

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

**Направление подготовки/специальность: 13.03.03 Энергетическое машиностроение**

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

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Механика реальной жидкости**

**Москва  
2024**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

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

В.Г. Грибин

## 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-2 Способен участвовать в проектно-конструкторской деятельности в сфере энергетического машиностроения

ИД-1 Демонстрирует знание закономерностей процессов, происходящих в объектах профессиональной деятельности

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа «Влияние геометрических и режимных параметров на эффективность диффузоров» (Контрольная работа)
2. Контрольная работа «Уравнения Прандтля и Кармана для расчета пограничного слоя» (Контрольная работа)
3. Тест «Движение жидкости в трубопроводах» (Тестирование)
4. Тест «Исследование диффузоров» (Тестирование)
5. Тест «Классификация потерь энергии в решетках турбомашин и их природа» (Тестирование)
6. Тест «Уравнения движения и их частные формы» (Тестирование)

Форма реализации: Смешанная форма

1. Лабораторная работа «Исследование пограничного слоя в канале с положительным градиентом давления» (Лабораторная работа)
2. Лабораторная работа «Исследование пограничного слоя» (Лабораторная работа)
3. Лабораторная работа «Определение аэродинамического сопротивления трубопровода» (Лабораторная работа)

## БРС дисциплины

### 6 семестр

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

- |      |  |
|------|--|
| КМ-1 | Тест «Уравнения движения и их частные формы» (Тестирование)  |
| КМ-2 | Контрольная работа «Уравнения Прандтля и Кармана для расчета пограничного слоя» (Контрольная работа) |
| КМ-3 | Лабораторная работа «Исследование пограничного слоя» (Лабораторная работа)                           |
| КМ-4 | Тест «Движение жидкости в трубопроводах» (Тестирование)  |
| КМ-5 | Лабораторная работа «Определение аэродинамического сопротивления трубопровода» (Лабораторная работа) |
| КМ-6 | Контрольная работа «Влияние геометрических и режимных параметров на эффективность                    |

- диффузоров» (Контрольная работа)  
 КМ-7 Тест «Исследование диффузоров» (Тестирование)  
 КМ-8 Лабораторная работа «Исследование пограничного слоя в канале с положительным градиентом давления» (Лабораторная работа)  
 КМ-9 Тест «Классификация потерь энергии в решетках турбомашин и их природа» (Тестирование)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %									
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8	КМ-9
	Срок КМ:	4	5	6	7	8	10	11	12	14
Уравнения движения реальных жидкостей в напряжениях и уравнения Навье-Стокса										
Уравнения движения реальных жидкостей в напряжениях и уравнения Навье-Стокса	+									
Уравнения движения реальных сред										
Уравнения движения реальных сред	+									
Пограничный слой										
Пограничный слой		+	+							
Движение жидкости в трубопроводах и их расчет										
Движение жидкости в трубопроводах и их расчет					+	+				
Диффузоры в турбомашинах, факторы, определяющие их эффективность, методика расчета диффузоров										
Диффузоры в турбомашинах, факторы, определяющие их эффективность, методика расчета диффузоров							+	+	+	
Расчет коэффициентов потерь энергии в решетках турбомашин										
Расчет коэффициентов потерь энергии в решетках турбомашин										+
Вес КМ:	5	10	20	5	20	10	5	20	5	

## 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-2	ИД-1 <sub>РПК-2</sub> Демонстрирует знание закономерностей процессов, происходящих в объектах профессиональной деятельности	Знать: физическую картину возникновения вторичных течений в криволинейных каналах и методы их снижения особенности движения жидких и газообразных сред на участках с положительным продольным градиентом давления и методы представления отрыва потока от обтекаемых поверхностей теоретические основы закономерностей движения жидкостей в трубах и трубопроводах теоретические основы закономерностей течения реальных жидкостей при ламинарном и турбулентных течениях уравнения движения	КМ-1 Тест «Уравнения движения и их частные формы» (Тестирование) КМ-2 Контрольная работа «Уравнения Прандтля и Кармана для расчета пограничного слоя» (Контрольная работа) КМ-3 Лабораторная работа «Исследование пограничного слоя» (Лабораторная работа) КМ-4 Тест «Движение жидкости в трубопроводах» (Тестирование) КМ-5 Лабораторная работа «Определение аэродинамического сопротивления трубопровода» (Лабораторная работа) КМ-6 Контрольная работа «Влияние геометрических и режимных параметров на эффективность диффузоров» (Контрольная работа) КМ-7 Тест «Исследование диффузоров» (Тестирование) КМ-8 Лабораторная работа «Исследование пограничного слоя в канале с положительным градиентом давления» (Лабораторная работа) КМ-9 Тест «Классификация потерь энергии в решетках турбомашин и их природа» (Тестирование)

		<p>реальных жидкостей Уметь: определять безразмерные коэффициенты, характеризующие аэродинамические качества конкретного оборудования турбомашин рассчитывать гидравлическое сопротивление трубопроводов, содержащих ряд местных сопротивлений обрабатывать результаты экспериментальных данных, полученных при исследовании теплотехнического оборудования электростанций</p>	
--	--	--	--

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

### КМ-1. Тест «Уравнения движения и их частные формы»

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 5

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Время выполнения 10 минут. При выполнении тестовых заданий нужно поставить в таблице знак «+» против номеров, содержащих правильные ответы, а знак «-» против номеров, содержащих неправильные ответы.

#### Краткое содержание задания:

Тест состоит из 3-х вопросов. Максимальное количество баллов за все правильно выполненные тестовые задания - 15.

#### Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: уравнения движения реальных жидкостей	1. Точные решения уравнений Навье-Стокса получены: а) для турбулентных течений; б) для слоистых течений; в) для течений в пограничном слое. 2. Уравнения Ренольдса образуют: а) замкнутую систему уравнений; б) систему уравнений с двумя добавочными неизвестными; в) систему уравнений с 6-ю добавочными неизвестными. 3. Уравнение Навье-Стокса справедливо: а) для идеальной жидкости; б) для течений, обладающих молекулярной вязкостью; в) для турбулентных течений.

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Описание характеристики выполнения задания:* выставляется, если набрано не менее 14 баллов.

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Описание характеристики выполнения задания:* выставляется, если набрано не менее 12 баллов.

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения задания:* выставляется, если набрано не менее 8 баллов.

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения задания:* выставляется, если набрано менее 8 баллов.

## КМ-2. Контрольная работа «Уравнения Прандтля и Кармана для расчета пограничного слоя»

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контрольная работа содержит две задачи. Время выполнения 45 минут.

### Краткое содержание задания:

#### Задача №1

Используя формулу для распределения скорости в цилиндрической трубе при ламинарном течении

$$U = -\frac{1}{4\mu} \cdot \frac{\Delta p}{l} \cdot r_0^2 \left( 1 - \frac{r^2}{r_0^2} \right)$$

найти профиль абсолютных скоростей

$$U = f \left( \frac{r}{r_0} \right)$$

при условии, что в центре трубы скорость воды равна  $U_{\max} = 10$  м/с, а также определить объемный расход воды через поперечное сечение (радиус  $r_0 = 200$  мм).

#### Задача №2

Зная, что в выходном сечении сопла с радиусом  $r_0 = 100$  мм толщина вытеснения  $\delta^* = 5$  мм, найти коэффициент расхода.

### Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: обрабатывать результаты экспериментальных данных, полученных при исследовании теплотехнического оборудования электростанций	1.Найти профиль абсолютных скоростей. 2.Определить объемный расход воды через поперечное сечение. 3.Найти коэффициент расхода.

### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если обе задачи решены полностью и верно, без недочетов и правильно изображены требуемые зависимости; у всех величин указана размерность.

*Оценка:* 4 («хорошо»)

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если задачи решены в целом верно и правильно изображены требуемые зависимости: либо не доделано не более 10% какой-либо задачи; либо присутствуют арифметические ошибки в вычислениях одной из задач, искажающие результат не более чем на 10%; не у всех величин указана размерность.

*Оценка:* 3 («удовлетворительно»)

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если в целом верно изображены требуемые зависимости или отсутствует требуемые зависимости в какой-либо из задач и либо правильно решено не менее 80% каждой задачи, либо использованы правильные формулы, но при подстановке значений допущены ошибки в одной из задач, либо присутствуют арифметические ошибки в вычислениях каждой из задач, искажающие результат не более чем на 10%.

*Оценка:* 2 («неудовлетворительно»)

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если правильно решено менее 80% каждой задачи, либо присутствуют арифметические ошибки в вычислениях каждой из задач, искажающие результат более чем на 10%.

### **КМ-3. Лабораторная работа «Исследование пограничного слоя»**

**Формы реализации:** Смешанная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** К защите лабораторной работы допускаются студенты правильно выполнившие работу в соответствии с заданием и предоставившие отчет по работе в установленной форме. На защите обучающемуся задаются теоретические и практические вопросы по отчету. Время опроса - не более 15 мин.

#### **Краткое содержание задания:**

**Цель работы:** экспериментальное определение профиля скорости и интегральных толщин пограничного слоя. Сравнение полученных данных с теоретическими зависимостями.

**Общее содержание и порядок выполнения работы** приведены в методическом пособии Гидрогазодинамика: лабораторные работы / В.Ф. Касилов, Л.Я. Лазарев, В.В. Нитусов, и др. – М.: Изд-во МЭИ, 2005. Стр. 25-32.

#### **Контрольные вопросы/задания:**

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: теоретические основы закономерностей течения реальных жидкостей при ламинарном и турбулентных течениях	1. Запишите выражение для определения толщины потери импульса в пограничном слое. 2. В результате действия каких сил происходит торможение реального газа при его движении вдоль поверхности? 3. Дайте определение понятию “пограничный слой”.
Уметь: обрабатывать результаты	1. Построить профиль скорости в

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
экспериментальных данных, полученных при исследовании теплотехнического оборудования электростанций	пограничном слое на основании опытных данных. 2. Провести оценку интегральных характеристик пограничного слоя и представить их в виде графических зависимостей. 3. Сопоставить полученные опытные зависимости с теоретическими.

#### 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. Тест «Движение жидкости в трубопроводах»

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 5

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Время выполнения 10 минут. При выполнении тестовых заданий нужно поставить в таблице знак «+» против номеров, содержащих правильные ответы, а знак «-» против номеров, содержащих неправильные ответы.

#### Краткое содержание задания:

Тест состоит из 3-х вопросов. Максимальное количество баллов за все правильно выполненные тестовые задания - 15.

#### Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: теоретические основы закономерностей движения жидкостей в трубах и трубопроводах	1. В каком случае при скорости воздуха, равном 100 м/с, при определении коэффициента сопротивления следует учитывать сжимаемость потока: а) при плотности $\rho > 1,8 \text{ кг/м}^3$ ; б) при статической температуре $t > 150^\circ\text{C}$ ; в) при статическом давлении $P > 2 \text{ бар}$ . 2. Коэффициент сопротивления при движении в трубах газообразных сред зависит: а) от числа $Re$ ;

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	<p>б) от числа <math>Re</math> и числа Маха (<math>M</math>);  в) от числа <math>M</math> и числа Фруда.</p> <p>3. Для экспериментального определения коэффициента сопротивления цилиндрической трубы диаметром <math>d</math> и длиной <math>L</math> на участке стабилизированного течения необходимо измерить:</p> <p>а) статическое давление в начале и конце контрольного участка трубы при течении капельных жидкостей;  б) статическое давление в контрольных сечениях и расход жидкости;  в) давление полного торможения и расход жидкости.</p>

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если набрано не менее 14 баллов.

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если набрано не менее 12 баллов.

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если набрано не менее 8 баллов.

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если набрано менее 8 баллов.

**КМ-5. Лабораторная работа «Определение аэродинамического сопротивления трубопровода»**

**Формы реализации:** Смешанная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** К защите лабораторной работы допускаются студенты правильно выполнившие работу в соответствии с заданием и предоставившие отчет по работе в установленной форме. На защите обучающемуся задаются теоретические и практические вопросы по отчету. Время опроса - не более 15 мин.

**Краткое содержание задания:**

**Цель работы:** экспериментальное определение аэродинамического сопротивления трубопровода. Сравнение результатов опыта с расчетными оценками.

**Общее содержание и порядок выполнения работы** приведены в методическом пособии Гидрогазодинамика: лабораторные работы / В.Ф. Касилов, Л.Я. Лазарев, В.В. Нитусов, и др. – М.: Изд-во МЭИ, 2005. Стр. 63-70.

**Контрольные вопросы/задания:**

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: теоретические основы закономерностей движения жидкостей в трубах и трубопроводах	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Изложите методику расчета сопротивления трубопровода.</li> <li>2.Как определяется полное сопротивление трубопровода?</li> <li>3.Чему пропорциональны потери давления, вызванные затратой части энергии потока на преодоление сопротивления трения и местных сопротивлений?</li> </ol>
Уметь: рассчитывать гидравлическое сопротивление трубопроводов, содержащих ряд местных сопротивлений	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Определение коэффициенты аэродинамического сопротивления участков сложного трубопровода на основании опытных данных.</li> <li>2.Сравнить коэффициенты аэродинамического сопротивления участков сложного трубопровода, полученные на основании опытных данных, с расчетными.</li> <li>3.Оценить суммарное сопротивление трубопровода.</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-6. Контрольная работа «Влияние геометрических и режимных параметров на эффективность диффузоров»**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контрольная работа содержит две задачи. Время выполнения 45 минут.

**Краткое содержание задания:**

**Задача №1**

Найти минимальную площадь конического диффузора, если давление полного торможения перед ним  $P_0 = 90$  бар, давление за ним  $P_2 = 82$  бара, коэффициент полных потерь энергии  $\xi_{п} = 0,25$ , начальная температура  $T_0 = 6730\text{К}$ , расход пара  $m = 80$  кг/с.

### Задача №2

Найти, насколько снизится давление за последней ступенью турбины относительно давления в конденсаторе при установке за ступенью диффузора с коэффициентом полных потерь  $\xi_n = 0,8$  и  $0,6$ .

#### Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: определять безразмерные коэффициенты, характеризующие аэродинамические качества конкретного оборудования турбомашин	1.Найти минимальную площадь конического диффузора. 2.Найти, насколько снизится давление за последней ступенью турбины относительно давления в конденсаторе при установке за ступенью диффузора

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если все задачи решены полностью и верно, без недочетов и правильно изображены требуемые зависимости; у всех величин указана размерность.

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если задачи решены в целом верно и правильно изображены требуемые зависимости: либо не доделано не более 10% какой-либо задачи; либо присутствуют арифметические ошибки в вычислениях одной из задач, искажающие результат не более чем на 10%; не у всех величин указана размерность.

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если в целом верно изображены требуемые зависимости или отсутствует требуемые зависимости в какой-либо из задач и либо правильно решено не менее 80% каждой задачи, либо использованы правильные формулы, но при подстановке значений допущены ошибки в одной из задач, либо присутствуют арифметические ошибки в вычислениях каждой из задач, искажающие результат не более чем на 10%.

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если правильно решено менее 80% каждой задачи, либо присутствуют арифметические ошибки в вычислениях каждой из задач, искажающие результат более чем на 10%.

### КМ-7. Тест «Исследование диффузоров»

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 5

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Время выполнения 10 минут. При выполнении тестовых заданий нужно поставить в таблице знак «+» против номеров, содержащих правильные ответы, а знак «-» против номеров, содержащих неправильные ответы.

#### Краткое содержание задания:

Тест состоит из 3-х вопросов. Максимальное количество баллов за все правильно выполненные тестовые задания - 15.

**Контрольные вопросы/задания:**

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
<p>Знать: особенности движения жидких и газообразных сред на участках с положительным продольным градиентом давления и методы представления отрыва потока от обтекаемых поверхностей</p>	<p>1. Для экспериментальной оценки коэффициента полных потерь в диффузорах необходимо измерить:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>а) давление полного торможения во входном сечении, расход и статическое давление в выходном сечении;</li><li>б) давление полного торможения и статическое давление во входном сечении, а также давление за диффузором;</li><li>в) статическое давление в контрольных сечениях и расход движущейся среды.</li></ul> <p>2. Для получения коэффициента полных потерь энергии в каналах необходимо измерить:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>а) давление полного торможения перед каналом <math>P_0</math>, противодавление <math>P_2</math>, температуру полного торможения перед каналом;</li><li>б) давление полного торможения перед каналом, давление в его входном сечении и температуру торможения за каналом;</li><li>в) давление полного торможения перед каналом, статическое давление во входном сечении и статическое давление за каналом.</li></ul> <p>3. При определении скорости в фиксированной точке нужно знать:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>а) статическое давление в этой точке, давление полного торможения и температуру полного торможения;</li><li>б) статическое давление, статическую температуру и давление полного торможения;</li><li>в) давление полного торможения и статическую температуру.</li></ul>

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если набрано не менее 14 баллов.

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если набрано не менее 12 баллов.

*Оценка:* 3 («удовлетворительно»)

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если набрано не менее 8 баллов.

*Оценка:* 2 («неудовлетворительно»)

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если набрано менее 8 баллов.

### **КМ-8. Лабораторная работа «Исследование пограничного слоя в канале с положительным градиентом давления»**

**Формы реализации:** Смешанная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** К защите лабораторной работы допускаются студенты правильно выполнившие работу в соответствии с заданием и предоставившие отчет по работе в установленной форме. На защите обучающемуся задаются теоретические и практические вопросы по отчету. Время опроса - не более 15 мин.

#### **Краткое содержание задания:**

**Цель работы:** экспериментальное определение профиля скорости, физической толщины и интегральных характеристик пограничного слоя в канале с положительным градиентом давления

**Общее содержание и порядок выполнения работы** приведены в методическом пособии Гидрогазодинамика: лабораторные работы / В.Ф. Касилов, Л.Я. Лазарев, В.В. Нитусов, и др. – М.: Изд-во МЭИ, 2005. Стр. 51-57.

#### **Контрольные вопросы/задания:**

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: особенности движения жидких и газообразных сред на участках с положительным продольным градиентом давления и методы представления отрыва потока от обтекаемых поверхностей	1.Что является необходимым условием возникновения отрыва потока? 2.Какие показатели используются для оценки эффективности диффузоров? 3.Изобразите процесс преобразования энергии в диффузорном канале.
Уметь: определять безразмерные коэффициенты, характеризующие аэродинамические качества конкретного оборудования турбомашин	1.Построить профиль скорости в пограничном слое по измеренным опытным данным в выбранном сечении канала для заданного значения степени расширения $n$ . 2.Провести оценку интегральных характеристик пограничного слоя по измеренным опытным данным в выбранном сечении канала для заданного значения степени расширения $n$ .

#### **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-9. Тест «Классификация потерь энергии в решетках турбомашин и их природа»**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 5

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Время выполнения 10 минут. При выполнении тестовых заданий нужно поставить в таблице знак «+» против номеров, содержащих правильные ответы, а знак «-» против номеров, содержащих неправильные ответы.

#### **Краткое содержание задания:**

Тест состоит из 3-х вопросов. Максимальное количество баллов за все правильно выполненные тестовые задания - 15.

#### **Контрольные вопросы/задания:**

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: физическую картину возникновения вторичных течений в криволинейных каналах и методы их снижения	1. Если коэффициент полных потерь $\xi_n$ в каналах больше единицы, то: а) его сопротивление больше скоростного напора в его входном сечении; б) меньше скоростного напора во входном сечении; в) равно скоростному напору во входном сечении. 2. Концевые потери в решетке профилей складываются из: а) потерь от возникающих парных вихревых шнуров; б) от входного подковообразного вихря и потерь от трения по концевым поверхностям; в) от всех трех указанных причин. 3. С ростом турбулентности отношения толщин вытеснения $\delta^*$ , толщины потери импульса $\delta^{**}$ и толщины потери энергии к физической толщине пограничного слоя: а) уменьшается; б) остается неизменным;

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	в) возрастает.

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если набрано не менее 14 баллов.

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если набрано не менее 12 баллов.

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если набрано не менее 8 баллов.

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если набрано менее 8 баллов.

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

6 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

МЭИ	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № XX	Утверждаю
	Кафедра Паровых и газовых турбин им. А.В. Щегляева	Зав. кафедрой
		Дисциплина «Механика реальной жидкости»
	Институт ЭнМИ	20XX г.
1. Течение смазки в упорном подшипнике.		
2. Процесс преобразования энергии в диффузорных клапанах.		
3. Задача Найти коэффициент потерь на трение в решетке профилей, если в ее выходном сечении $\delta^* = 2$ мм, $\delta^{***} = 0,9$ мм, а диаметр $d_2 = 0,08$ м. Степень расширения диффузора $n = 2$		

## Процедура проведения

Экзамен проводится в устной форме по билетам согласно программе экзамена. Экзаменационный билет включает два теоретических вопроса и практическую задачу.

Время на подготовку - не более 60 мин.

Время опроса - не более 30 мин.

Для решения практической задачи могут предоставляться справочные данные теплофизических свойств воды и водяного пара на основе справочника А.А. Александров, Б.А. Григорьев. – М. : Изд-во МЭИ, 1999 . – 168 с. - ISBN 5-7046-0397-1 и h,s-диаграмма для водяного пара (по справочнику "Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара"), таблицы газодинамических функций и сетка расходов

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1рпк-2 Демонстрирует знание закономерностей процессов, происходящих в объектах профессиональной деятельности

## Вопросы, задания

### 1.Примеры теоретических вопросов

1. Основные понятия и определение пограничного слоя.
2. Полуэмпирическая теория турбулентности Прандтля.
3. Уравнение Кармана для пограничного слоя..
4. Переход ламинарного пограничного слоя в турбулентный.
5. Степень турбулентности и энергия турбулентного течения.
6. Условные толщины пограничного слоя.
7. Расчет слоистых течений в цилиндрических трубах.
8. Уравнение энергии для рабочих решеток профилей.
9. Процесс преобразования энергии в диффузорных клапанах.
10. Кризис сопротивления плохо обтекаемых тел.

11. Классификация диффузоров и коэффициент полных потерь энергии.
12. Гидродинамическая теория смазки.
13. Течение смазки в упорном подшипнике.
14. Физическая картина течения в решетках профилей конечной длины.
15. Отрыв пограничного слоя от обтекаемых поверхностей.
16. Влияние геометрических параметров диффузоров на потери энергии

## 2. Примеры практических задач

### Задача №1

Насколько изменится физическая толщина пограничного слоя в конце пластины длиной  $l$  при переходе от ламинарного к турбулентному режиму течения, если число Рейнольдса

$$Re = \frac{l \cdot C}{\nu} = 10^4$$

при ламинарном режиме и  $Re = 10^6$  при турбулентном режиме течения в пограничном слое.

### Задача №2

Найти гидравлическое сопротивление трубы, длиной  $l = 100$  м, диаметром  $d = 0,2$  м при движении по ней воды со средней скоростью  $U_{ср} = 5$  м/с при ламинарном режиме течения.

### Задача №3

Найти коэффициент расхода суживающегося сопла, если его диаметр в выходном сечении  $d_2 = 0,1$  м, а толщина вытеснения равна  $\delta^* = 2$  мм.

### Задача №4

Найти коэффициент потерь на трение в решетке профилей, если в ее выходном сечении  $\delta^* = 2$  мм,  $\delta^{***} = 0,9$  мм, а диаметр  $d_2 = 0,08$  м. Степень расширения диффузора  $n = 2$ .

### Задача №5

Насколько изменятся потери энергии в рабочей решетке профилей, если коэффициент скорости  $\psi$  увеличится с  $\psi_1 = 0,24$  до  $\psi_2 = 0,965$ ?

## 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 правильно решена задача и при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы обучающийся показал, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных процессов и явлений или решения задач

Оценка: 4 («хорошо»)

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

*Оценка:* 3 («удовлетворительно»)

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если в решении задачи допущены ошибки, которые затем исправлены обучающимся при участии экзаменатора, и в ответах на вопросы экзаменационного билета допущены ошибки

*Оценка:* 2 («неудовлетворительно»)

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если практическое задание не выполнено или не даны ответы на вопросы экзаменационного 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 экзаменационной составляющих.