

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

**Направление подготовки/специальность: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника**

**Наименование образовательной программы: Научно-технологические инновации и управление инновациями в теплоэнергетике**

**Уровень образования: высшее образование - магистратура**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Методы экспериментальных исследований**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шевченко И.В.
	Идентификатор	R0722806b-ShevchenkoIGV-73cb478

И.В.  
Шевченко

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Милюков И.А.
	Идентификатор	R4a280e9c-MiliukovIA-621c67c1

И.А.  
Милюков

Заведующий  
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Рогалев А.Н.
	Идентификатор	Rb956ba44-RogalevAN-6233a28b

А.Н. Рогалев

## 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:

1. ПК-2 Способен применять информационные технологии на всех стадиях жизненного цикла наукоемкой продукции

ИД-1 Проводит научные исследования с применением методов математического и физического моделирования, обрабатывает и интерпретирует полученные результаты

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Защита задания

1. КМ-2. Визуализация линий тока в жидкостях и газах (Лабораторная работа)
2. КМ-3. Сборка измерительной петли для определения давления, температуры в процессе эксперимента (Лабораторная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. КМ-1. Определение параметров потока с помощью газодинамических функций (Контрольная работа)
2. КМ-6. Физическое моделирование гидрогазодинамических процессов (Тестирование)

Форма реализации: Проверка задания

1. КМ-4. Экспериментальное исследование течений в типовых каналах арматуры (Лабораторная работа)
2. КМ-5. Экспериментальное исследование системы охлаждения лопатки газовой турбины (Лабораторная работа)

## БРС дисциплины

2 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %						
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
	Срок КМ:	4	8	10	12	14	16
Физическое моделирование гидрогазодинамических процессов и методы их исследования							
Физическое моделирование гидрогазодинамических процессов. Устройство газодинамических стендов	+	+	+	+	+	+	+
Методы исследования течения газового потока в элементах энергетического оборудования	+	+	+	+	+	+	+
Автоматизация сбора и обработки данных измерений параметров гидрогазодинамических							

процессов						
Автоматизация сбора и обработки данных измерений параметров гидрогазодинамических процессов		+	+	+	+	+
Погрешности измерения параметров физических процессов		+	+	+	+	+
Вес КМ:	10	15	20	20	20	15

\$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-2	ИД-1ПК-2 Проводит научные исследования с применением методов математического и физического моделирования, обрабатывает и интерпретирует полученные результаты	<p>Знать:</p> <p>основные принципы моделирования, обеспечивающие гидромеханическое подобие потоков</p> <p>методы и средства измерения параметров гидрогазодинамических процессов для проведения их экспериментальных исследований</p> <p>Уметь:</p> <p>проводить экспериментальные исследования гидрогазодинамических процессов</p> <p>обрабатывать и интерпретировать результаты экспериментальных исследований гидрогазодинамических процессов, протекающих в</p>	<p>КМ-1. Определение параметров потока с помощью газодинамических функций (Контрольная работа)</p> <p>КМ-2. Визуализация линий тока в жидкостях и газах (Лабораторная работа)</p> <p>КМ-3. Сборка измерительной петли для определения давления, температуры в процессе эксперимента (Лабораторная работа)</p> <p>КМ-4. Экспериментальное исследование течений в типовых каналах арматуры (Лабораторная работа)</p> <p>КМ-5. Экспериментальное исследование системы охлаждения лопатки газовой турбины (Лабораторная работа)</p> <p>КМ-6. Физическое моделирование гидрогазодинамических процессов (Тестирование)</p>

		элементах наукоемкого оборудования	
--	--	---------------------------------------	--

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

### КМ-1. КМ-1. Определение параметров потока с помощью газодинамических функций

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенты получают вариант контрольной работы. На выполнение контрольной работы отводится 45 минут

#### Краткое содержание задания:

Ориентирован на проверку знания по соответствующему разделу дисциплины

#### Контрольные вопросы/задания:

<p>Знать: методы и средства измерения параметров гидрогазодинамических процессов для проведения их экспериментальных исследований</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. При течении фреона (<math>\kappa = 1,12</math>) замерены параметры <math>P = 0,25 \text{ МПа}</math>; <math>P^* = 0,32 \text{ МПа}</math>; <math>T^* = 565 \text{ К}</math>. Найти скорость течения газа</li><li>2. Скорость течения воздуха <math>W = 255 \text{ м/с}</math>, <math>T^* = 475 \text{ К}</math>, <math>\kappa = 1,4</math>, <math>P = 0,25 \text{ МПа}</math>. Найти полное давление и число Маха</li><li>3. В трубопроводе диаметром <math>d = 250 \text{ мм}</math> течет воздух (<math>\kappa = 1,4</math>), давление <math>P = 0,45 \text{ МПа}</math>; <math>P^* = 0,52 \text{ МПа}</math>; <math>T^* = 320 \text{ К}</math>. Определить расход и скорость течения</li><li>4. Найти соотношение мощностей, необходимых для работы аэродинамической трубы на одном и том же числе <math>M</math>, если рабочим газом, при одном и том же давлении служит: 1) воздух, <math>\kappa = 1,4</math>; <math>R_v = 287 \text{ Дж/кгК}</math>; 2) фреон (для фреона <math>\kappa_f = 1,12</math>; <math>R_f = 68,7 \text{ Дж/кгК}</math>; <math>\rho_f = 4,18 \text{ кг/м}^3</math>). Мощность, необходимая для работы трубы, пропорциональна величине <math>\rho W^3</math>, <math>W</math> – скорость</li><li>5. Воздух вытекает в атмосферу, атмосферное давление <math>0,1 \text{ МПа}</math>, из отверстия в стенке баллона <math>10 \text{ мм}</math>. Найти величину давления в баллоне для достижения критического перепада давления и скорость истечения. Температура воздуха в баллоне <math>288 \text{ К}</math></li><li>6. Определить величину расхода <math>G_m</math> для обеспечения газодинамического подобия при продувке канала в модельных условиях. Натурные условия: расход воздуха <math>G_n = 0,25 \text{ кг/с}</math>, канал прямоугольного сечения <math>10 \times 40 \text{ мм}</math>, температура воздуха <math>400 \text{ }^\circ\text{C}</math>. Модельные условия: площадь канала уменьшена в 4 раза, температура воздуха <math>100 \text{ }^\circ\text{C}</math>. Зависимость для динамической вязкости <math>\mu = f(T) 0,64</math>.</li><li>7. При течении фреона (<math>\kappa = 1,12</math>) замерены параметры <math>P = 0,35 \text{ МПа}</math>; <math>P^* = 0,43 \text{ МПа}</math>; <math>T^* = 450 \text{ К}</math>. Найти скорость течения газа</li><li>8. Скорость течения воздуха <math>W = 185 \text{ м/с}</math>, <math>T^* = 450 \text{ К}</math>, <math>\kappa</math></li></ol>
---	--

	$\kappa=1,4$ , $P=0,35$ МПа. Найти полное давление и число Маха 9.В трубопроводе диаметром $d = 300$ мм течет воздух ( $\kappa=1,4$ ), давление $P= 0,55$ МПа; $P^*= 0,61$ МПа; $T^*=380$ К. Определить расход и скорость течения
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

**КМ-2. КМ-2. Визуализация линий тока в жидкостях и газах**

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Закрепить экспериментальную модель №1 в рабочий участок экспериментального стенда. Запустить погружной насос, находящийся в баке-ресивере, наблюдать за заполнением рабочего участка водой. Путем изменения высоты сливного отверстия рабочего участка обеспечить минимальную скорость движения воды. В начало рабочего участка установить поплавков, включить секундомер и зафиксировать время его движения от начала рабочего участка до его конца. Для исключения ошибки измерения повторить измерение времени движения поплавка на установившемся режиме течения воды. В пластиковый шприц набрать люминесцентную жидкую краску, соединить выходное отверстие шприца резиновым шлангом. Установить шланг перед экспериментальной моделью, подать струйки люминесцентной краски в поток воды с одновременной видео-фиксацией структуры течения. Увеличить скорость течения воды в рабочем участке путем увеличения высоты сливного отверстия. С помощью поплавка измерить время его движения в рабочем участке экспериментального стенда. Осуществить подачу струек краски перед экспериментальной моделью и видео-фиксацию структуры их течения. Повторить эксперимент для модели №2 и №3. Обработать результаты эксперимента, провести анализ структуры течения при обтекании потоком различных тел

**Краткое содержание задания:**

Ориентирован на проверку умений по соответствующему разделу дисциплины

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: обрабатывать и интерпретировать результаты	1.Как изменяется градиент давления в потоке при наличии отрыва в канале?
---	--



экспериментальных исследований гидрогазодинамических процессов, протекающих в элементах наукоемкого оборудования	
Уметь: проводить экспериментальные исследования гидрогазодинамических процессов	<p>1.Что такое дорожка Кармана и при каких условиях в потоке ее можно наблюдать?</p> <p>2.Как изменяется скорость линии тока при ее отрыве от тела в потоке?</p>

### Описание шкалы оценивания:

*Оценка:* зачтено

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "зачтено" выставляется если задание выполнено правильно или с незначительными недочетами

*Оценка:* не зачтено

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "не зачтено" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию

### **КМ-3. КМ-3. Сборка измерительной петли для определения давления, температуры в процессе эксперимента**

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Разложить на рабочем столе перед собой все элементы измерительной петли: подставку с измерителем сигналов, датчик давления, датчик температуры, коммутационные провода. Проверить наличие сопутствующего оборудования: шлицевой и крестовой отвертки, технических схем по подключению и соединению коммутационных проводов на все устройства. Перед началом работы убедиться, что измеритель сигналов отключен от электросети. Открутить два винта на корпусе измерителя и сдвинуть крышку. Под крышкой расположена коммутационная шина с зажимами для проводов. Зафиксировать на din-рейке датчик давления и температуры. Подсоединить датчик температур проводами к коммутационной шине измерителя согласно схеме соединений датчика температуры. Закрепить винты. Подсоединить датчик давления проводами к коммутационной шине измерителя согласно схеме соединения датчика давления. Закрепить винты. Самостоятельно проверить правильность и полярность всех соединений и сообщить преподавателю. После проверки схемы преподавателем закрыть крышку измерителя и закрутить фиксационные винты. Включить измеритель в электрическую сеть. Используя техническую документацию на измеритель, осуществить настройку каналов датчиков. Сообщить о готовности преподавателю

### **Краткое содержание задания:**

Ориентирован на проверку умений по соответствующему разделу дисциплины

### **Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: обрабатывать и интерпретировать результаты экспериментальных исследований	<p>1.Имеет ли значение полярность подключения проводов датчика температуры к измерителю? Объясните принцип работы термопары. Какие типы датчиков температур Вы знаете?</p>
--	--

гидрогазодинамических процессов, протекающих в элементах наукоемкого оборудования	
Уметь: проводить экспериментальные исследования гидрогазодинамических процессов	<p>1.Что такое «токовая петля»? Чем цифровой сигнал измерительного датчика отличается от аналогового. Как определить обрыв петли?</p> <p>2.Какие типы датчиков давления Вы знаете? Чем отличается полное давление от статического? Каким образом происходит измерение полного и статического давления в потоке?</p>

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка:* зачтено

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "зачтено" выставляется если задание выполнено правильно или с незначительными недочетами

*Оценка:* не зачтено

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "не зачтено" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию

#### **КМ-4. КМ-4. Экспериментальное исследование течений в типовых каналах арматуры**

**Формы реализации:** Проверка задания

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Установить цилиндрический участок трубы на рабочий участок стенда. Подключить датчики измерения давления. Запустить роторную установку, частотно-регулирующим приводом установить частоту вращения воздуходувки равную 15%. Измерить и зафиксировать в протоколе экспериментальных исследований значение расхода на расходомере подводящего трубопровода, значения полного давления рабочей среды в баке-ресивере. С помощью координатного устройства осуществить измерение и фиксацию полного давления потока на выходе из экспериментальной модели. Повторить экспериментальное исследование цилиндрического участка трубы при частоте вращения 20 и 40%. Выключить воздуходувку. Заменить на стенде цилиндрический участок трубы на диффузорный канал и повторить экспериментальные исследования. Обработать результаты эксперимента, провести анализ влияния режима течения на коэффициент потерь энергии в различных каналах

#### **Краткое содержание задания:**

Ориентирован на проверку умений по соответствующему разделу дисциплины

#### **Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: обрабатывать и интерпретировать результаты экспериментальных исследований гидрогазодинамических процессов, протекающих в элементах наукоемкого оборудования	<p>1. Как определить статическое давления в баке-ресивере, зная давление полного торможения в потоке?</p>
--	---

<p>Уметь: проводить экспериментальные исследования гидрогазодинамических процессов</p>	<p>1.Каким образом классифицируются потери энергии в каналах арматуры? Какие существуют эмпирические методики для их определения? 2.Каким образом возможно верифицировать показания расходомера, установленного на экспериментальном стенде?</p>
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: зачтено*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "зачтено" выставляется если задание выполнено правильно или с незначительными недочетами

*Оценка: не зачтено*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "не зачтено" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию

**КМ-5. КМ-5. Экспериментальное исследование системы охлаждения лопатки газовой турбины**

**Формы реализации:** Проверка задания

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Установить экспериментальную модель системы охлаждения лопатки газовой турбины на экспериментальный стенд. К штуцерам экспериментальной модели, располагающимся соосно с отверстиями измерения статического давления, подсоединить шланги, свободный конец которых подсоединить к датчикам давления, установленным на измерительной стойке. Включить компрессор для подачи сжатого воздуха для подачи в бочку-ресивер. Провести экспериментальные исследования при следующих перепадах давления охлаждающего воздуха 1.2, 1.4, 1.6, 1.8, 2.0, 2.2. Замер измеряемых величин провести в прямом и обратном направлениях, с увеличением и уменьшением давления на входе в модель

**Краткое содержание задания:**

Ориентирован на проверку умений по соответствующему разделу дисциплины

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: обрабатывать и интерпретировать результаты экспериментальных исследований гидрогазодинамических процессов, протекающих в элементах наукоемкого оборудования</p>	<p>1.Что такое расходная характеристика системы охлаждения лопаток газовой турбин и как ее получить?</p>
<p>Уметь: проводить экспериментальные исследования гидрогазодинамических процессов</p>	<p>1.Как называется перепад давления, после которого не происходит изменение расхода потока в систему охлаждения лопатки? 2.Для чего необходимо проводить измерения давления в узлах системы охлаждения лопаток газовых турбин?</p>

**Описание шкалы оценивания:**

Оценка: зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "зачтено" выставляется если задание выполнено правильно или с незначительными недочетами

Оценка: не зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "не зачтено" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию

### КМ-6. КМ-6. Физическое моделирование гидрогазодинамических процессов

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенты получают вариант теста. На выполнение теста отводится 15 минут без возможности пользоваться вспомогательным материалом

**Краткое содержание задания:**

Ориентирован на проверку знания по соответствующему разделу дисциплины

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: основные принципы моделирования, обеспечивающие гидромеханическое подобие потоков	<p>1. Что является подобием по параметрам состояния:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. параметры, в частности, давление в сходственных точках модельного и натурного потоков (<math>p_M</math>; <math>p</math>), должны находиться в одинаковых соотношениях, т.е. <math>p_M = f_{pp} + \text{const}</math>, где <math>f_{pp}</math> - масштаб параметрического подобия по давлению</li><li>2. физические константы рабочего тела, в частности, динамическая вязкость модельного и натурного потоков (<math>\mu_M</math>, <math>\mu</math>) должны находиться в одинаковых соотношениях, т.е. <math>\mu_M = f_{\mu\mu}</math>, где <math>f_{\mu\mu}</math> - масштаб подобия физических констант по вязкости</li><li>3. скорости в сходственных точках модельного и натурного потоков (<math>v_M</math>, <math>v</math>) должны находиться в одинаковых соотношениях, т.е. <math>v_M = f_{vv}</math>, где <math>f_{vv}</math> - масштаб кинематического подобия</li></ol> <p>Ответ: 1</p> <p>2. Выберите определение первой теоремы подобия:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. всякое уравнение, описывающее физический процесс, в частности, течение рабочего тела, можно преобразовать в безразмерное уравнение, состоящее из критериев подобия</li><li>2. для подобных явлений можно составить безразмерные сочетания параметров - критерии подобия, имеющие одинаковые значения в сравниваемых явлениях, в частности, в модельном и натурном потоках</li><li>3. подобие процессов осуществляется при пропорциональности всех сходственных параметров и при равенстве критериев подобия, определенных по второй теореме</li></ol> <p>Ответ: 2</p> <p>3. Выражение для критерия Фруда:</p>
--	--

	<p>1. <math>g l / \omega^2 = 1 / Fr</math></p> <p>2. <math>g l / \omega = 1 / Fr</math></p> <p>3. <math>l / \omega = 1 / Fr</math></p> <p>Ответ: 1</p> <p>4. Расход среды с помощью газодинамических функций определяется по формуле:</p> <p>1. <math>G = m(T^* F q(\lambda)) / \sqrt{(P^*)}</math></p> <p>2. <math>G = m(P^* F q(\lambda)) / \sqrt{(T^*)}</math></p> <p>3. <math>G = (T^* F q(\lambda)) / \sqrt{(P^*)}</math></p> <p>Ответ: 2</p> <p>5. Выражение для определения газодинамической функции <math>\pi(\lambda)</math> является:</p> <p>1. <math>(1 - \frac{k-1}{k+1} \lambda^2) k / (k - 1)</math></p> <p>2. <math>(1 + \frac{k-1}{k+1} \lambda^2) k / (k - 1)</math></p> <p>3. <math>(1 + \frac{k+1}{k-1} \lambda^2) k / (k - 1)</math></p> <p>Ответ: 1</p>
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено*

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 2 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

### Пример билета

Билет №1

1. Теоремы подобия. Режимы течения
2. Математическая обработка исправленных результатов измерений
3. При течении фреона ( $\kappa = 1,12$ ) замерены параметры  $P = 0,25$  МПа;  $P^* = 0,32$  МПа;  $T^* = 565$  К. Найти скорость течения газа

### Процедура проведения

Экзамен проводится в устной форме, включает теоретические вопросы и задание. К экзамену допускаются студенты, успешно выполнившие и защитившие все контрольные мероприятия

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1ПК-2 Проводит научные исследования с применением методов математического и физического моделирования, обрабатывает и интерпретирует полученные результаты

### Вопросы, задания

1. Основные принципы моделирования, обеспечивающие гидромеханическое подобие потоков
2. Теоремы подобия. Режимы течения
3. Методы и средства измерений давлений потоков. Методы и средства измерений температур потоков
4. Методы и средства измерения средних и мгновенных скоростей. Методы и средства измерения поверхностного трения
5. Газодинамические функции
6. Сигналы в измерительной системе. Электронные компоненты измерительной системы
7. Подключение измерительной системы в ЭВМ
8. Погрешности средств измерений и результатов измерений
9. Математическое ожидание и дисперсия
10. Математическая обработка исправленных результатов измерений
11. Задачи:  
При течении фреона ( $\kappa = 1,12$ ) замерены параметры  $P = 0,25$  МПа;  $P^* = 0,32$  МПа;  $T^* = 565$  К. Найти скорость течения газа
12. Скорость течения воздуха  $W = 255$  м/с,  $T^* = 475$  К,  $\kappa = 1,4$ ,  $P = 0,25$  МПа. Найти полное давление и число Маха
13. В трубопроводе диаметром  $d = 250$  мм течет воздух ( $\kappa = 1,4$ ), давление  $P = 0,45$  МПа;  $P^* = 0,52$  МПа;  $T^* = 320$  К. Определить расход и скорость течения
14. Найти соотношение мощностей, необходимых для работы аэродинамической трубы на одном и том же числе  $M$ , если рабочим газом, при одном и том же давлении служит:  
1) воздух,  $\kappa = 1,4$ ;  $R_v = 287$  Дж/кгК; 2) фреон (для фреона  $\kappa_f = 1,12$ ;  $R_f = 68,7$  Дж/кгК;  $\rho_f = 4,18$  рв). Мощность, необходимая для работы трубы, пропорциональна величине  $\rho W^3$ ,  $W$  – скорость

15. Воздух вытекает в атмосферу, атмосферное давление 0,1 МПа, из отверстия в стенке баллона 10 мм. Найти величину давления в баллоне для достижения критического перепада давления и скорость истечения. Температура воздуха в баллоне 288 К

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Определение случайной погрешности

Ответы:

1. отклонения измеренного значения от истинного, сохраняющиеся при повторных экспериментах всегда с одним знаком и практически одинаковой величиной;
2. отклонения, обусловленные несовершенством измерительной техники;
3. отклонения, меняющиеся от измерения к измерению как по знаку, так и по величине

Верный ответ: 3

2. Полная (абсолютная) погрешность измерения  $\Delta x_{\text{полн}}$  рассчитывается как:

Ответы:

$$\text{а) } \Delta x_{\text{полн}} = \sqrt{\Delta x_{\text{случ}}^2 + \Delta x_{\text{прибор}}^2};$$

$$\text{б) } \Delta x_{\text{полн}} = \sqrt{\Delta x_{\text{случ}}^2 - \Delta x_{\text{прибор}}^2};$$

$$\text{в) } \Delta x_{\text{полн}} = \Delta x_{\text{случ}}^2 + \Delta x_{\text{прибор}}^2$$

Верный ответ: 1

3. На сколько групп можно разделить основные приборы и способы измерения теплофизических величин:

Ответы:

1. 2
2. 3
3. 5

Верный ответ: 2

4. Механические термометры основаны на:

Ответы:

1. измерении теплового расширения сред и тел при изменении температуры
2. методе измерения электрического сигнала в проводнике, подвергнутом нагреву или охлаждению
3. измерении излучения нагретых тел

Верный ответ: 1

5. Выберите диапазон рабочих давлений для жидкостных манометров:

Ответы:

1. до 10 МПа
2. до 150 МПа
3. до 0.2 МПа

Верный ответ: 1

6. Что является подобием по параметрам состояния:

Ответы:

1. параметры, в частности, давление в сходственных точках модельного и натурального потоков ( $p_m$ ;  $p$ ), должны находиться в одинаковых соотношениях, т.е.  $p_m = f p + \text{const}$ , где  $f p$  - масштаб параметрического подобия по давлению
2. физические константы рабочего тела, в частности, динамическая вязкость модельного и натурального потоков ( $\mu_m$ ,  $\mu$ ) должны находиться в одинаковых соотношениях, т.е.  $\mu_m = f \mu$ , где  $f \mu$  - масштаб подобия физических констант по вязкости

3. скорости в сходственных точках модельного и натурального потоков ( $v_M, v$ ) должны находиться в одинаковых соотношениях, т.е.  $v_M = fv$ , где  $f$  - масштаб кинематического подобия

Верный ответ: 1

7. Выберите определение первой теоремы подобия:

Ответы:

1. всякое уравнение, описывающее физический процесс, в частности, течение рабочего тела, можно преобразовать в безразмерное уравнение, состоящее из критериев подобия

2. для подобных явлений можно составить безразмерные сочетания параметров - критерии подобия, имеющие одинаковые значения в сравниваемых явлениях, в частности, в модельном и натурном потоках

3. подобие процессов осуществляется при пропорциональности всех сходственных параметров и при равенстве критериев подобия, определенных по второй теореме

Верный ответ: 2

8. Выражение для критерия Фруда:

Ответы:

1.  $g l / \omega^2 = 1 / Fr$

2.  $g l / \omega = 1 / Fr$

3.  $l / \omega = 1 / Fr$

Верный ответ: 1

9. Расход среды с помощью газодинамических функций определяется по формуле:

Ответы:

1.  $G = m(T^* F q(\lambda)) / \sqrt{(P^*)}$

2.  $G = m(P^* F q(\lambda)) / \sqrt{(T^*)}$

3.  $G = (T^* F q(\lambda)) / \sqrt{(P^*)}$

Верный ответ: 2

10. Выражение для определения газодинамической функции  $\pi(\lambda)$  является:

Ответы:

1.  $(1 - \frac{k-1}{k+1} \lambda^2) k / (k - 1)$

2.  $(1 + \frac{k-1}{k+1} \lambda^2) k / (k - 1)$

3.  $(1 + \frac{k+1}{k-1} \lambda^2) k / (k - 1)$

Верный ответ: 1

## II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 85

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: 75

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.

Оценка: 2



*Описание характеристики выполнения знания: Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно*

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

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании зачетной и экзаменационной составляющих