

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

**Направление подготовки/специальность: 13.04.03 Энергетическое машиностроение**

**Наименование образовательной программы: Газотурбинные, паротурбинные установки и двигатели**

**Уровень образования: высшее образование - магистратура**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Методы экспериментальных исследований турбомашин**

**Москва  
2024**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дмитриев С.С.
	Идентификатор	R846d2b27-DmitriyevSS-53ab7859

С.С.  
Дмитриев

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Митрохова О.М.
	Идентификатор	R1d0f453c-FichoriakOM-ee811867

О.М.  
Митрохова

Заведующий  
выпускающей  
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Грибин В.Г.
	Идентификатор	R44612ca0-GribinVG-8231e2ff

В.Г. Грибин

## 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. РПК-5 Способен к научно-исследовательской деятельности в сфере энергетического машиностроения

ИД-1 Выполняет теоретические и экспериментальные исследования процессов, происходящих в объектах профессиональной деятельности

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Смешанная форма

1. Лабораторная работа №1 "Определение энергетических характеристик в плоском диффузорном канале при безотрывных и отрывных режимах течения" (Лабораторная работа)

2. Лабораторная работа №2 "Определение влияния угловых точек и точек излома поверхности на распределение давлений и скоростей в плоском диффузорном канале при безотрывных и отрывных режимах течения" (Лабораторная работа)

3. Лабораторная работа №3 "Определение пульсационных характеристик пристеночного давления в турбулентном пограничном слое при конфузорном, безградиентном и диффузорном течении в плоском канале" (Лабораторная работа)

4. Лабораторная работа №4 "Осреднение давления полного торможения и статического давления на входе в плоский диффузорный канал для приведения осредненного потока к одномерному при безотрывных и отрывных режимах течения" (Лабораторная работа)

5. Лабораторная работа №5 "Определение коэффициента полных потерь и полей скоростей на входе в модель бездиффузорного выхлопного патрубка ЦВД турбины К-1000/6,8/50 для АЭС при существенной неравномерности потока" (Лабораторная работа)

6. Лабораторная работа №6 "Тарировка мерного суживающегося сопла по образцовому соплу Витошинского" (Лабораторная работа)

## БРС дисциплины

### 3 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

КМ-1 Лабораторная работа №1 "Определение энергетических характеристик в плоском диффузорном канале при безотрывных и отрывных режимах течения" (Лабораторная работа)

КМ-2 Лабораторная работа №2 "Определение влияния угловых точек и точек излома поверхности на распределение давлений и скоростей в плоском диффузорном канале при безотрывных и отрывных режимах течения" (Лабораторная работа)

- КМ-3 Лабораторная работа №3 "Определение пульсационных характеристик пристеночного давления в турбулентном пограничном слое при конфузормом, безградиентном и диффузорном течении в плоском канале" (Лабораторная работа)
- КМ-4 Лабораторная работа №4 "Осреднение давления полного торможения и статического давления на входе в плоский диффузорный канал для приведения осредненного потока к одномерному при безотрывных и отрывных режимах течения" (Лабораторная работа)
- КМ-5 Лабораторная работа №5 "Определение коэффициента полных потерь и полей скоростей на входе в модель бездиффузорного выхлопного патрубка ЦВД турбины К-1000/6,8/50 для АЭС при существенной неравномерности потока" (Лабораторная работа)
- КМ-6 Лабораторная работа №6 "Тарировка мерного суживающегося сопла по образцовому соплу Витошинского" (Лабораторная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.**

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %						
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
	Срок КМ:	3	6	9	12	14	16
Методы измерения параметров паровых и газовых потоков и обработки экспериментальных данных							
Методы измерения параметров паровых и газовых потоков и обработки экспериментальных данных	+	+	+				
Методы осреднения параметров неравномерных потоков							
Методы осреднения параметров неравномерных потоков					+	+	
Методы измерения расходов паровых и газовых сред							
Методы измерения расходов паровых и газовых сред							+
Вес КМ:	20	15	15	20	20	10	

## 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
РПК-5	ИД-1 <sub>РПК-5</sub> Выполняет теоретические и экспериментальные исследования процессов, происходящих в объектах профессиональной деятельности	<p>Знать:</p> <p>методы измерения параметров паровых и газовых потоков</p> <p>методы измерения расходов паровых и газовых сред</p> <p>методы осреднения параметров потоков, существенно неравномерных по сечению</p> <p>методы расчета экономической эффективности элементов проточных частей турбомашин на основе полученных экспериментальных данных</p> <p>Уметь:</p> <p>применять методы измерения параметров паровых и газовых потоков в экспериментальных</p>	<p>КМ-1 Лабораторная работа №1 "Определение энергетических характеристик в плоском диффузорном канале при безотрывных и отрывных режимах течения" (Лабораторная работа)</p> <p>КМ-2 Лабораторная работа №2 "Определение влияния угловых точек и точек излома поверхности на распределение давлений и скоростей в плоском диффузорном канале при безотрывных и отрывных режимах течения" (Лабораторная работа)</p> <p>КМ-3 Лабораторная работа №3 "Определение пульсационных характеристик пристеночного давления в турбулентном пограничном слое при конфузорном, безградиентном и диффузорном течении в плоском канале" (Лабораторная работа)</p> <p>КМ-4 Лабораторная работа №4 "Осреднение давления полного торможения и статического давления на входе в плоский диффузорный канал для приведения осредненного потока к одномерному при безотрывных и отрывных режимах течения" (Лабораторная работа)</p> <p>КМ-5 Лабораторная работа №5 "Определение коэффициента полных потерь и полей скоростей на входе в модель бездиффузорного выхлопного патрубка ЦВД турбины К-1000/6,8/50 для АЭС при существенной неравномерности потока" (Лабораторная работа)</p> <p>КМ-6 Лабораторная работа №6 "Тарировка мерного суживающегося сопла по образцовому соплу Витошинского" (Лабораторная работа)</p>

		<p>исследованиях на моделях элементов проточных частей турбомашин применять методы измерения расходов паровых и газовых сред в экспериментальных исследованиях применять методы осреднения параметров потоков с использованием экспериментальных данных, полученных в экспериментальных исследованиях на моделях элементов проточных частей турбомашин применять методы расчета экономической эффективности элементов проточной части турбомашин на основе полученных экспериментальных данных</p>	
--	--	--	--

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

### КМ-1. Лабораторная работа №1 "Определение энергетических характеристик в плоском диффузорном канале при безотрывных и отрывных режимах течения"

**Формы реализации:** Смешанная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Для допуска к защите проверяется письменное выполнение задания и оформление бланка лабораторной работы. Защита лабораторной работы проводится в форме устного опроса.

#### Краткое содержание задания:

На защите студенту задаются теоретические и практические вопросы по выполненной лабораторной работе.

#### Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: методы измерения параметров паровых и газовых потоков	1.Схема экспериментальной установки. 2.Какие параметры и на каких объектах схемы измерялись во время работы?
Уметь: применять методы измерения параметров паровых и газовых потоков в экспериментальных исследованиях на моделях элементов проточных частей турбомашин	1.Связь коэффициента полных потерь и коэффициента восстановления давления. 2.Порядок определения коэффициента полных потерь при равномерном поле скоростей на входе в диффузорный участок. 3.Порядок определения коэффициента восстановления давления при равномерном поле скоростей на входе в диффузорный участок. 4.Порядок определения коэффициента полезного действия диффузора при равномерном поле скоростей на входе в диффузорный участок.

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если на все вопросы даны правильные ответы, без недочетов.

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если на все вопросы даны ответы, при этом суммарно допущено не более двух ошибок.

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если не менее чем на половину вопросов даны правильные ответы либо при ответе часто допускались ошибки.

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если правильно даны ответы менее чем на половину вопросов.

**КМ-2. Лабораторная работа №2 "Определение влияния угловых точек и точек излома поверхности на распределение давлений и скоростей в плоском диффузорном канале при безотрывных и отрывных режимах течения"**

**Формы реализации:** Смешанная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Для допуска к защите проверяется письменное выполнение задания и оформление бланка лабораторной работы. Защита лабораторной работы проводится в форме устного опроса.

**Краткое содержание задания:**

На защите студенту задаются теоретические и практические вопросы по выполненной лабораторной работе.

**Контрольные вопросы/задания:**

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: методы измерения параметров паровых и газовых потоков	1. Как проводились измерения в работе?
Уметь: применять методы измерения параметров паровых и газовых потоков в экспериментальных исследованиях на моделях элементов проточных частей турбомашин	1. О чем свидетельствует наличие разрыва в функции распределения скорости при больших углах отклонения стенки? 2. Условия возникновения отрыва пограничного слоя от стенки. 3. Объяснение влияния угловой точки канала на течение при движении идеальной жидкости.

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если на все вопросы даны правильные ответы, без недочетов.

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если на все вопросы даны ответы, при этом суммарно допущено не более двух ошибок.

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если не менее чем на половину вопросов даны правильные ответы либо при ответе часто допускались ошибки.

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если правильно даны ответы менее чем на половину вопросов.

**КМ-3. Лабораторная работа №3 "Определение пульсационных характеристик пристеночного давления в турбулентном пограничном слое при конфузормом, безградиентном и диффузормом течении в плоском канале"**

**Формы реализации:** Смешанная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Для допуска к защите проверяется письменное выполнение задания и оформление бланка лабораторной работы. Защита лабораторной работы проводится в форме устного опроса.

**Краткое содержание задания:**

На защите студенту задаются теоретические и практические вопросы по выполненной лабораторной работе.

**Контрольные вопросы/задания:**

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: методы измерения параметров паровых и газовых потоков	1.Порядок обработки полученных результатов. 2.Спектры пульсаций давления. 3.Понятие амплитудно-частотной характеристики. 4.Физический смысл АЧХ применительно к пульсациям давления.

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если на все вопросы даны правильные ответы, без недочетов.

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если на все вопросы даны ответы, при этом суммарно допущено не более двух ошибок.

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если не менее чем на половину вопросов даны правильные ответы либо при ответе часто допускались ошибки.

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если правильно даны ответы менее чем на половину вопросов.

**КМ-4. Лабораторная работа №4 "Осреднение давления полного торможения и статического давления на входе в плоский диффузорный канал для приведения осредненного потока к одномерному при безотрывных и отрывных режимах течения"**

**Формы реализации:** Смешанная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Для допуска к защите проверяется письменное выполнение задания и оформление бланка лабораторной работы. Защита лабораторной работы проводится в форме устного опроса.

**Краткое содержание задания:**

На защите студенту задаются теоретические и практические вопросы по выполненной лабораторной работе.

**Контрольные вопросы/задания:**

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: методы осреднения параметров потоков, существенно неравномерных по сечению	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Схема экспериментальной установки.</li> <li>2.Какие параметры и на каких объектах схемы измерялись во время работы.</li> <li>3.Статическое давление. Понятие и способы определения.</li> <li>4.Назначение диффузорных каналов. Изобразить процесс в диффузорном канале в <math>h,s</math>-иаграмме для осредненных значений параметров потока для канала с равномерным входным профилем скоростей (без предвключенного участка)</li> <li>5.Назначение диффузорных каналов. Изобразить процесс в диффузорном канале в <math>h,s</math>-диаграмме для осредненных значений параметров потока для канала с неравномерным входным профилем скоростей (с предвключенным участком)</li> <li>6.Степень неравномерности давлений при осреднении. Показать по результатам работы.</li> <li>7.Относительная погрешность осреднения. Показать по результатам работы.</li> <li>8.Причины неравномерности показаний давления на входе и выходе из канала.</li> </ol>
Уметь: применять методы осреднения параметров потоков с использованием экспериментальных данных, полученных в экспериментальных исследованиях на моделях элементов проточных частей турбомашин	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Определение давления полного торможения для осредненного потока по результатам работы.</li> <li>2.Определение статического давления для осредненного потока по результатам работы.</li> </ol>

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если на все вопросы даны правильные ответы, без недочетов.

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если на все вопросы даны ответы, при этом суммарно допущено не более двух ошибок.

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если не менее чем на половину вопросов даны правильные ответы либо при ответе часто допускались ошибки.

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если правильно даны ответы менее чем на половину вопросов.

**КМ-5. Лабораторная работа №5 "Определение коэффициента полных потерь и полей скоростей на входе в модель бездиффузорного выхлопного патрубка ЦВД турбины К-1000/6,8/50 для АЭС при существенной неравномерности потока"**

**Формы реализации:** Смешанная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Для допуска к защите проверяется письменное выполнение задания и оформление бланка лабораторной работы. Защита лабораторной работы проводится в форме устного опроса.

**Краткое содержание задания:**

На защите студенту задаются теоретические и практические вопросы по выполненной лабораторной работе.

**Контрольные вопросы/задания:**

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: методы расчета экономической эффективности элементов проточных частей турбомашин на основе полученных экспериментальных данных	1. Процесс в $h,s$ -диаграмме преобразования энергии в бездиффузорных выходных патрубках турбин. 2. Поле скоростей на входе в модельный патрубок. Пояснить способ построения. 3. Значение $\zeta_p$ для в бездиффузорных выходных патрубков.
Уметь: применять методы расчета экономической эффективности элементов проточной части турбомашин на основе полученных экспериментальных данных	1. Определение $\zeta_p$ в модельном патрубке. Пояснить способ определения (2 способа). 2. Степень неравномерности давлений при осреднении. Показать, как получена по результатам работы. 3. Относительная погрешность осреднения. Показать, как получена по результатам работы.

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если на все вопросы даны правильные ответы, без недочетов.

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если на все вопросы даны ответы, при этом суммарно допущено не более двух ошибок.

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если не менее чем на половину вопросов даны правильные ответы либо при ответе часто допускались ошибки.

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если правильно даны ответы менее чем на половину вопросов.

### **КМ-6. Лабораторная работа №6 "Тарировка мерного суживающегося сопла по образцовому соплу Витошинского"**

**Формы реализации:** Смешанная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Для допуска к защите проверяется письменное выполнение задания и оформление бланка лабораторной работы. Защита лабораторной работы проводится в форме устного опроса.

#### **Краткое содержание задания:**

На защите студенту задаются теоретические и практические вопросы по выполненной лабораторной работе.

#### **Контрольные вопросы/задания:**

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: методы измерения расходов паровых и газовых сред	1.Способы измерения расходов жидкостей и газов. 2.Описание устройства и схемы работы суживающихся устройств для измерения расходов. 3.Понятие коэффициента расхода. его определение в работе. 4.Особенности тарировки мерных сопел. 5.Сопло Витошинского. Его особенности, позволяющие использовать его для тарировки мерных сопел.
Уметь: применять методы измерения расходов паровых и газовых сред в экспериментальных исследованиях	1.Запишите способ определения плотности, принятый в работе.

#### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если на все вопросы даны правильные ответы, без недочетов.

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если на все вопросы даны ответы, при этом суммарно допущено не более двух ошибок.

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если не менее чем на половину вопросов даны правильные ответы либо при ответе часто допускались ошибки.

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если правильно даны ответы менее чем на половину вопросов.

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 3 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Зачет с оценкой

### Пример билета

1. Особенности приемников для определения скорости в дозвуковых и сверхзвуковых потоках.
2. Способы осреднения при сохранении суммарного импульса потока и суммарной величины энтропии. Их преимущества и недостатки.

### Процедура проведения

Зачет проводится в устной форме по билетам согласно программе зачета. Билет включает два теоретических вопроса.

Время на подготовку - не более 60 мин.

Время опроса - не более 20 мин.

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>РПК-5</sub> Выполняет теоретические и экспериментальные исследования процессов, происходящих в объектах профессиональной деятельности

### Вопросы, задания

1. Примеры теоретических вопросов:

1. Методы измерения температуры потока.
2. Приемники полного давления. Их характеристики.
3. Измерительный канал. Частота собственных колебаний.
4. Малоинерционные датчики давления.
5. Степень неравномерности давлений при осреднении. Показать по результатам работы.
6. Относительная погрешность осреднения. Показать по результатам работы.
7. Основы теории измерения расходов.
8. Коэффициенты расхода и их определение в эксперименте.
9. Методы оценки неопределенностей полученных результатов.
10. Коэффициенты расхода и их определение в эксперименте.
11. Основные расчетные формулы для определения расхода.
12. Определение плотности измеряемой среды.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Задания формируются случайным образом из базы заданий. В тестирование включены теоретические вопросы, предполагающие либо выбор одного верного ответа из предложенных, либо нескольких верных ответов из предложенных вариантов, и задания свободного изложения и(или) небольшие вычислительные задачи на основе КМ

### *II. Описание шкалы оценивания*

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если при ответе на вопросы билета и на дополнительные вопросы обучающийся показал, что владеет материалом

изученной дисциплины, способен свободно применять свои знания для проведения экспериментальных исследований.

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если при ответе на вопросы билета и на дополнительные вопросы обучающийся допускает негрубые ошибки.

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если в ответах на вопросы билета допущены ошибки.

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если не даны ответы на вопросы билета и не выполнены критерии для оценки 3 («удовлетворительно»)

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

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