

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

**Направление подготовки/специальность: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника**

**Наименование образовательной программы: Теплоэнергетика и теплотехника**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Моделирование процессов гидрогазодинамики**

**Москва  
2022**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Осипов С.К.
	Идентификатор	R06dc7f87-OsipovSK-e84c9a91

(подпись)

С.К. Осипов

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Рогалев А.Н.
	Идентификатор	Rb956ba44-RogalevAN-6233a28B

(подпись)

А.Н. Рогалев

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Рогалев А.Н.
	Идентификатор	Rb956ba44-RogalevAN-6233a28B

(подпись)

А.Н. Рогалев

(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:

1. ПК-1 Способен участвовать в проектно-конструкторской деятельности в сфере теплоэнергетики и теплотехники

ИД-1 Выполняет моделирование физических и механических процессов в энергетическом оборудовании с применением систем автоматизированного проектирования

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Компьютерное задание

1. КМ-1 (Контрольная работа)
2. КМ-2 (Контрольная работа)
3. КМ-3 (Контрольная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. КМ-4 (Тестирование)

### БРС дисциплины

5 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	6	8	9
Теоретические основы моделирования процессов гидрогазодинамики в энергетических установках					
Основные характеристики гидрогазодинамических процессов в элементах энергетических установок		+	+	+	
Теоретические основы ламинарных и турбулентных течений		+	+	+	
Численное моделирование процессов гидрогазодинамики в энергетических установках					
Методы моделирования гидрогазодинамических процессов			+	+	+
Алгоритм проведения моделирования гидрогазодинамических процессов, основные этапы			+	+	+
Вес КМ:		15	30	45	10

§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-1ПК-1 Выполняет моделирование физических и механических процессов в энергетическом оборудовании с применением систем автоматизированного проектирования	Знать: методы упрощения расчетных моделей, используемых при моделировании процессов гидрогазодинамики, протекающих в энергетических установках методы численного моделирования процессов гидрогазодинамики, протекающих в энергетических установках Уметь: применять методы численного моделирования процессов гидрогазодинамики при проектировании энергетических установок использовать информационные технологии, применяемые для моделирования процессов	КМ-1 (Контрольная работа) КМ-2 (Контрольная работа) КМ-3 (Контрольная работа) КМ-4 (Тестирование)

		газодинамики в энергетических установках	
--	--	---	--

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

### КМ-1. КМ-1

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

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

#### Краткое содержание задания:

Задание направлено на проверку умения по соответствующему разделу дисциплины

#### Контрольные вопросы/задания:

<p>Уметь: использовать информационные технологии, применяемые для моделирования процессов гидрогазодинамики в энергетических установках</p>	<p>1. Определите коэффициент потерь энергии в канале с внезапным сужением, расход и число Маха в выходном сечении при следующих известных данных:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Внутренний диаметр предвключенного канала <math>D1 = 60</math> мм.</li><li>- Внутренний диаметр канала после сужения <math>D2 = 27</math> мм.</li><li>- Длина предвключенного участка канала <math>l1 = 80</math> мм.</li><li>- Длина участка канала после сужения <math>l2 = 150</math> мм.</li><li>- Число Рейнольдса в канале 40 000.</li><li>- Температура рабочей среды на входе <math>20</math> °С.</li><li>- Давление на выходе из модели 1 атм</li></ul> <p>2. Определите коэффициент потерь энергии в диффузорном канале, расход и число Маха во входном сечении при следующих известных данных:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Диаметр входного сечения <math>D0 = 60</math> мм.</li><li>- Отношение площади выходного сечения к входному <math>=2</math>.</li><li>- Угол раскрытия диффузора <math>\alpha = 16^\circ</math></li><li>- Число Рейнольдса в канале 50000.</li><li>- Температура рабочей среды на входе <math>20</math> °С.</li><li>• - Давление на выходе из модели 1 атм</li></ul> <p>3. Определите коэффициент потерь энергии в конфузорном канале, расход и число Маха во входном сечении при следующих известных данных:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Диаметр входного сечения <math>D0 = 60</math> мм.</li><li>- Отношение площади входного сечения к выходному <math>=2</math>.</li><li>- Угол сужения конфузора <math>\alpha = 16^\circ</math></li><li>- Число Рейнольдса в канале 50000.</li><li>- Температура рабочей среды на входе <math>20</math> °С.</li><li>- Давление на выходе из модели 1 атм</li></ul>
---	--

#### 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-2. КМ-2

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

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

**Краткое содержание задания:**

Задание направлено на проверку знания по соответствующему разделу дисциплины

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: методы упрощения расчетных моделей, используемых при моделировании процессов гидрогазодинамики, протекающих в энергетических установках	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Определите путем численного моделирования в периодичной постановке коэффициент потерь энергии в конфузормом канале, а также погрешность численного моделирования при следующих исходных данных:<ul style="list-style-type: none"><li>- Диаметр входного сечения <math>D_0 = 60</math> мм.</li><li>- Отношение площади входного сечения к выходному <math>=2</math>.</li><li>- Угол сужения конфузора <math>\alpha = 16^\circ</math></li><li>- Число Рейнольдса в канале 50000.</li><li>- Температура рабочей среды на входе <math>20</math> °С.</li><li>- Давление на выходе из модели 1 атм</li></ul></li><li>2. Определите путем численного моделирования в периодичной постановке коэффициент потерь энергии в конфузормом канале, а также погрешность численного моделирования при следующих исходных данных:<ul style="list-style-type: none"><li>- Диаметр входного сечения <math>D_0 = 40</math> мм.</li><li>- Отношение площади входного сечения к выходному <math>=2</math>.</li><li>- Угол сужения конфузора <math>\alpha = 16^\circ</math></li><li>- Число Рейнольдса в канале 40000.</li><li>- Температура рабочей среды на входе <math>20</math> °С.</li><li>- Давление на выходе из модели 1 атм</li></ul></li><li>3. Определите путем численного моделирования в периодичной постановке коэффициент потерь энергии в конфузормом канале, а также погрешность численного моделирования при следующих исходных данных:<ul style="list-style-type: none"><li>- Диаметр входного сечения <math>D_0 = 30</math> мм.</li><li>- Отношение площади входного сечения к выходному <math>=2</math>.</li><li>- Угол сужения конфузора <math>\alpha = 16^\circ</math></li></ul></li></ol>
--	--

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Число Рейнольдса в канале 45000.</li> <li>- Температура рабочей среды на входе 20 °С.</li> <li>- Давление на выходе из модели 1 атм</li> </ul>
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

*Описание характеристики выполнения задания:* 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 задания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыт, выбрано верное направление для решения задач

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

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

**КМ-3. КМ-3**

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 45

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

**Краткое содержание задания:**

Задание направлено на проверку знаний по соответствующему разделу дисциплины

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: применять методы численного моделирования процессов гидрогазодинамики при проектировании энергетических установок</p>	<p>1. Определите путем численного моделирования коэффициент потерь энергии в канале с внезапным сужением, погрешность численного моделирования при следующих известных данных:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Внутренний диаметр предвключенного канала <math>D1 = 60</math> мм.</li> <li>- Внутренний диаметр канала после сужения <math>D2 = 27</math> мм.</li> <li>- Длина предвключенного участка канала <math>l1 = 80</math> мм.</li> <li>- Длина участка канала после сужения <math>l2 = 150</math> мм.</li> <li>- Число Рейнольдса в канале 40 000.</li> <li>- Температура рабочей среды на входе 20 °С.</li> <li>- Давление на выходе из модели 1 атм</li> </ul> <p>2. Определите путем численного моделирования коэффициент потерь энергии в диффузорном канале, погрешность численного моделирования при следующих известных данных:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Диаметр входного сечения <math>D0 = 60</math> мм.</li> <li>- Отношение площади выходного сечения к входному = 2.</li> <li>- Угол раскрытия диффузора <math>\alpha = 16^\circ</math></li> </ul>
---	--

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Число Рейнольдса в канале 50000.</li> <li>- Температура рабочей среды на входе 20 °С.</li> <li>- Давление на выходе из модели 1 атм</li> </ul> <p>3. Определите путем численного моделирования коэффициент потерь энергии в канале с внезапным расширением, погрешность численного моделирования при следующих известных данных:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Внутренний диаметр предвключенного канала <math>D1 = 60</math> мм.</li> <li>- Внутренний диаметр канала после расширения <math>D2 = 90</math> мм.</li> <li>- Длина предвключенного участка канала <math>l1 = 80</math> мм.</li> <li>- Длина участка канала после расширения <math>l2 = 150</math> мм.</li> <li>- Число Рейнольдса в канале 40 000.</li> <li>- Температура рабочей среды на входе 20 °С.</li> <li>- Давление на выходе из модели 1 атм</li> </ul>
--	---

**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**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

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

**Краткое содержание задания:**

Задание направлено на проверку знания по соответствующему разделу дисциплины

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: методы численного моделирования процессов гидрогазодинамики, протекающих в энергетических установках</p>	<p>1. Ориентирован на проверку знания по соответствующему разделу дисциплины</p> <p>2. Сила, связанная с перемешиванием различных объемов жидкости, способствующая образованию в потоке структурных неоднородностей:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. сила трения</li> <li>2. сила вязкости</li> <li>3. центробежная сила</li> <li>4. сила инерции</li> </ol> <p>Ответ: 4</p> <p>3. Выражение для силы инерции в потоке:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>\rho U</math></li> <li>2. <math>\rho U</math></li> </ol>
--	--

	<p>3. <math>\mu U/D</math></p> <p>4. <math>UD/\nu</math></p> <p>Ответ: 1</p> <p>4. Какой диапазон <math>y^+</math> необходимо использовать при использовании низкорейнольдсовых моделей турбулентности:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>y^+ &lt; 1</math></li> <li>2. <math>y^+ &lt; 5</math></li> <li>3. <math>y^+ &gt; 30</math></li> <li>4. <math>5 &lt; y^+ &lt; 30</math></li> </ol> <p>Ответ: 2</p> <p>5. Какой метод численного моделирования течений в каналах энергетического оборудования, наиболее часто используется в инженерной практике:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. RANS</li> <li>2. URANS</li> <li>3. DES</li> <li>4. LES</li> </ol> <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*

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 5 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Зачет с оценкой

### Пример билета

Билет №1

1. Классификация гидравлических потерь
2. Типы настроек решателя
3. Провести виртуальный эксперимент по моделированию течения в канале с внезапным сужением и его напряженно-деформируемого состояния со следующими режимными и геометрическими характеристиками:

Параметр	Значение
Внутренний диаметр предвключенного канала	$D1 = 60$ мм
Внутренний диаметр канала после сужения	$D2 = 27$ мм
Длина предвключенного участка канала	$l1 = 80$ мм
Длина участка канала после сужения	$l2 = 300$ мм
Толщина стенок канала	2 мм
Число Рейнольдса в канале	40 000
Температура рабочей среды на входе	20 °С
Давление на выходе из канала	1 атм

При проведении виртуального эксперимента должно быть выполнено:

1. Определен коэффициент гидравлического сопротивления, оцененный по эмпирическим формулам;
2. Обоснован выбор характеристик расчетной сетки исследуемой модели;
3. Обоснован выбор условий проведения виртуального эксперимента;
4. Построены эпюры распределения полного давления и скорости в продольном сечении канала;
5. Построены эпюры распределения полного давления и скорости в поперечных сечениях канала, отражающих наличие местных потерь энергии
6. Построено векторное поле скоростей и линии тока в продольном сечении канала;
7. Построены 3D линии тока в канале;
8. Проведен анализ структуры течения в канале;
9. Определен коэффициент гидравлического сопротивления по результатам виртуального эксперимента;
10. Определена погрешность численного моделирования течения в канале;
11. Разработаны рекомендации по корректировке настроек численного моделирования в случае погрешности численного моделирования более 10%.
12. Построена вихревая структура потока

### Процедура проведения

Зачет проводится в устной форме, включает теоретические вопросы и задание. К зачету 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-1 Выполняет моделирование физических и механических процессов в энергетическом оборудовании с применением систем автоматизированного проектирования

### **Вопросы, задания**

1. Классификация типов гидрогазодинамических течений
2. Классификация гидравлических потерь
3. Методика определения потерь давления для прямой трубы постоянного сечения и канала с внезапным расширением
4. Вязкость в потоках. Касательные напряжения в потоке
5. Силы инерции и силы вязкости в потоке. Число Рейнольдса
6. Пограничный слой. Профиль скорости. Турбулентные напряжения в потоке
7. Переход к турбулентному пограничному слою на плоской пластине
8. Отрыв пограничного слоя. Способы предотвращения отрыва потока
9. Алгоритм проведения виртуальных гидрогазодинамических экспериментов
10. Условия виртуального эксперимента
11. Классификация граничных условий
12. Провести виртуальный эксперимент по моделированию течения в канале с внезапным сужением и его напряженно-деформируемого состояния со следующими режимными и геометрическими характеристиками:

<b>Параметр</b>	<b>Значение</b>
Внутренний диаметр предвключенного канала	$D1 = 60$ мм
Внутренний диаметр канала после сужения	$D2 = 27$ мм
Длина предвключенного участка канала	$l1 = 80$ мм
Длина участка канала после сужения	$l2 = 300$ мм
Толщина стенок канала	2 мм
Число Рейнольдса в канале	40 000
Температура рабочей среды на входе	20 °С
Давление на выходе из канала	1 атм

При проведении виртуального эксперимента должно быть выполнено:

1. Определен коэффициент гидравлического сопротивления, оцененный по эмпирическим формулам;
2. Обоснован выбор характеристик расчетной сетки исследуемой модели;
3. Обоснован выбор условий проведения виртуального эксперимента;
4. Построены эпюры распределения полного давления и скорости в продольном сечении канала;
5. Построены эпюры распределения полного давления и скорости в поперечных сечениях канала, отражающих наличие местных потерь энергии
6. Построено векторное поле скоростей и линии тока в продольном сечении канала;
7. Построены 3D линии тока в канале;
8. Проведен анализ структуры течения в канале;
9. Определен коэффициент гидравлического сопротивления по результатам виртуального эксперимента;
10. Определена погрешность численного моделирования течения в канале;
11. Разработаны рекомендации по корректировке настроек численного моделирования в случае погрешности численного моделирования более 10%.
12. Построена вихревая структура потока

13. Провести виртуальный эксперимент по моделированию течения в канале с внезапным расширением и его напряженно-деформируемого состояния со следующими режимными и геометрическими характеристиками:

Параметр	Значение
Внутренний диаметр предвключенного канала	$D1 = 30$ мм
Внутренний диаметр канала после расширения	$D2 = 70$ мм
Длина предвключенного участка канала	$l1 = 80$ мм
Длина участка канала после расширения	$l2 = 250$ мм
Толщина стенок канала	2 мм
Число Рейнольдса в канале	50 000
Температура рабочей среды на входе	20 °С
Давление на выходе из канала	1 атм

При проведении виртуального эксперимента должно быть выполнено:

1. Определен коэффициент гидравлического сопротивления, оцененный по эмпирическим формулам;
2. Обоснован выбор характеристик расчетной сетки исследуемой модели;
3. Обоснован выбор условий проведения виртуального эксперимента;
4. Построены эпюры распределения полного давления и скорости в продольном сечении канала;
5. Построены эпюры распределения полного давления и скорости в поперечных сечениях канала, отражающих наличие местных потерь энергии
6. Построено векторное поле скоростей и линии тока в продольном сечении канала;
7. Построены 3D линии тока в канале;
8. Проведен анализ структуры течения в канале;
9. Определен коэффициент гидравлического сопротивления по результатам виртуального эксперимента;
10. Определена погрешность численного моделирования течения в канале;
11. Пазработаны рекомендации по корректировке настроек численного моделирования в случае погрешности численного моделирования более 10%.
12. Построена вихревая структура потока
14. Провести виртуальный эксперимент по моделированию течения в канале с внезапным расширением и его напряженно-деформируемого состояния со следующими режимными и геометрическими характеристиками:

Параметр	Значение
Внутренний диаметр предвключенного канала	$D1 = 30$ мм
Внутренний диаметр канала после расширения	$D2 = 70$ мм
Длина предвключенного участка канала	$l1 = 80$ мм
Длина участка канала после расширения	$l2 = 200$ мм
Толщина стенок канала	2 мм
Число Рейнольдса в канале	70 000
Температура рабочей среды на входе	20 °С
Давление на выходе из канала	1 атм

При проведении виртуального эксперимента должно быть выполнено:

1. Определен коэффициент гидравлического сопротивления, оцененный по эмпирическим формулам;
2. Обоснован выбор характеристик расчетной сетки исследуемой модели;
3. Обоснован выбор условий проведения виртуального эксперимента;
4. Построены эпюры распределения полного давления и скорости в продольном сечении канала;
5. Построены эпюры распределения полного давления и скорости в поперечных сечениях канала, отражающих наличие местных потерь энергии

6. Построено векторное поле скоростей и линии тока в продольном сечении канала;
7. Построены 3D линии тока в канале;
8. Проведен анализ структуры течения в канале;
9. Определен коэффициент гидравлического сопротивления по результатам виртуального эксперимента;
10. Определена погрешность численного моделирования течения в канале;
11. Разработаны рекомендации по корректировке настроек численного моделирования в случае погрешности численного моделирования более 10%.
12. Построена вихревая структура потока
15. Провести виртуальный эксперимент по моделированию течения в конфузоре и его напряженно-деформируемого состояния со следующими режимными и геометрическими характеристиками:

Параметр	Значение
Диаметр входного сечения	$D1 = 30$ мм
Отношение площади выходного сечения к входному	$=0,39$
Угол сужения конфузора	$\alpha=50^\circ$
Длина участка канала до конфузора	$l1 = 20$ мм
Длина участка канала после конфузора	$l2 = 100$ мм
Толщина стенок канала	2 мм
Число Рейнольдса в канале	20 000
Температура рабочей среды на входе	20 °С
Давление на выходе из канала	1 атм

При проведении виртуального эксперимента должно быть выполнено:

1. Определен коэффициент гидравлического сопротивления, оцененный по эмпирическим формулам;
2. Обоснован выбор характеристик расчетной сетки исследуемой модели;
3. Обоснован выбор условий проведения виртуального эксперимента;
4. Построены эпюры распределения полного давления и скорости в продольном сечении канала;
5. Построены эпюры распределения полного давления и скорости в поперечных сечениях канала, отражающих наличие местных потерь энергии
6. Построено векторное поле скоростей и линии тока в продольном сечении канала;
7. Построены 3D линии тока в канале;
8. Проведен анализ структуры течения в канале;
9. Определен коэффициент гидравлического сопротивления по результатам виртуального эксперимента;
10. Определена погрешность численного моделирования течения в канале;
11. Разработаны рекомендации по корректировке настроек численного моделирования в случае погрешности численного моделирования более 10%.
12. Построена вихревая структура потока

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Как называется постановка моделирования физических процессов (гидрогазодинамических, теплообменных), позволяющая сократить объем расчетной области:

Ответы:

1. осесимметричная
2. периодичная
3. упрощенная

Верный ответ: 2

2. В каком канале возможно использовать постановку численного моделирования физических процессов, позволяющей сократить на расчетной области:

Ответы:

1. система охлаждения лопатки газовой турбины
2. угловой регулирующийся клапан
3. модель канала охлаждения прямоугольного сечения
4. модель канала охлаждения треугольного сечения

Верный ответ: 3

3. При какой симметрии потока в канале круглого сечения возможно использовать упрощенную постановку моделирования:

Ответы:

1. окружная
2. радиальная
3. линейная

Верный ответ: 1

4. В каком из перечисленных каналов возможно использовать упрощенную постановку моделирования:

Ответы:

1. диффузор
2. канал с внезапным расширением
3. конфузор

Верный ответ: 3

5. В каком из конструктивных элементов турбины возможно при моделировании в них течения использовать упрощенную постановку:

Ответы:

1. диафрагменное уплотнение
2. выхлопной патрубок
3. послеотборная ступень

Верный ответ: 1

6. Тип течения, характеризующийся неупорядоченным (хаотичным) движением частиц жидкости:

Ответы:

1. ламинарный
2. турбулентный
3. переходный

Верный ответ: 2

7. Сила, связанная с перемешиванием различных объемов жидкости, способствующая образованию в потоке структурных неоднородностей:

Ответы:

1. сила трения
2. сила вязкости
3. центробежная сила
4. сила инерции

Верный ответ: 4

8. Выражение для силы инерции в потоке:

Ответы:

1.  $\rho U$
2.  $\rho U^2$
3.  $\mu U/D$
4.  $UD/\nu$

Верный ответ: 1

9. Какой диапазон  $u^+$  необходимо использовать при использовании низкорейнольдсовых моделей турбулентности:

Ответы:

1.  $y < 1$
2.  $y < 5$
3.  $y > 30$
4.  $5 < y < 30$

Верный ответ: 2

10. Какой метод численного моделирования течений в каналах энергетического оборудования, наиболее часто используется в инженерной практике

Ответы:

1. RANS
2. URANS
3. DES
4. LES

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. на вопросы углубленного уровня

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

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