

**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  
Моделирование физических процессов в элементах турбомашин**

**Москва  
2022**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

|                                                                                   |                                                    |                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                                |
|                                                                                   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                                |
|                                                                                   | Владелец                                           | Тищенко В.А.                   |
|                                                                                   | Идентификатор                                      | R4ea77783-TishchenkoVA-c16aaeb |

(подпись)

В.А.

Тищенко

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

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

(подпись)

О.М.

Митрохова

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

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

(подпись)

В.Г. Грибин

(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 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: Компьютерное задание

1. Лабораторная работа № 1 «Разработка параметрического эскиза внешнего вида проточной части ЦВД паровой турбины» (Лабораторная работа)
2. Лабораторная работа № 3 «Создание расчетной сетки для моделирования течения в межлопаточном канале решетки» (Лабораторная работа)
3. Лабораторная работа № 4 «Ступень осевой турбины. Моделирование взаимодействия статорных и роторных элементов» (Лабораторная работа)
4. Лабораторная работа № 5. «Многоступенчатая проточная часть осевого компрессора. Моделирование взаимодействия статорных и роторных элементов» (Лабораторная работа)
5. Лабораторная работа № 6 «Моделирование заградительной завесы охлаждающего воздуха на поверхности рабочей лопатки газовой турбины» (Лабораторная работа)
6. Лабораторная работа №2 «Проектирование элемента конструкции паровой турбины на основе параметрического эскиза проточной части» (Лабораторная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Тест «Подходы к организации цикла жизнедеятельности изделия» (Тестирование)

## БРС дисциплины

3 семестр

| Раздел дисциплины                                               | Веса контрольных мероприятий, % |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                                                 | Индекс КМ:                      | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 | КМ-5 | КМ-6 | КМ-7 |
|                                                                 | Срок КМ:                        | 4    | 6    | 8    | 10   | 12   | 14   | 16   |
| Современные подходы организации цикла жизнедеятельности изделия |                                 |      |      |      |      |      |      |      |
| Современные подходы организации цикла жизнедеятельности изделия | +                               |      |      |      |      |      |      |      |
| Трехмерные системы автоматизированного проектирования (3D CAD)  |                                 |      |      |      |      |      |      |      |
| Трехмерные системы автоматизированного проектирования (3D CAD)  |                                 | +    | +    |      |      |      |      |      |

|                                                                                               |   |    |    |    |    |    |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---|----|----|----|----|----|----|
| Подготовка твердотельных моделей для проведения численного моделирования физических процессов |   |    |    |    |    |    |    |
| Подготовка твердотельных моделей для проведения численного моделирования физических процессов |   |    |    | +  |    |    |    |
| Модели описания взаимодействия «ротор-статор» для расчета многоступенчатых турбин             |   |    |    |    |    |    |    |
| Модели описания взаимодействия «ротор-статор» для расчета многоступенчатых турбин             |   |    |    |    | +  | +  |    |
| Сопряженный расчет. Моделирование охлаждаемых элементов проточной части газовой турбины       |   |    |    |    |    |    |    |
| Сопряженный расчет. Моделирование охлаждаемых элементов проточной части газовой турбины       |   |    |    |    |    |    | +  |
| Вес КМ:                                                                                       | 5 | 15 | 15 | 15 | 20 | 20 | 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 теоретические и экспериментальные исследования процессов, происходящих в объектах профессиональной деятельности | Знать:<br>основные инструменты и приемы 3D проектирования, применяемые для разработки конструкции элементов турбомашин<br>основные модели описания взаимодействия подвижных и неподвижных элементов в проточных частях турбомашин при численных газодинамических расчетах<br>Уметь:<br>параметризировать и автоматизировать процесс газодинамического расчета<br>подготавливать сложную геометрию реального объекта к проведению многодисциплинарных расчетов с применением | Тест «Подходы к организации цикла жизнедеятельности изделия» (Тестирование)<br>Лабораторная работа № 1 «Разработка параметрического эскиза внешнего вида проточной части ЦВД паровой турбины» (Лабораторная работа)<br>Лабораторная работа №2 «Проектирование элемента конструкции паровой турбины на основе параметрического эскиза проточной части» (Лабораторная работа)<br>Лабораторная работа № 3 «Создание расчетной сетки для моделирования течения в межлопаточном канале решетки» (Лабораторная работа)<br>Лабораторная работа № 4 «Ступень осевой турбины. Моделирование взаимодействия статорных и роторных элементов» (Лабораторная работа)<br>Лабораторная работа № 5. «Многоступенчатая проточная часть осевого компрессора. Моделирование взаимодействия статорных и роторных элементов» (Лабораторная работа)<br>Лабораторная работа № 6 «Моделирование заградительной завесы охлаждающего воздуха на поверхности рабочей лопатки газовой турбины» (Лабораторная работа) |

|  |  |                                                                                                                                                                                                                               |  |
|--|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  |  | <p>численных методов<br/>проектировать элементы<br/>энергетического<br/>оборудования по принципу<br/>"сверху вниз" с учетом<br/>командной работы над<br/>проектом<br/>настраивать и проводить<br/>газодинамический расчет</p> |  |
|--|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

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

### **КМ-1. Тест «Подходы к организации цикла жизнедеятельности изделия»**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 5

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Время на выполнение 10 минут.

**Краткое содержание задания:**

Тест состоит из 10 вопросов.

**Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Знать: основные инструменты и приемы 3D проектирования, применяемые для разработки конструкции элементов турбомашин</p> | <ol style="list-style-type: none"><li>1. Что такое PLM система?<ol style="list-style-type: none"><li>a. Среда контроля жизнедеятельности изделия</li><li>b. Инструмент хранения КД по изделию.</li><li>c. Среда разработки конструктивного облика изделия</li></ol></li><li>2. Что из ниже перечисленного является PLM системой?<ol style="list-style-type: none"><li>a. Siemens Teamcenter</li><li>b. SolidWorks</li><li>c. Inventor</li><li>d. Ansys Workbench</li></ol></li><li>3. Что из ниже перечисленного является CAE пакетом?<ol style="list-style-type: none"><li>a. Siemens Teamcenter</li><li>b. SolidWorks</li><li>c. Inventor</li><li>d. Ansys CFX</li></ol></li><li>4. Интегрируются ли CAE и CAD пакеты в PLM среду?<ol style="list-style-type: none"><li>a. Да</li><li>b. Нет</li></ol></li><li>5. Что из ниже перечисленного является CAD пакетом?<ol style="list-style-type: none"><li>a. Siemens Teamcenter</li><li>b. SolidWorks</li><li>c. Inventor</li><li>d. Ansys CFX</li></ol></li><li>6. Как расшифровывается аббревиатура CAD?<ol style="list-style-type: none"><li>a) computer-aided design</li><li>b) computer-aided engineering</li><li>c) computer-aided manufacturing</li></ol></li><li>7. Как расшифровывается аббревиатура CAE?<ol style="list-style-type: none"><li>a) product lifecycle management</li><li>b) product data management</li><li>c) computer-aided engineering</li></ol></li><li>8. Для чего нужно быстрое прототипирование:<ol style="list-style-type: none"><li>a) Для быстрого создания 3d модели изделия в CAD пакете</li></ol></li></ol> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>б) Для изготовления прототипа изделия и проверки некоторых его свойств</p> <p>с) Для выбора наилучших численных моделей расчета</p> <p>9. Существуют ли системы 3D CAD, в которые интегрированы CAE элементы?</p> <p>а) Да</p> <p>б) Нет</p> <p>10. Укажите ОСНОВНОЙ способ проверки результатов численного моделирования в пакете CAE:</p> <p>а) По результатам экспериментальных исследований</p> <p>б) По результатам ранее проведенных расчетов похожих изделий</p> <p>с) На основе знаний о физике процессов - проверка адекватности результатов расчета</p> |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если правильно выполнено не менее 90% заданий.

Оценка: 4

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если правильно выполнено не менее 80% заданий.

Оценка: 3

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если правильно выполнено не менее 70% заданий.

**КМ-2. Лабораторная работа № 1 «Разработка параметрического эскиза внешнего вида проточной части ЦВД паровой турбины»**

**Формы реализации:** Компьютерное задание

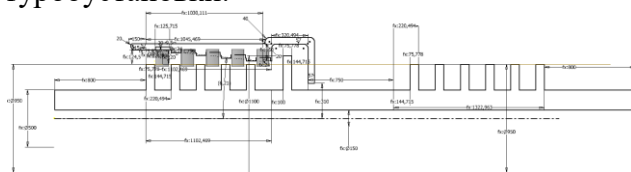
**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 15**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студент предоставляет файл с результатами моделирования твердотельной модели, а также требуемые в задании графические данные. Преподаватель проверяет корректность выполненных построений и сформированной КД и задает вопросы, связанные с процедурой создания твердотельной модели. Студент демонстрирует свои знания непосредственно в программе.

### Краткое содержание задания:

Создать параметрический эскиз проточной части ЦВД паровой турбины, который будет использоваться в качестве Master Sketch при проработке конструктивного облика турбоустановки.



### Контрольные вопросы/задания:

|                               |                                             |
|-------------------------------|---------------------------------------------|
| Уметь: проектировать элементы | 1.Как осуществляется параметризация эскиза? |
|-------------------------------|---------------------------------------------|



|                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| энергетического оборудования по принципу "сверху вниз" с учетом командной работы над проектом | 2.Как настраиваются размеры эскиза?<br>3.Какой инструментарий необходимо использовать для передачи информации из Master Scetch?<br>4.Указать цепочку действий, необходимую для выставления основных параметров решеток.<br>5.Показать, как осуществляется согласование параметрических элементов эскиза. |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если модель построена корректно, студент полностью ответил более чем на половину вопросов, посвященных работе.

*Оценка: 4*

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если модель построена корректно, студент ответил менее чем на половину вопросов, посвященных работе.

*Оценка: 3*

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если в модели и КД присутствуют ошибки, отвечено менее чем на половину вопросов.

### КМ-3. Лабораторная работа №2 «Проектирование элемента конструкции паровой турбины на основе параметрического эскиза проточной части»

**Формы реализации:** Компьютерное задание

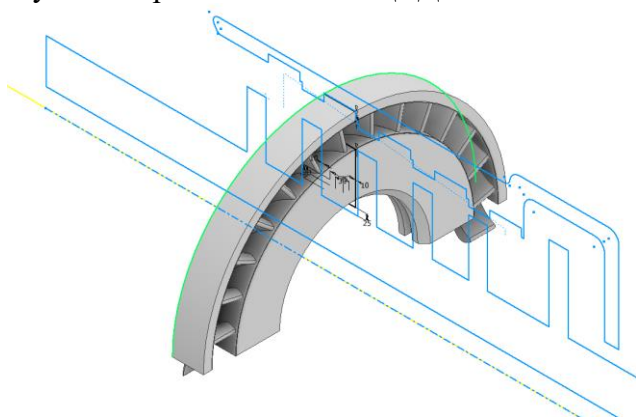
**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студент предоставляет файл с результатами моделирования твердотельной модели, а также требуемые в задании графические данные. Преподаватель проверяет корректность выполненных построений и сформированной КД и задает вопросы, связанные с процедурой создания твердотельной модели. Студент демонстрирует свои знания непосредственно в программе.

#### Краткое содержание задания:

На основе подготовленного Master Sketch, разработать 3D модель диафрагмы одной из ступеней проточной части ЦВД.



#### Контрольные вопросы/задания:

|                                                                                        |                                                                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Уметь: проектировать элементы энергетического оборудования по принципу "сверху вниз" с | 1.Показать, как происходит подключение Master Sketch к разрабатываемой модели.<br>2.Показать, как происходит изменение геометрии |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                                      |                                                                                                                                                                                                                                           |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| учетом командной работы над проектом | диафрагмы при изменении параметров Master Sketch.<br>3.Показать, как настраивается наследование параметров Master Sketch в разрабатываемую модель.<br>4.Показать, как осуществляется параметрическое проектирование твердотельной модели. |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если модель построена корректно, студент полностью ответил более чем на половину вопросов, посвященных работе.

*Оценка: 4*

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если модель построена корректно, студент ответил менее чем на половину вопросов, посвященных работе.

*Оценка: 3*

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если в модели и КД присутствуют ошибки, отвечено менее чем на половину вопросов.

#### КМ-4. Лабораторная работа № 3 «Создание расчетной сетки для моделирования течения в межлопаточном канале решетки»

**Формы реализации:** Компьютерное задание

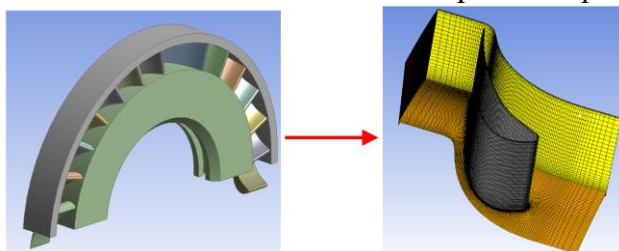
**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студент предоставляет файл с результатами расчета, а также требуемые в задании графические данные. Файл открывается в программе Ansys Workbench. Преподаватель задает вопросы, связанные с процедурой проведения расчета. Студент демонстрирует свои знания непосредственно в программе.

#### Краткое содержание задания:

Необходимо создать расчетный домен для моделирования течения пара в межлопаточном канале сопловой решетки разработанной ранее диафрагмы.



#### Контрольные вопросы/задания:

|                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Уметь: подготавливать сложную геометрию реального объекта к проведению многодисциплинарных расчетов с применением численных методов | 1.Какие операции необходимо провести, чтобы настроить проточную часть межлопаточного канала с использованием BladeEditor в DesignModeller?<br>2.Показать основные этапы настройки расчетной сетки в TurboGrid.<br>3.Показать, как в TurboGrid настраиваются параметры сетки пограничного слоя.<br>4.Показать, как в DesignModeller “чистится” геометрия с целью удаления лишних деталей конструкции диафрагмы. |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|  |                                                                                                               |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | 5.Показать, как настраиваются эскизы, характеризующие ограничения геометрии проточной части в DesignModeller. |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если результат (расчетный домен) построен корректно, студент ответил минимум на 4 вопроса из 5.

Оценка: 4

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если результат (расчетный домен) построен корректно, студент ответил на 3 вопроса из 5.

Оценка: 3

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если результат (расчетный домен) построен некорректно, студент ответил на 2 вопроса из 5.

### КМ-5. Лабораторная работа № 4 «Ступень осевой турбины. Моделирование взаимодействия статорных и роторных элементов»

**Формы реализации:** Компьютерное задание

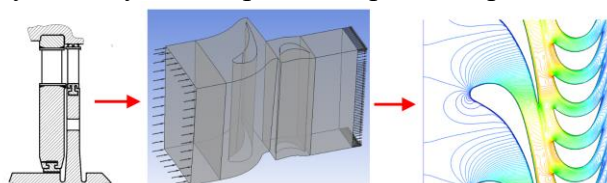
**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студент предоставляет файл с результатами расчета, а также требуемые в задании графические данные. Файл открывается в программе Ansys Workbench. Преподаватель задает вопросы, связанные с процедурой проведения расчета. Студент демонстрирует свои знания непосредственно в программе

#### Краткое содержание задания:

Провести численное исследование работы ступени паровой турбины. На основе данных о конструкции, подготовить расчетную сетку и провести моделирование течения пара в ступени с учетом вращения рабочей решетки.



#### Контрольные вопросы/задания:

|                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: основные модели описания взаимодействия подвижных и неподвижных элементов в проточных частях турбомашин при численных газодинамических расчетах | <ol style="list-style-type: none"> <li>1.Какая модель взаимодействия ротор-статор использовалась в расчете?</li> <li>2.Каковы основные отличия между моделями взаимодействия ротор-статор?</li> <li>3.Какие преимущества у выбранной в расчете модели ротор-статор?</li> <li>4.Что необходимо определить в расчетной области для использования моделей взаимодействия ротор-статор?</li> <li>5.Какие дополнительные граничные условия необходимо указать при использовании моделей взаимодействия ротор-статор?</li> </ol> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если результаты расчета корректны, студент ответил минимум на 4 вопроса из 5.

Оценка: 4

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если результаты расчета корректны, студент ответил на 3 вопроса из 5.

Оценка: 3

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если результаты расчета корректны, студент ответил на 2 вопроса из 5.

### **КМ-6. Лабораторная работа № 5. «Многоступенчатая проточная часть осевого компрессора. Моделирование взаимодействия статорных и роторных элементов»**

**Формы реализации:** Компьютерное задание

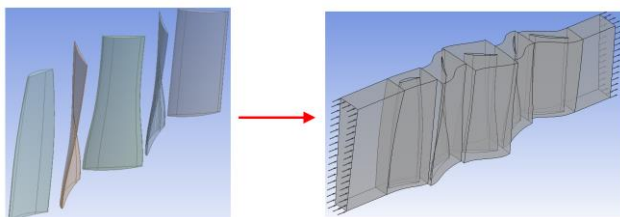
**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студент предоставляет файл с результатами расчета, а также требуемые в задании графические данные. Файл открывается в программе Ansys Workbench. Преподаватель задает вопросы, связанные с процедурой проведения расчета. Студент демонстрирует свои знания непосредственно в программе

#### **Краткое содержание задания:**

Подготовить расчетный домен на основе геометрии проточной части многоступенчатого компрессора, провести численное моделирование процесса сжатия воздуха в расчетном комплексе Ansys CFX



#### **Контрольные вопросы/задания:**

|                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Уметь: настраивать и проводить газодинамический расчет | <ol style="list-style-type: none"><li>1.Показать, как происходит создание объекта проточной части в Design Modeller.</li><li>2.Показать, как реализован механизм передачи информации из одного модуля в другой в Ansys Workbench в случае многоступенчатой осевой турбомашины.</li><li>3.Показать, как происходит параметризация расчета с точки зрения настройки расчетной сетки.</li><li>4.Показать принципы работы с инструментом Turbo Wizard в Ansys CFX Pre.</li><li>5.Показать основные этапы проведения расчета многоступенчатого компрессора в Ansys CFX Solver.</li></ol> |
|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### **Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если результаты расчета корректны, студент ответил минимум на 4 вопроса из 5.

Оценка: 4

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если результаты расчета корректны, студент ответил на 3 вопроса из 5.

*Оценка:* 3

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если результаты расчета корректны, студент ответил на 2 вопроса из 5.

**КМ-7. Лабораторная работа № 6 «Моделирование заградительной завесы охлаждающего воздуха на поверхности рабочей лопатки газовой турбины»**

**Формы реализации:** Компьютерное задание

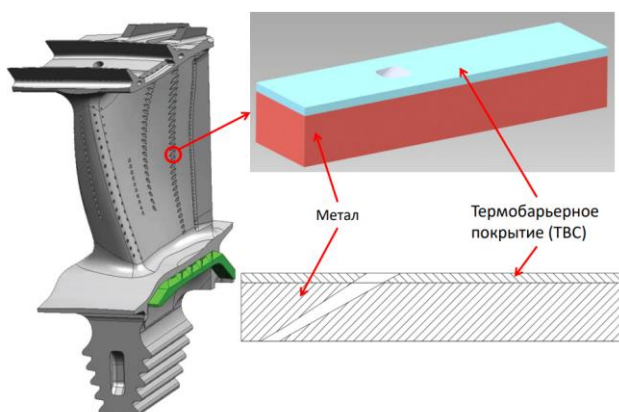
**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студент предоставляет файл с результатами расчета, а также требуемые в задании графические данные. Файл открывается в программе Ansys Workbench. Преподаватель задает вопросы, связанные с процедурой проведения расчета. Студент демонстрирует свои знания непосредственно в программе.

**Краткое содержание задания:**

Провести численное моделирование процесса формирования заградительной завесы из охлаждающего воздуха на поверхности термобарьерного покрытия. Определить температурные поля в материале и эффективность охлаждения. Основные параметры для расчета представлены в таблицах ниже.



| Metal   |                  |                     |                            |
|---------|------------------|---------------------|----------------------------|
| T, K    | $c_p$ , J/(kg·K) | $\lambda$ , W/(m·K) | $\rho$ , kg/m <sup>3</sup> |
| 293,15  | 435              | 12                  | 8080                       |
| 373,15  | 456              | 12,9                | 8080                       |
| 673,15  | 532              | 17,4                | 8080                       |
| 773,15  | 561              | 19,3                | 8080                       |
| 1173,15 | 666              | 27,7                | 8080                       |

| $c_p$ , J/(kg·K) | $\lambda$ |
|------------------|-----------|
| 500              |           |

### Охлаждающий воздух:

$c = 80$  м/с

$\alpha = 30^\circ$

$T = 430$  K

### Горячие газы:

$c = 400$  м/с

$\alpha = 0^\circ$

$T = 1300$  K

### Выход:

$p = 11$

$T = 13$

### **Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Уметь: параметризовать и автоматизировать процесс газодинамического расчета | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Показать, как настраиваются границы интерфейсов между областью течения и твердым телом.</li> <li>2. Показать, как настраиваются свойства рабочих тел, зависящие от температуры вещества.</li> <li>3. Показать, как какие инструменты сеточного генератора необходимо применить для создания сопряженных стенок между твердым и газообразным объемами.</li> <li>4. Показать основные методы пост обработки задач на сопряженный теплообмен.</li> <li>5. Показать, как определяются основные среднеинтегральные характеристики эффективности охлаждения поверхностей межлопаточных аппаратов.</li> </ol> |
|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если результаты расчета корректны, студент ответил минимум на 4 вопроса из 5.

*Оценка: 4*

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если результаты расчета корректны, студент ответил на 3 вопроса из 5.

*Оценка: 3*

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется, если результаты расчета корректны, студент ответил на 2 вопроса из 5.

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 3 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Зачет с оценкой

### Процедура проведения

Зачет по совокупности результатов текущего контроля успеваемости.

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1ПК-1 Выполняет теоретические и экспериментальные исследования процессов, происходящих в объектах профессиональной деятельности

#### Вопросы, задания

1. По совокупности результатов текущего контроля успеваемости.

#### Материалы для проверки остаточных знаний

1.X

Ответы:

XX

Верный ответ: XXX

### *II. Описание шкалы оценивания*

*Оценка: 5*

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ».

*Оценка: 4*

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ».

*Оценка: 3*

*Описание характеристики выполнения знания:* выставляется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ».

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

Оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ».