ошибочный ответ на один из теоретических вопросов. Ошибки в решении задачи, но при уточняющем вопросе, самостоятельно обнаруживает и исправляет ошибки.

**КМ-4. Измерительные преобразователи неэлектрических величин**

**Формы реализации:** Проверка задания

**Тип контрольного мероприятия:** Домашнее задание

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 40

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Производится проверка правильности решения задач и ответов на вопросы в задании

**Краткое содержание задания:**

Принцип действие и функции преобразования реостатных, емкостных и индуктивных датчиков перемещения и деформаций

Тензорезисторные ИП, принцип действия, устройство, функция преобразования, источники погрешности

Пьезоэлектрические и пьезорезонансные ИП, принцип действия и устройство

Терморезистивные ИП, принцип действия и устройство функция преобразования, погрешности

Индукционные ИП, принцип действия и устройство. Индукционные датчики расхода.

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: особенности применяемых технических решений	1. Принцип действие, устройство, функция преобразования и функция влияния для реостатных датчиков перемещения и деформаций 2. Принцип действие, устройство, функция преобразования и функция влияния для емкостных датчиков перемещения и деформаций 3. Принцип действие, устройство, функция преобразования и функция влияния индуктивных датчиков перемещения и деформаций 4. Принцип действие, устройство, функции преобразования и функции влияния
--	---

	тензорезисторных ИП 5. Принцип действие и устройство пьезоэлектрических и пьезорезонансных ИП, их назначение и область применения 6. Принцип действие и устройство индукционных ИП, их назначение и область применения
Уметь: оценивать влияние применяемых технических решений на общее функционирование системы	1. Исходя из требований к ИП температуры <b>рассчитывать</b> параметры основных элементов конструкции и электрических схем терморезистивных ИП
Уметь: проводить калибровочные процедуры измерительных систем	1. Исходя из требований к ИП перемещений и деформаций <b>рассчитывать</b> параметры основных элементов конструкции и электрических схем емкостных ИП

### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Правильные ответы на все вопросы и решение всех задач, допускаются неточности в определениях и вычислениях, не влияющие на основные выводы и результаты расчетов

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Правильные, в целом, ответы на все вопросы и решение всех задач в задании, но при ответе на уточняющие вопросы обнаруживается не полное понимание сущности решаемых задач. Допускаются незначительные ошибки в определениях и расчетах.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Ошибочный ответ на один из теоретических вопросов. Ошибки в решении задачи, но при уточняющем вопросе, самостоятельно обнаруживает и исправляет ошибки.

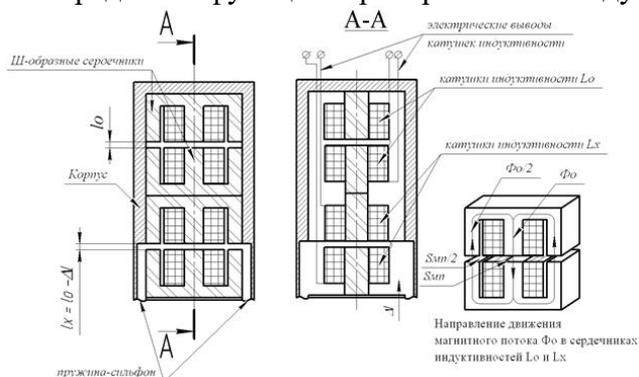
# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5 семестр

Форма промежуточной аттестации: Зачет с оценкой

Пример билета

1. Определить функцию преобразования индуктивного ИП, изображенного



на рисунке

2. Рассчитать количество витков катушек индуктивности, обеспечивающее для заданных в табл. 1 параметров МПР, требуемое значение индуктивности  $L_0$ .
3. Вывести формулу для выходного напряжения мостовой схемы, в нижнее плечо которой включена катушка индуктивности  $L_x$  индуктивного преобразователя.
4. Рассчитать погрешность нелинейности индуктивного ИП

Вариант	Площадь МПР $S_{мп}$ , см <sup>2</sup>	Длина магнитной силовой линии в магнитопроводе, мм	Относительная магнитная проницаемость	Начальный зазор, мм	$\delta n = \Delta K / K$ , мм	Значение индуктивности $L_0$ , мГн
№ 1	1,0	100	2000	2	-0,2	10
№ 2	5,0	200	2000	4	-0,5	20
№ 3	2,0	150	4000	5	-0,25	15
№ 4	4,0	180	4000	3	-0,3	50

## Процедура проведения

Студент получает задание за 4 недели до проведения зачета. Проводит анализ задания и производит необходимые расчеты элементов конструкции и метрологические характеристики, оформляет пояснительную записку к расчетам. На зачете преподаватель проверяет правильность расчетов, при необходимости, задает дополнительные вопросы

### I. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-3<sub>ПК-1</sub> Производит оценку влияния применяемых технических решений на общее функционирование системы

### Вопросы, задания

1. функциональная схема измерительных преобразователей параметрического типа (резистивных, емкостных, индуктивных) при малых изменениях информативного параметра, обосновать применение мостовых схем и фазовых детекторов

2. Схемы преобразования информативного параметра резистивных ИП в интервал времени, анализ диапазона преобразования, точности и быстродействия
3. Полупроводниковые преобразователи температуры (терморезисторы, преобразователи на p-n переходах), достоинства и недостатки по сравнению термометрами сопротивления
4. Определить формулу для погрешности информационной системы, вычисляющей количество тепловой энергии -Q по формуле  $Q = c \cdot (T_1 - T_2) \cdot \rho(T_1) \cdot V_1$ , где c - удельная теплоемкость теплоносителя, кДж/(кг град.С); T1, T2 - температура воды, град, в подающем и обратном трубопроводах тепловой системы, измеряемая соответствующими термометрами,  $\rho(T_1)$  - плотность теплоносителя, кг/м<sup>3</sup>; V1 - объем теплоносителя, м<sup>3</sup>. Учесть, что все входящие в формулу параметры измеряются и вычисляются с известными погрешностями.
5. Рассчитать требование к усилителю напряжения для термоэлектрического преобразователя с чувствительностью 30 мкВ/град, работающего в диапазоне температур (30 ... 1000) град.С, обеспечивающего на выходе напряжение 2,1 В для верхнего предела преобразования
6. Методы борьбы с электрическими помехами нормального и общего вида

### Материалы для проверки остаточных знаний

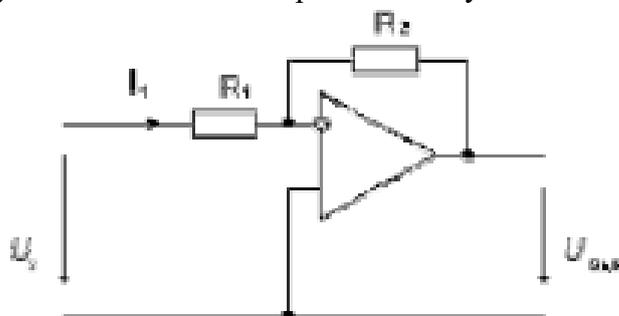
1. Известно: ИП – это динамическая система 1-го порядка. Укажите правильные формулы для расчета времени установления результата с погрешностью не более 5%

Ответы:

1.  $t_y = \tau$ , где  $\tau$  – постоянная времени ИП
2.  $t_y = 2\tau$
3.  $t_y = 3/(2\pi f_0)$ , где  $f_0$  – верхняя граничная частота полосы пропускания ИП по уровню 0,707
4.  $t_y = 1/\omega_0$ , где  $\omega_0 = 2\pi f_0$
5.  $t_y = 3/\omega_0$

Верный ответ: 3, 5

2. Определить коэффициент усиления и входное сопротивление Rвх измерительного усилителя на базе операционного усилителя (см. рисунок), если R1=1 кОм; R2=100 кОм



Ответы:

1.  $R_{вх} = 100 \text{ кОм}$ ,  $K_y = 100$
2.  $R_{вх} = 1 \text{ кОм}$ ,  $K_y = 1000$
3.  $R_{вх} = 1 \text{ кОм}$ ,  $K_y = 100$
4.  $R_{вх} > 1 \text{ МОм}$ ,  $K_y = 100$
5.  $R_{вх} = 1 \text{ кОм}$ ,  $K_y = 101$

Верный ответ: 3

## **2. Компетенция/Индикатор:** ИД-2ПК-4 Проводит калибровочные процедуры измерительных систем

### **Вопросы, задания**

1. требования к точности эталонных средств измерений, используемых при калибровке и поверке индуктивных и емкостных ИП перемещений
2. Определить максимально допустимую погрешность меры сопротивления, используемую для калибровки измерительного преобразователя сопротивления в напряжения с основной погрешностью 0,1 %, найти абсолютное значение этой погрешности, если мера воспроизводит сопротивления в диапазоне от 100 до 200 Ом.
3. Основные требования к средствам измерений, установленные в законе «Об обеспечении единства измерений»

### **Материалы для проверки остаточных знаний**

1. Функция преобразования измерительного преобразователя (ИП) определяет:

Ответы:

1. Связь входной величины с выходной величиной ИП
2. Зависимость выходной величины от влияющих величин
3. Зависимость выходной величины (ИП) от входной величины и влияющих величин
4. Зависимость выходной величины от входной величины
5. Зависимость результата преобразования от влияющих величин

Верный ответ: 3, 4

2. С какой целью нормируют метрологические характеристики ИП?

Ответы:

1. Чтобы уменьшить погрешность преобразования ИП
2. Чтобы уменьшить влияние неинформативных параметров входной величины на результат измерения
3. Для расчета неопределенности (погрешности) результата измерения при использовании данного ИП в измерительном приборе
4. Для расчета значений входной величины
5. Для расчета погрешностей вычислительно-измерительной системы, использующей данный ИП

Верный ответ: 3, 4, 5

3. Какие из перечисленных ниже характеристик ИП являются метрологическими?

Ответы:

1. Нижний и верхний пределы преобразования входной величины
2. Степень защиты ИП от проникновения пыли и влаги
3. Номинальная статическая функция преобразования ИП
4. Срок службы ИП
5. Предел допускаемой погрешности ИП по входу

Верный ответ: 1, 3, 5

4. Какие из указанных характеристик ИП определяют его динамическую погрешность?

Ответы:

1. Масса ИП
2. Верхняя и нижняя граничные частоты полосы пропускания
3. Размеры ИП
4. Постоянная времени ИП
5. Время установления результата преобразования
6. Предельно допускаемые частота и амплитуда вибраций

Верный ответ: 2, 4, 5

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня не было получено правильных ответов*

## **III. Правила выставления итоговой оценки по курсу**

Итоговая оценка по совокупности результатов текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации. формула для оценки:  $ИТОГ=0,1KM1+0,1KM2+0,1KM3+0,1KM4+0,6ПА$