

**Компонент ОПОП 26.05.06 «Эксплуатация судовых энергетических установок»**  
**специализация Эксплуатация главной судовой двигательной установки**  
**Б1.О.25**  
**шифр дисциплины**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**Дисциплины  
(модуля)**

«Судовые турбомашины»

Разработчик:

Петров А.И.  
ФИО

Доцент каф. СЭУиС  
должность

К.Т.Н., доцент  
ученая степень,  
звание

Утверждено на заседании кафедры  
Судовых энергетических установок и  
судоремонта

наименование кафедры

протокол №01 от 25 сентября 2023г.

Заведующий кафедрой СЭУ и С

  
подпись

Сергеев К.О.  
ФИО

**Мурманск  
2023**

# 1. Критерии и средства оценивания компетенций и индикаторов их достижения, формируемых дисциплиной (модулем)

| Код и наименование компетенции                                                                                                      | Код и наименование индикатора(ов) достижения компетенции                                                                                                                                                                                                                                                                      | Результаты обучения по дисциплине (модулю)                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Оценочные средства текущего контроля                                                                                                                      | Оценочные средства промежуточной аттестации                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <i>Знать</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <i>Уметь</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <i>Владеть</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                           |                                                                                    |
| <b>УК-2.</b><br>Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла                                                     | ИД-1 ук-2<br>Понимает основы проектного управления, учитывает требования к проектам и их результатам<br>ИД-2 ук-2<br>Разрабатывает и управляет проектом в избранной профессиональной сфере на всех этапах его жизненного цикла с учетом рисков проекта<br>ИД-3 ук-2<br>Обосновывает практическую значимость проектных решений | - классификацию турбомашин, принцип их действия, конструкцию деталей проточных частей, роторов, подшипниковых узлов, уплотнительных устройств, обслуживающих систем;<br>- теорию тепловых процессов турбинной и компрессорной ступени;<br>- типы многоступенчатых турбин и области их применения; | - определять по чертежам конструктивное устройство турбин и компрессоров;<br>- использовать аналитические выражения и выполнять расчет тепловых процессов в паровых и газовых турбинах, осевых и центробежных компрессорах;<br>- анализировать работу турбин и компрессоров на расчетных и переменных режимах, используя характеристики этих машин. | - методикой конструктивного и поверочного расчетов проточной части турбомашин;<br>-методикой использования компьютерных программ расчета турбокомпрессоров судовых дизелей;<br>- методикой безразборной очистки проточной части турбомашин, её периодичностью и правилами выбора моющих средств;<br>- основными приемами разборки и сборки узлов турбонагнетателей ДВС;<br>- справочной информацией о теплофизических и механических свойствах материалов деталей турбомашин;<br>- методикой проведения эксперимента по определению характеристик турбокомпрессора. | - комплект заданий для выполнения лабораторных работ;<br>- тестовые задания;<br>- типовые задания по вариантам для выполнения расчетно-графической работы | Экзаменационные билеты<br>Курсовая работа (проект)<br>Результаты текущего контроля |
| <b>ОПК-2.</b><br>Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, аналитические методы в профессиональной деятельности | ИД-1. оПК-2.<br>Знает основные законы естественнонаучных дисциплин, связанные с профессиональной деятельностью<br>ИД-2. оПК-2.<br>Владеет навыками применения основных законов естественнонаучных                                                                                                                             | - типы компрессорных ступеней и области их применения;<br>- характеристики компрессоров и их согласование с характеристиками дизеля;<br>- основы теплового и конструктивного расчета турбинных и компрессорных ступеней;<br>- условия работы                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                           |                                                                                    |

|                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                          |  |  |  |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|
|                                                                                                                  | дисциплин, связанные в профессиональной деятельности<br>ИД-3. оПК-2.<br>Умеет применять основные законы естественнонаучных дисциплин, связанные в профессиональной деятельности                                                                                                                                                                                                     | деталей турбомашин и материалы, применяемые при их изготовлении;<br>- основы статической и динамической балансировки роторов турбомашин. |  |  |  |  |
| <b>ОПК-3.</b><br>Способен проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять экспериментальные данные | ИД-1. оПК-3.<br>Знает способы измерений, записи и хранения результатов наблюдений, методы обработки и представления экспериментальных данных<br>ИД-2. оПК-3.<br>Владеет навыками работы с измерительными приборами и инструментами<br>ИД-3. оПК-3.<br>Умеет обрабатывать экспериментальные данные, интерпретировать и профессионально представлять полученные результаты турбомашин |                                                                                                                                          |  |  |  |  |

|                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |  |  |  |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|
| <p><b>ПК-5.</b> Способен выполнять безопасные и аварийные процедуры эксплуатации механизмов двигательной установки, включая системы управления</p> | <p>ИД-1. ПК-5.<br/>Знает принципы безопасных процедур эксплуатации механизмов двигательной установки и систем управления ею<br/>ИД-2. ПК-5.<br/>Умеет идентифицировать ситуации, требующие применения аварийной процедуры эксплуатации двигательной установки<br/>ИД-3. ПК-5.<br/>Знает правила безопасной эксплуатации двигательной установки и систем ее управления<br/>ИД-4. ПК-5.<br/>Знает правила и обладает навыками эксплуатации двигательной установки в аварийных ситуациях</p> |  |  |  |  |  |
| <p><b>ПК-6.</b> Способен осуществлять подготовку, эксплуатацию, обнаружение неисправностей и меры, необходимые для</p>                             | <p>ИД-1. ПК-6.<br/>Знает правила и обладает навыками осуществления подготовки к эксплуатации и эксплуатации главного двигателя и</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |  |  |  |

|                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |  |  |  |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|
| предотвращения причинения повреждений следующим механизмам и системам управления: 1. Главный двигатель и связанные с ним вспомогательные механизмы; 2. 3. Вспомогательные первичные двигатели и связанные с ними системы; воздуха и вентиляции | связанных с ним вспомогательных систем<br>ИД-3. ПК-6.<br>Знает правила и обладает навыками осуществления подготовки к эксплуатации и эксплуатации вспомогательных первичных двигателей и связанных с ними систем<br>ИД-5. ПК-6.<br>Способен идентифицировать неисправности в системах управления и механизмах, включая:<br>1. Главный двигатель и связанные с ним вспомогательные механизмы;<br>3. Вспомогательные первичные двигатели и связанные с ними системы;<br>ИД-6. ПК-6.<br>Знает правила и способен принимать меры для предотвращения причинения повреждений системам управления и механизмам, |  |  |  |  |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|

|                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                          |  |  |  |  |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|
|                                                                                                                                                                                                       | <p>включая:</p> <p>1.Главный двигатель и связанные с ним вспомогательные механизмы;</p> <p>3. Вспомогательные первичные двигатели и связанные с ними системы;</p> <p>4. Другие вспомогательные механизмы, включая системы охлаждения</p> |  |  |  |  |  |
| <p><b>ПК-45.</b> Способен сформировать цели проекта (программы), разработать обобщенные варианты ее решения, выполнить анализ этих вариантов, прогнозирование последствий, нахождение компромисса</p> | <p>ИД-1. ПК-45.</p> <p>Умеет сформировать цели проекта (программы), разработать обобщенные варианты ее решения, выполнить анализ этих вариантов, прогнозирование последствий, нахождение компромиссных решений</p>                       |  |  |  |  |  |
| <p><b>ПК-46.</b> Способен разработать проекты объектов профессиональной деятельности с учетом физико-технических, механико-технологических,</p>                                                       | <p>ИД-1. ПК-46.</p> <p>Умеет разработать проекты объектов профессиональной деятельности с учетом физико-технических, механико-технологических, эстетических, экологических,</p>                                                          |  |  |  |  |  |

|                                                                                                                                |                                                                                                   |  |  |  |  |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|
| эстетических, экологических, эргономических и экономических требований, в том числе с использованием информационных технологий | эргономических и экономических требований, в том числе с использованием информационных технологий |  |  |  |  |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|

## 2. Оценка уровня сформированности компетенций (индикаторов их достижения)

| Показатели оценивания компетенций (индикаторов их достижения) | Шкала и критерии оценки уровня сформированности компетенций (индикаторов их достижения)                                                   |                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                               | Ниже порогового<br>(«неудовлетворительно»)                                                                                                | Пороговый<br>(«удовлетворительно»)                                                                                                                                        | Продвинутый<br>(«хорошо»)                                                                                                                                            | Высокий<br>(«отлично»)                                                                                                                                                                |
| <b>Полнота знаний</b>                                         | Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.                                                                    | Минимально допустимый уровень знаний. Допущены негрубые ошибки.                                                                                                           | Уровень знаний в объёме, соответствующем программе подготовки. Допущены некоторые погрешности.                                                                       | Уровень знаний в объёме, соответствующем программе подготовки.                                                                                                                        |
| <b>Наличие умений</b>                                         | При выполнении стандартных заданий не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.                                      | Продemonстрированы основные умения. Выполнены типовые задания с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объёме (отсутствуют пояснения, неполные выводы) | Продemonстрированы все основные умения. Выполнены все основные задания с некоторыми погрешностями. Выполнены все задания в полном объёме, но некоторые с недочётами. | Продemonстрированы все основные умения. Выполнены все основные и дополнительные задания без ошибок и погрешностей. Задания выполнены в полном объёме без недочётов.                   |
| <b>Наличие навыков (владение опытом)</b>                      | При выполнении стандартных заданий не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.                                       | Имеется минимальный набор навыков для выполнения стандартных заданий с некоторыми недочётами.                                                                             | Продemonстрированы базовые навыки при выполнении стандартных заданий с некоторыми недочётами.                                                                        | Продemonстрированы все основные умения. Выполнены все основные и дополнительные задания без ошибок и погрешностей. Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач. |
| <b>Характеристика сформированности компетенции</b>            | Компетенции фактически не сформированы. Имеющихся знаний, умений, навыков недостаточно для решения практических (профессиональных) задач. | Сформированность компетенций соответствует минимальным требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков в целом достаточно для решения практических                         | Сформированность компетенций в целом соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков достаточно для решения стандартных профессиональных задач.         | Сформированность компетенций полностью соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков в полной мере достаточно для решения сложных, в том числе                         |

|  |                                                                                      |                                                                                                                 |                                                                                |                                                                                                                             |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | ИЛИ<br>Зачетное количество баллов не<br>набрано согласно<br>установленному диапазону | (профессиональных) задач.<br><br>ИЛИ<br>Набрано зачетное количество баллов<br>согласно установленному диапазону | ИЛИ<br>Набрано зачетное количество баллов<br>согласно установленному диапазону | нестандартных, профессиональных<br>задач.<br>ИЛИ<br>Набрано зачетное количество баллов<br>согласно установленному диапазону |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|



### 3. Критерии и шкала оценивания заданий текущего контроля

#### 3.1 Критерии и шкала оценивания лабораторных/практических работ

Перечень лабораторных/практических работ, описание порядка выполнения и защиты работы, требования к результатам работы, структуре и содержанию отчета и т.п. представлены в методических материалах по освоению дисциплины и в электронном курсе в ЭИОС МАУ.

| Оценка/баллы               | Критерии оценивания                                                                                                                                                                                                              |
|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Отлично</i>             | Задание выполнено полностью и правильно. Отчет по лабораторной/практической работе подготовлен качественно в соответствии с требованиями. Полнота ответов на вопросы преподавателя при защите работы.                            |
| <i>Хорошо</i>              | Задание выполнено полностью, но нет достаточного обоснования или при верном решении допущена незначительная ошибка, не влияющая на правильную последовательность рассуждений. Все требования, предъявляемые к работе, выполнены. |
| <i>Удовлетворительно</i>   | Задания выполнены частично с ошибками. Демонстрирует средний уровень выполнения задания на лабораторную/практическую работу. Большинство требований, предъявляемых к заданию, выполнены.                                         |
| <i>Неудовлетворительно</i> | Задание выполнено со значительным количеством ошибок на низком уровне. Многие требования, предъявляемые к заданию, не выполнены.<br>ИЛИ<br>Задание не выполнено.                                                                 |

#### 3.2 Критерии и шкала оценивания тестирования

Перечень тестовых вопросов и заданий, описание процедуры тестирования представлены в методических материалах по освоению дисциплины и в электронном курсе в ЭИОС МАУ.

В ФОС включен типовой вариант тестового задания:

#### Чем определяется скорость потока на выходе из соплового или рабочего каналов?

1. Перепадом энтальпий рабочего тела на входе и выходе из канала
2. Разностью энтальпии и скорости потока на входе в канал
3. Суммой перепада энтальпии и скорости потока на входе в канал
4. Разностью перепада энтальпии потока на входе и скорости потока на выходе из канала

| Оценка/баллы               | Критерии оценки                 |
|----------------------------|---------------------------------|
| <i>Отлично</i>             | 90-100 % правильных ответов     |
| <i>Хорошо</i>              | 70-89 % правильных ответов      |
| <i>Удовлетворительно</i>   | 50-69 % правильных ответов      |
| <i>Неудовлетворительно</i> | 49% и меньше правильных ответов |

### 3.3 Критерии и шкала оценивания расчетно-графической работы

Перечень заданий расчетно-графической работы, рекомендации по выполнению представлены в методических материалах по освоению дисциплины и в электронном курсе в ЭИОС МАУ.

В ФОС включен типовой вариант контрольного задания:

#### **Тепловой расчет активной ступени паровой турбины.**

Исходные данные:

- давление пара перед соплами  $p_1 = \dots$ , МПа;
- температура пара перед соплами  $T_1 = \dots$ , К;
- давление пара за соплами  $p_2 = \dots$ , МПа;
- расход пара  $G = \dots$ , кг/с;
- частота вращения ротора турбины  $n = \dots$ , об/мин;
- степень парциальности  $\varepsilon = \dots$ ;
- степень реактивности  $\rho = \dots$

Требуется изобразить (в масштабе) тепловой процесс, протекающий в ступени, построить треугольники скоростей (в масштабе) и определить:

- $N_i$ , внутреннюю мощность, развиваемую ступенью;
- $\eta_u$ , окружной к. п. д. ступени;
- $D$ , средний диаметр ступени;
- $f_1$ , суммарную площадь проходного сечения сопел;
- $l_1$ , высоту сопел в выходном сечении соплового аппарата;
- $f_d$ , суммарную площадь проходного сечения рабочих лопаток;
- $l_l$ , высоту рабочих лопаток;
- $N_{т.в.}$ , потери мощности на трение и вентиляцию.

| Оценка/баллы               | Критерии оценивания                                                                                                                                                                  |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Отлично</b>             | Работа выполнена полностью, без ошибок (возможна одна неточность, описка, не являющаяся следствием непонимания материала).                                                           |
| <b>Хорошо</b>              | Работа выполнена полностью, но обоснования шагов решения недостаточны, допущена одна негрубая ошибка или два-три недочета, не влияющих на правильную последовательность рассуждений. |
| <b>Удовлетворительно</b>   | В работе допущено более одной грубой ошибки или более двух-трех недочетов, но обучающийся владеет обязательными умениями по проверяемой теме.                                        |
| <b>Неудовлетворительно</b> | В работе есть грубые ошибки и недочеты<br>ИЛИ<br>Контрольная работа не выполнена.                                                                                                    |

### 3.4 Критерии и шкала оценивания посещаемости занятий

Посещение занятий обучающимися определяется в процентном соотношении

| Баллы | Критерии оценки         |
|-------|-------------------------|
| 10    | посещаемость 75 - 100 % |
| 5     | посещаемость 50 - 74 %  |
| 0     | посещаемость менее 50 % |

#### 4. Критерии и шкала оценивания результатов обучения по дисциплине при проведении промежуточной аттестации

##### 4.1 Критерии и шкала оценивания результатов курсового проектирования/выполнения курсовой работы

Аттестация обучающегося проводится на основании текста курсовой работы (проекта) и защиты курсовой работы (проекта).

Требования к структуре, содержанию и оформлению представлены в методических материалах по освоению дисциплины (модуля) и в электронном курсе в ЭИОС МАУ.

В ФОС включены примерные темы курсовых работ (проектов):

##### 1. *Газодинамический расчет турбокомпрессора судового дизеля (указывается тип дизеля).*

| Оценка                     | Критерии оценки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Отлично</b>             | Содержание работы полностью соответствует заданию. Представлены результаты обзора различных информационных источников. Структура работы логически и методически выдержана. Все выводы и предложения убедительно аргументированы. Оформление работы полностью отвечает требованиям, изложенным в методических указаниях. При защите работы обучающийся правильно и уверенно отвечает на вопросы преподавателя, демонстрирует глубокое знание теоретического материала, способен аргументировать собственные утверждения и выводы.                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Хорошо</b>              | Содержание работы полностью соответствует заданию. Представлены результаты обзора различных информационных источников. Структура работы логически и методически выдержана. Большинство выводов и предложений аргументировано. Оформление работы отвечает требованиям, изложенным в методических указаниях. Имеются одна-две несущественные ошибки в использовании терминов, в построенных диаграммах, схемах и т.п. При защите работы обучающийся правильно и уверенно отвечает на большинство вопросов преподавателя, демонстрирует хорошее знание теоретического материала, но не всегда способен аргументировать собственные утверждения и выводы. При наводящих вопросах преподавателя исправляет ошибки в ответе.                                                |
| <b>Удовлетворительно</b>   | Содержание работы частично не соответствует заданию. Результаты обзора информационных источников представлены недостаточно полно. Есть нарушения в логике изложения материала. Аргументация выводов и предложений слабая или отсутствует. Имеются одно-два существенных отклонений от требований в оформлении работы. Оформление работы соответствует требованиям. Имеются одна-две существенных ошибки в использовании терминов, в построенных диаграммах и схемах. Много грамматических и/или стилистических ошибок. При защите работы обучающийся допускает грубые ошибки при ответах на вопросы преподавателя, демонстрирует слабое знание теоретического материала, в большинстве случаев не способен уверенно аргументировать собственные утверждения и выводы. |
| <b>Неудовлетворительно</b> | Содержание работы в целом не соответствует заданию. Имеются более двух существенных отклонений от требований в оформлении работы. Большое количество существенных ошибок по сути работы, много грамматических и стилистических ошибок и др. При защите курсовой работы обучающийся демонстрирует слабое понимание программного материала.<br>ИЛИ<br>Курсовая работа не представлена преподавателю в указанные сроки.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

#### 4.2 Критерии и шкала оценивания результатов освоения дисциплины с зачетом

Если обучающийся набрал зачетное количество баллов согласно установленному диапазону по дисциплине (модулю), то он считается аттестованным.

| Оценка           | Баллы    | Критерии оценивания                                                     |
|------------------|----------|-------------------------------------------------------------------------|
| <i>Зачтено</i>   | 60 - 100 | Набрано зачетное количество баллов согласно установленному диапазону    |
| <i>Незачтено</i> | менее 60 | Зачетное количество согласно установленному диапазону баллов не набрано |

#### 4.3 Критерии и шкала оценивания результатов освоения дисциплины с экзаменом

Для дисциплин, заканчивающихся экзаменом, результат промежуточной аттестации складывается из баллов, набранных в ходе текущего контроля и при проведении экзамена:

В ФОС включен список вопросов и заданий к экзамену и типовой вариант экзаменационного билета:

##### Экзаменационные вопросы

1. Принцип действия и устройство турбин со ступенями скорости.
2. Принцип действия и устройство турбин со ступенями давлений, понятие степени реактивности.
3. Принцип действия и устройство осевого компрессора.
4. Классификация турбомашин.
5. Основные элементы конструктивного устройства главных и вспомогательных паровых турбоагрегатов.
6. Основные элементы конструктивного устройства главных и вспомогательных газотурбинных установок.
7. Основные элементы конструктивного устройства вспомогательных осевых турбокомпрессоров судовых дизелей.
8. Основные элементы конструктивного устройства вспомогательных радиальных турбокомпрессоров дизелей.
9. Принципиальное устройство деталей проточных частей турбин и осевых компрессоров.
10. Принципиальное устройство роторов турбин и осевых компрессоров.
11. Принципиальное устройство и назначение опорных и упорных подшипников, общие требования к ним, системы смазки.
12. Конструктивное устройство уплотнений роторов турбокомпрессоров.
13. Конструктивное устройство систем смазки и охлаждения турбокомпрессоров.
14. Геометрические характеристики осевой турбинной ступени.
15. Основные уравнения газового потока, теоретическая скорость истечения, полные параметры рабочей среды.
16. Расход рабочей среды при изоэнтальпийном истечении, критические параметры рабочей среды.
17. Действительный процесс истечения.
18. Расширение в косом срезе сопла.
19. Профильные и концевые потери энергии в турбинных решетках.
20. Располагаемая энергия турбинной ступени.

21. Силовое воздействие потока на рабочие лопатки турбины.
22. Действительная работа на окружности рабочего колеса.
23. Окружной к. п. д. активной ступени осевой турбины.
24. Окружной к. п. д. реактивной ступени ( $\rho = 0,5$ ) осевой турбины.
25. Окружной к. п. д. радиальной турбины.
26. Внутренние потери в турбинной ступени (потери от вентиляции, выколачивания, утечек в лабиринтовых уплотнениях, влажности пара).
27. Внутренние потери в турбинной ступени от утечек в радиальных зазорах направляющих и рабочих лопаток.
28. Внутренние потери в турбинной ступени от влажности пара.
29. Причины, область применения и типы многоступенчатых турбин.
30. Внешние потери в турбомашинах, эффективная мощность и к. п. д.
31. Работа турбины на гребной винт (диаграмма совместной работы).
32. Работа турбинной ступени на переменных режимах (основное понятие о характеристике переменного режима, изменении кинематики потока и степени реактивности).
33. Основные способы регулирования мощности судовых турбин.
34. Схема и геометрические характеристики решеток осевой компрессорной ступени.
35. Теоретический и действительный напор осевой компрессорной ступени.
36. Коэффициенты расхода и напора компрессорной ступени (основные понятия и зависимости).
37. Степень реактивности осевой компрессорной ступени.
38. Характеристики центробежного компрессора, неустойчивая работа (помпаж и его устранение).
39. Схема и геометрические характеристики центробежного компрессора.
40. Совместная работа турбокомпрессора и дизеля (линия рабочих режимов турбокомпрессора).
41. Совместная работа турбокомпрессора и дизеля (согласование расходной характеристики дизеля с характеристикой турбокомпрессора).
42. Совместная работа турбокомпрессора и дизеля (коэффициент устойчивости по помпажу).
43. Теоретический напор центробежного компрессора, степень реактивности.
44. Зависимость теоретического напора центробежного компрессора от угла выхода потока из рабочего колеса.
45. Зависимость теоретического напора центробежного компрессора от закрутки потока перед рабочим колесом.
46. Теоретический напор и его зависимость от закрутки потока перед рабочим колесом.
47. Безлопаточный и лопаточный диффузоры (их устройство, назначение и принципы действия).
48. Потери энергии в центробежном компрессоре.
49. Действительный напор и изоэнтропийный к. п. д. центробежного компрессора.
50. Характеристики центробежного компрессора.
51. Определение параметров воздуха в характерных сечениях центробежного компрессора.
52. Влияние эксплуатационных факторов на характеристики турбокомпрессора (загрязнения проточных частей).

53. Условия работы деталей турбомашин и материалы, применяемые для их изготовления.
54. Безразборная очистка турбокомпрессора (выбор моющих средств, методов очистки, оптимальная периодичность промывок проточной части).
55. Общие положения требований по технической эксплуатации турбомашин и ведению технической документации.

**Экзаменационный билет (пример)**

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МУРМАНСКИЙ АРКТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГАОУ ВО «МАУ»)  
**«Морская академия»**  
(Наименование структурного подразделения)  
**Кафедра «Судовых энергетических установок и судоремонта»**  
(Наименование кафедры)

Направление подготовки: «26.05.06 Эксплуатация судовых энергетических установок»

Направленность подготовки: «Эксплуатация главной судовой двигательной установки»

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № ...**  
по учебной дисциплине «Судовые турбомашины»

1. Теоретический вопрос № 1. Принцип действия и устройство турбин со ступенями скорости.
2. Теоретический вопрос № 2. Теоретический и действительный напор осевой компрессорной ступени.
3. Практическое задание. Докажите графически, используя треугольники скоростей, что КПД активной одноступенчатой осевой турбины уменьшается с ростом выходной скорости потока из ступени.

Заведующий кафедрой

. / Ф.И.О. /

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

| Оценка                     | Критерии оценки ответа на экзамене                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Отлично</i>             | Обучающийся глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, не затрудняется с ответом при видоизменении вопроса. Владеет специальной терминологией, демонстрирует общую эрудицию в предметной области, использует при ответе ссылки на материал специализированных источников, в том числе на Интернет-ресурсы. |
| <i>Хорошо</i>              | Обучающийся твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, владеет специальной терминологией на достаточном уровне; могут возникнуть затруднения при ответе на уточняющие вопросы по рассматриваемой теме; в целом демонстрирует общую эрудицию в предметной области.                                                                                    |
| <i>Удовлетворительно</i>   | Обучающийся имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, плохо владеет специальной терминологией, допускает существенные ошибки при ответе, недостаточно ориентируется в источниках специализированных знаний.                                                                                                                               |
| <i>Неудовлетворительно</i> | Обучающийся не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, не владеет специальной терминологией, не ориентируется в источниках специализированных знаний.<br>Нет ответа на поставленный вопрос.                                                                                                                |

Оценка, полученная на экзамене, переводится в баллы («5» - 20 баллов, «4» - 15 баллов, «3» - 10 баллов) и суммируется с баллами, набранными в ходе текущего контроля.

| Итоговая оценка по дисциплине (модулю) | Суммарные баллы по дисциплине (модулю), в том числе | Критерии оценивания                                                               |
|----------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Отлично</i>                         | 91 - 100                                            | Выполнены все контрольные точки текущего контроля на высоком уровне. Экзамен сдан |
| <i>Хорошо</i>                          | 81-90                                               | Выполнены все контрольные точки текущего контроля. Экзамен сдан                   |
| <i>Удовлетворительно</i>               | 70- 80                                              | Контрольные точки выполнены в неполном объеме. Экзамен сдан                       |
| <i>Неудовлетворительно</i>             | 69 и менее                                          | Контрольные точки не выполнены или не сдан экзамен                                |

##### **5. Задания диагностической работы для оценки результатов обучения по дисциплине в рамках внутренней независимой оценки качества образования**

ФОС содержит задания для оценивания знаний, умений и навыков, демонстрирующих уровень сформированности компетенций и индикаторов их достижения в процессе освоения дисциплины.

Комплект заданий разработан таким образом, чтобы осуществить процедуру оценки каждой компетенции, формируемых дисциплиной, у обучающегося в письменной форме.

Содержание комплекта заданий включает: *тестовые задания*.

### Комплект заданий диагностической работы

| <b>Компетенция УК-2 (Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла)</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                                                                         | <p><i>Вероятность возникновения помпажа центробежного компрессора:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1- уменьшается с уменьшением входного угла лопаток рабочего колеса;</li> <li>2- уменьшается с уменьшением входного угла лопаток направляющего диффузора;</li> <li>3- уменьшается с увеличением ширины лопаток диффузора;</li> <li>4- увеличивается с уменьшением входного угла лопаток рабочего колеса.</li> </ol> <p><b>А. ответ 1</b><br/> <b>Б. ответ 2</b><br/> <b>В. ответ 3</b><br/> <b>Г. ответ 4</b></p>                                                                                                  |
| 2                                                                                         | <p><i>Импульсная схема наддува:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1- лучше снабжает дизель воздухом при малых нагрузках, чем система с постоянным давлением;</li> <li>2- способствует росту приемистости дизеля;</li> <li>3- способствует более высокому к. п. д. турбины, чем система с постоянным давлением;</li> <li>4- с ростом давления наддува и мощности дизеля становится более эффективной, чем система с постоянным наддувом</li> </ol> <p><b>А. ответ 1</b><br/> <b>Б. ответ 2</b><br/> <b>В. ответ 3</b><br/> <b>Г. ответ 4</b></p>                                                                        |
| 3                                                                                         | <p><i>Загрязнение всасывающего фильтра центробежного компрессора:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1- ограничивается 100 %;</li> <li>2- существенно влияет на подачу компрессора;</li> <li>3- существенно ухудшает фильтрацию воздуха;</li> <li>4- существенно ухудшает показатели рабочего процесса дизеля</li> </ol> <p><b>А. ответ 1</b><br/> <b>Б. ответ 2</b><br/> <b>В. ответ 3</b><br/> <b>Г. ответ 4</b></p>                                                                                                                                                                                                  |
| 4                                                                                         | <p><i>Регулирование мощности паровой турбины:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1- более экономично сопловое, чем с помощью маневого клапана;</li> <li>2- более экономично с помощью маневого клапана, чем сопловое;</li> <li>3- сопловое считается качественным регулированием мощности;</li> <li>4- с помощью маневого клапана считается количественным регулированием мощности</li> </ol> <p><b>А. ответ 1</b><br/> <b>Б. ответ 2</b><br/> <b>В. ответ 3</b><br/> <b>Г. ответ 4</b></p>                                                                                                                             |
| 5                                                                                         | <p><i>Регулирование судового лопаточного компрессора при помощи:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1- поворота лопаток входного направляющего аппарата или диффузора характерно для центробежных компрессоров;</li> <li>2- нескольких венцов направляющего аппарата или рабочего колеса характерно для центробежных компрессоров;</li> <li>3- дросселирования на нагнетании или всасывании характерно и для осевых, и для центробежных компрессоров;</li> <li>4- дросселирования на нагнетании или всасывании характерно только для осевых, и компрессоров;</li> </ol> <p><b>А. ответ 1</b><br/> <b>Б. ответ 2</b></p> |



|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | <b>В. ответ 3</b><br>Г. ответ 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 6  | <i>Помпаж центробежного компрессора:</i><br>1- наиболее вероятен при пониженной подаче и повышенной частоте вращения рабочего колеса;<br>2- наиболее вероятен при повышенной подаче и повышенной частоте вращения рабочего колеса;<br>3- наиболее вероятен при пониженной подаче и пониженной частоте вращения рабочего колеса;<br>4- наиболее вероятен при положительных углах атаки<br><b>А. ответ 1</b><br>Б. ответ 2<br>В. ответ 3<br><b>Г. ответ 4</b>                                                                                                                                 |
| 7  | <i>Применение улитки в компрессоре:</i><br>1- позволяет при отсутствии направляющего аппарата за рабочим колесом использовать ее для дожатия рабочей среды;<br>2- позволяет при наличии направляющего аппарата за рабочим колесом использовать ее только, как сборник воздуха с последующим его отводом в нагнетательный патрубок;<br>3- предполагает малую степень ее диффузорности, если рабочие лопасти сильно загнуты назад;<br>4- предполагает высокую степень ее диффузорности, если рабочие лопасти радиальные<br><b>А. ответ 1</b><br><b>Б. ответ 2</b><br>В. ответ 3<br>Г. ответ 4 |
| 8  | <i>Смещение характеристики компрессора в сторону меньших расходов достигается:</i><br>1- уменьшением входного угла рабочих лопаток, если помпаж возникает из-за потерь на входе в компрессор;<br>2- увеличением входного угла лопаток диффузора, если помпаж возникает в направляющем аппарате;<br>3- увеличением ширины лопаток диффузора, если помпаж возникает в направляющем аппарате;<br>4- уменьшением входного угла лопаток диффузора, если помпаж возникает в направляющем аппарате<br><b>А. ответ 1</b><br>Б. ответ 2<br>В. ответ 3<br><b>Г. ответ 4</b>                           |
| 9  | <i>Безлопаточный диффузор компрессора:</i><br>1- уменьшает вибрацию рабочих лопаток;<br>2- увеличивает вибрацию рабочих лопаток;<br>3- уменьшает шумность работы компрессора;<br>4- имеет ширину равную ширине рабочих лопаток на выходе<br><b>А. ответ 1</b><br>Б. ответ 2<br><b>В. ответ 3</b><br>Г. ответ 4                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 10 | <i>Коэффициент запаса устойчивости по помпажу:</i><br>1- это отношение степени повышения давления воздуха в компрессоре к расходу воздуха через компрессор;<br>2- на номинальном режиме работы компрессора должен быть не менее 15 процентов;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

|                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                        | <p>3- уменьшается при смещении характеристики компрессора в сторону меньших расходов воздуха;</p> <p>4- увеличивается при смещении характеристики компрессора в сторону меньших расходов воздуха</p> <p>А. ответ 1<br/>Б. ответ 2<br/><b>В. ответ 3</b><br/>Г. ответ 4</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <p><b>Компетенция ОПК-2</b> (Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, аналитические методы в профессиональной деятельности)</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 1                                                                                                                                                      | <p>Определить полезную мощность <math>N_{гту}</math> ,развиваемую газотурбинной установкой без регенерации тепла при следующих исходных данных: температура атмосферного воздуха <math>T_a=293^\circ K</math>, температура газов перед турбиной <math>T_g=1200^\circ K</math>, степень сжатия воздуха в компрессор <math>\pi_k=7</math> , секундный расход газа <math>G = 50</math> кг/с, расход топлива <math>G_t=0,75</math> кг/с. Внутренний КПД турбины принять <math>\eta_{in} = 0,87</math>; изоэнтальпийный КПД компрессора <math>\eta_{ак} = 0,8</math>. Мощность, расходуемая на вспомогательные приводы: <math>N_{всп} = 2100</math> кВт. Полное давление газов перед турбиной <math>P_g^* = 0,6</math> МПа, давление газов за турбиной <math>P_2 = 0,102</math> МПа. Принять удельные теплоемкости при постоянном давлении: <math>C_{p2} = 1,155</math> кДж/(кг <math>\times</math> К); <math>C_{pg} = 1,005</math> кДж/(кг <math>\times</math> К). Показатели адиабаты: <math>k_g = 1,35</math>; <math>k_g = 1,4</math>.<br/><b>Ответ:</b> <math>N_{гту} = 5986</math> кВт.</p> |
| 2                                                                                                                                                      | <p>Определить термический к. п. д. <math>\eta_t</math> цикла идеальной газотурбинной установки с регенерацией тепла, используя следующие исходные данные. Перед компрессором температура <math>t_1 = 25^\circ C</math>, давление <math>p_1 = 0,1033</math> МПа. Степень сжатия в компрессоре <math>\pi_k = 3,5</math>. Температура газов перед турбиной <math>t_1 = 650^\circ C</math>. Давление газов на выходе из турбины <math>P_4 = 0,1</math> МПа, степень регенерации <math>r = 0,7</math>. Принять <math>c_{pg} = 1,005</math> кДж/(кг <math>\times</math> К); <math>k_v = 1,4</math>; <math>k_t = 1,35</math>.<br/><b>Ответ:</b> <math>\eta_t = 0,42</math>.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 3                                                                                                                                                      | <p>Мощность, вырабатываемая турбиной <math>N_{ет} = 8340</math> кВт, расход пара <math>G = 52400</math> кг/ч. Параметры пара на входе в сопловой аппарат: статическое давление <math>P_o = 24</math> ата, статическая температура <math>t_o = 380^\circ C</math>, скорость пара на входе в сопло <math>C_{вх} = 400</math> м/с. На выходе из турбины <math>P_k = 0,04</math> ата; <math>C_k = 80</math> м/с. Определить эффективный КПД турбины.<br/><b>Ответ:</b> <math>\eta_{эф} = 0,49</math>.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 4                                                                                                                                                      | <p>Паросиловая установка работает по принципу Ренкина. Параметры начального состояния: <math>P_1 = 2</math> МПа, <math>t_1 = 300^\circ C</math>. Давление в конденсаторе <math>P_2 = 0,004</math> МПа. Определить термический КПД цикла.<br/><b>Ответ:</b> <math>\eta_t = 0,34</math>.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 5                                                                                                                                                      | <p>В паросиловой установке с начальными параметрами пара <math>P_1 = 11</math> МПа и <math>t_1 = 300^\circ C</math> и давлением в конденсаторе <math>P_2 = 0,004</math> МПа введен вторичный перегрев пара при <math>P_1 = 3</math> МПа до начальной температуры <math>t = t_1 = 500^\circ C</math>. Определить термический КПД цикла.<br/><b>Ответ:</b> <math>\eta_t = 0,44</math>.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 6                                                                                                                                                      | <p>Определить степень понижения давления газа в турбине газотурбонагнетателя двигателя внутреннего сгорания, если давление наддува <math>P_k = 0,2</math> МПа, температура газов перед турбиной <math>T_g = 800^\circ K</math>; КПД турбины <math>\eta_m = 0,78</math>; КПД компрессора <math>\eta_k = 0,72</math>. Принять: <math>P_a = 1,01 \times 10^5</math> Па; <math>T_a = 290 K</math>; <math>C_{pg} = 1,005</math> кДж/(кг <math>\times</math> К); <math>C_{p2} = 1,115</math> кДж/(кг <math>\times</math> К); <math>k_g = 1,4</math>; <math>k_g = 1,35</math>. Механический КПД <math>\eta_{мех} = 0,97</math>; коэффициент увеличения массы рабочего тела <math>\beta = 1,04</math>.<br/><b>Ответ:</b> <math>\pi_T = 1,68</math>.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 7                                                                                                                                                      | <p>Определить сечение суживающего сопла, если начальное давление пара <math>P_o = 1,5</math> ата, степень сухости пара <math>X_o = 0,98</math>, конечное давление пара <math>P_1 = 1</math> ата, секундный расход пара <math>G_{сек} = 0,2</math> кг/с. Потери не учитывать.<br/><b>Ответ:</b> <math>F_{1т} = 9,07 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2</math>.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 8                                                                                                                                                      | <p>Определить графически вектор выходной скорости рабочих лопаток газовой турбины при следующих исходных данных: окружная скорость на среднем диаметре <math>u_{ср} = 200</math> м/с;</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

|                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                   | <p>степень реактивности турбинной ступени <math>\rho = 0,25</math>; полный изоэнтропийный перепад энтальпий ступени <math>h_a^* = 100</math> кДж/кг; угол выхода потока из сопла <math>\alpha_1 = 18^\circ</math>.</p> <p><b>Ответ:</b> <math>c_2 = 131</math> м/с; <math>\alpha_2 = 70^\circ</math>.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 9                                                                                                                                 | <p>Определить наиболее выгодный теплоперепад <math>h_0</math> одновенечной регулирующей активной турбинной ступени и параметры пара на выходе из сопла, если <math>p_0 = 3,3</math> МПа; <math>T_0 = 703^\circ\text{K}</math>; <math>G = 26,2</math> кг/с; <math>n = 3000</math> об/мин; <math>d_{cp} = 1,0</math> м; высота сопловых лопаток <math>l_1 = 15</math> мм; угол выхода потока из направляющей решетки <math>\alpha_1 = 12^\circ</math>; коэффициент скорости <math>\phi = 0,93</math>.</p> <p><b>Ответ:</b> <math>h_0 = 59,5</math> кДж/кг; <math>p_1 = 2,7</math> МПа; <math>t_1 = 400^\circ\text{C}</math>.</p> |
| 10                                                                                                                                | <p>Параметры пара на входе в осевую турбинную ступень: давление <math>P_0 = 2</math> МПа, температура <math>t_0 = 400^\circ\text{C}</math>. Противодавление на выходе <math>P_2 = 1</math> МПа. Степень реактивности турбинной ступени <math>\rho = 0,5</math>; окружная скорость на среднем диаметре <math>u_{cp} = 405</math> м/с; угол выхода потока из сопла <math>\alpha_1 = 18^\circ</math>. Определить окружной к. п. д. <math>\eta_u</math> турбинной ступени через потери. Принять коэффициенты скорости <math>\phi = \psi = 0,95</math>.</p> <p><b>Ответ:</b> <math>\eta_u = 0,856</math>.</p>                       |
| <p><b>Компетенция ОПК-3</b> (Способен проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять экспериментальные данные)</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 1                                                                                                                                 | <p>При каких условиях оценивают работу центробежного компрессора нормальные характеристики?</p> <p><b>Ответ:</b> только при конкретных параметрах воздуха на входе в компрессор.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 2                                                                                                                                 | <p>Что можно определить, используя универсальные характеристики центробежного компрессора?</p> <p><b>Ответ:</b> зависимость степени повышения давления и к. п. д. компрессора от расхода воздуха и частоты вращения ротора с целью предупреждения возникновения помпажа.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 3                                                                                                                                 | <p>Каким образом можно определить коэффициент запаса устойчивости по помпажу?</p> <p><b>Ответ:</b> коэффициент запаса устойчивости по помпажу определяют по формуле <math>k_{уст} = \left[ \frac{(\frac{\pi_k}{G})_{пом}}{(\frac{\pi_k}{G})} - 1 \right] \cdot 100\%</math>, где <math>(\frac{\pi_k}{G})_{пом}</math> – отношение степени повышения давления к расходу воздуха в точке пересечения линии постоянной частоты вращения компрессора с линией помпажа; <math>\frac{\pi_k}{G}</math> – такое же отношение, но в рабочей точке компрессора.</p>                                                                      |
| 4                                                                                                                                 | <p>Каким должен быть коэффициент запаса устойчивости по помпажу?</p> <p><b>Ответ:</b> коэффициент запаса устойчивости по помпажу должен быть не менее 15% на номинальном режиме и не менее 8% на всех остальных режимах.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 5                                                                                                                                 | <p>Каким образом может быть достигнуто смещение рабочей линии компрессора в устойчивую зону, если помпаж возник из-за потерь на входе в компрессор?</p> <p><b>Ответ:</b> смещение рабочей линии компрессора в устойчивую зону достигается открытием противоположного клапана или уменьшением входного угла рабочих лопаток за счет замены вращающегося направляющего аппарата рабочего колеса.</p>                                                                                                                                                                                                                             |
| 6                                                                                                                                 | <p>Следствием чего является помпаж центробежного или осевого компрессора?</p> <p><b>Ответ:</b> следствием больших потерь в каналах рабочего колеса и направляющего аппарата, которые возникают из-за срыва потока за входными кромками лопаток при больших положительных углах атаки.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 7                                                                                                                                 | <p>Что необходимо сделать в первую очередь при возникновении помпажа компрессора турбонадвучного агрегата дизеля?</p> <p><b>Ответ:</b> открыть продувочный кран на воздушном ресивере, выяснить причину возникновения помпажа и устранить ее.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 8                                                                                                                                 | <p>Поясните, как скажется в первую очередь на работе дизеля загрязнение проточной части турбокомпрессора?</p> <p><b>Ответ:</b> повысится удельный эффективный расход топлива дизеля и нарушится согласованность характеристик дизеля и турбокомпрессора</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 9                                                                                                                                 | <p>Поясните, в какой проточной части компрессора дизеля загрязнения проявляются</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <p>в большей степени?</p> <p><b>Ответ:</b> в лопаточном диффузоре, причем в компрессорах малых размеров они выражены больше, чем в компрессорах больших размеров</p>                                                                                                                                                                                                     |
| 10                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <p>Каким образом можно оценить положительный эффект промывки водой турбокомпрессора дизеля?</p> <p><b>Ответ:</b> по росту степени повышения давления <math>\pi_k</math>, увеличению оборотов ротора компрессора и снижению температуры выхлопных газов дизеля.<br/>по возрастанию оборотов дизеля <math>n_d</math>, и среднего индикаторного давления <math>P</math></p> |
| <p><b>Компетенция ПК-5.</b> (Способен выполнять безопасные и аварийные процедуры эксплуатации механизмов двигательной установки, включая системы управления)</p>                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <p>Перечислите два основных параметра технического состояния турбомашины, которые относятся к косвенным.</p> <p><b>Ответ:</b> температурные деформации ротора и вибрация</p>                                                                                                                                                                                             |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <p>Поясните физический смысл степени повышения давления в компрессоре.</p> <p><b>Ответ:</b> это отношение абсолютного давления воздуха на выходе из компрессора к абсолютному давлению воздуха на входе в рабочее колесо компрессора.</p>                                                                                                                                |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <p>Чем вызывается неуравновешенность ротора турбомашины, и какие три вида неуравновешенности рассматриваются?</p> <p><b>Ответ:</b> отклонениями центров масс вращающихся деталей от геометрической оси вращения ротора; различают три вида неуравновешенности – статическую, динамическую и моментную (как разновидность динамической).</p>                              |
| 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <p>Чем характеризуется статическая неуравновешенность ротора турбомашины?</p> <p><b>Ответ:</b> параллельным смещением главной центральной оси инерции относительно геометрической оси ротора.</p>                                                                                                                                                                        |
| 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <p>Что называется эксцентриситетом массы ротора?</p> <p><b>Ответ:</b> расстояние от центра масс до геометрической оси ротора.</p>                                                                                                                                                                                                                                        |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <p>При каком условии возникают динамическая и моментная неуравновешенности?</p> <p><b>Ответ:</b> при пересечении геометрической оси ротора с главной центральной осью инерции.</p>                                                                                                                                                                                       |
| 7                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <p>Перечислите три основных фактора, влияющие на центробежную силу неуравновешенного ротора.</p> <p><b>Ответ:</b> масса локально расположенная от геометрической оси ротора, эксцентриситет массы, частота вращения ротора.</p>                                                                                                                                          |
| 8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <p>Что называется дисбалансом ротора, и в каких единицах измерения он выражается?</p> <p><b>Ответ:</b> это произведение массы, локально расположенной от геометрической оси ротора, на эксцентриситет массы; измеряется в (г·мм).</p>                                                                                                                                    |
| 9                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <p>Какая частота вращения ротора турбомашины называется критической?</p> <p><b>Ответ:</b> частота, при которой происходит совпадение частоты собственных и возмущающих колебаний, вызывающее резонанс.</p>                                                                                                                                                               |
| 10                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <p>Какие четыре параметра нужно знать, чтобы рассчитать значение КПД воздушного компрессора?</p> <p><b>Ответ:</b> 1) барометрическое давление окружающей среды; 2) давление воздуха на выходе из компрессора; 3) температуру воздуха на входе в компрессор; 4) температуру воздуха на выходе из компрессора.</p>                                                         |
| <p><b>Компетенция ПК-6.</b> (Способен осуществлять подготовку, эксплуатацию, обнаружение неисправностей и меры, необходимые для предотвращения причинения повреждений следующим механизмам и системам управления: 1. Главный двигатель и связанные с ним вспомогательные механизмы; 3. Вспомогательные первичные двигатели и связанные с ними системы).</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <p>Что необходимо сделать в первую очередь при возникновении помпажа компрессора турбонаддувочного агрегата дизеля?</p> <p><b>Ответ:</b> открыть продувочный кран на воздушном ресивере, выяснить причину возникновения помпажа и устранить ее.</p>                                                                                                                      |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <p>Что такое осевой разбег ротора и как он определяется?</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

|                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                              | <b>Ответ:</b> это разность показаний индикатора в крайних положениях ротора.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 3                                                                                                                                                                                                            | <p>Перечислите пять основных проверок ротора турбокомпрессора при его осмотре.</p> <p><b>Ответ:</b> 1) проверка вала на искривление; 2) проверка состояния шеек вала под подшипники; 3) проверка состояния рабочих лопаток турбины; 4) проверка состояния рабочего колеса компрессора; 5) проверка состояния подшипников.</p>                                                                          |
| 4                                                                                                                                                                                                            | <p>Каково предельное значение отклонения биения ротора от нормируемого в контрольных точках турбокомпрессора и что при его превышении делается?</p> <p><b>Ответ:</b> биение не должно превышать 0,002 мм, при больших значениях вал бракуется, и его правка не допускается.</p>                                                                                                                        |
| 5                                                                                                                                                                                                            | <p>Поясните, что необходимо сделать, если при осмотре лопаток центробежной турбины обнаружена трещина на входной кромке?</p> <p><b>Ответ:</b> возможен ремонт с заваркой трещины и ее последующей шлифовкой.</p>                                                                                                                                                                                       |
| 6                                                                                                                                                                                                            | <p>Поясните, что необходимо сделать, если при осмотре лопаток центробежной турбины обнаружена трещина на выходной кромке?</p> <p><b>Ответ:</b> ротор ремонту не подлежит и требуется его замена.</p>                                                                                                                                                                                                   |
| 7                                                                                                                                                                                                            | <p>Поясните, в каких случаях подшипники скольжения ротора центробежной турбины заменяют на новые?</p> <p><b>Ответ:</b> 1) при повышенных износах; 2) при глубоких царапинах и задирах; 3) при наплавках металла; 4) при наработке свыше 15000 часов.</p>                                                                                                                                               |
|                                                                                                                                                                                                              | <p>Поясните, в каких случаях при осмотре вращающегося направляющего аппарата и рабочее колесо центробежного компрессора их заменяют на новые?</p> <p><b>Ответ:</b> при наличии обломов и трещин.</p>                                                                                                                                                                                                   |
| 9                                                                                                                                                                                                            | <p>Почему в центробежной турбине турбокомпрессора с консольным расположением колес турбины и компрессора необходима дополнительная очистка масла и что ее обеспечивает?</p> <p><b>Ответ:</b> потому что смазка подшипников осуществляется от системы циркуляционной смазки дизеля; это обеспечивают дополнительно установленные два параллельных фильтра.</p>                                          |
| 10                                                                                                                                                                                                           | <p>При каком сопротивлении воздушного фильтра центробежного компрессора требуется его разборка и последующая промывка?</p> <p><b>Ответ:</b> при сопротивлении свыше 1,5 кПа (150 мм водяного столба).</p>                                                                                                                                                                                              |
| <b>Компетенции ПК-45</b> (Способен сформировать цели проекта (программы), разработать обобщенные варианты ее решения, выполнить анализ этих вариантов, прогнозирование последствий, нахождение компромисса ) |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 1                                                                                                                                                                                                            | <p>По каким шести основным признакам принято классифицировать турбины?</p> <p><b>Ответ:</b> 1) по назначению (главные и вспомогательные); 2) по числу ступеней; 3) по силовому воздействию на рабочие лопатки; 4) по направлению движения потока рабочего тела (осевые и радиальные); 5) по направлению вращения (реверсивные и нереверсивные); 6) по типу рабочего тела (паровые и газовые).</p>      |
| 2                                                                                                                                                                                                            | <p>Какое конструктивное решение позволяет уменьшить тепловое воздействие корпуса турбины на условия работы подшипников?</p> <p><b>Ответ:</b> к корпусу турбины, сделанному из стали, приваривают сопловую коробку, отлитую заодно с клапанной коробкой и служащую для количественного способа регулирования мощности турбины, а подшипники располагают в отдельных корпусах (называемых стульями).</p> |
| 3                                                                                                                                                                                                            | <p>Какое конструктивное решение позволяет компенсировать тепловые деформации корпуса паровой турбины?</p> <p><b>Ответ:</b> кормовой стул приваривают к корпусу турбины и жестко соединяют с фундаментом, а носовой (со стороны подвода пара) устанавливают на гибких опорах, при этом его крепление с корпусом турбины делают подвижным.</p>                                                           |
| 4                                                                                                                                                                                                            | <p>В чем состоит особенность установки диафрагм в корпусе паровой турбины?</p> <p><b>Ответ:</b> их закрепляют таким образом, чтобы они могли свободно расширяться в радиальном направлении.</p>                                                                                                                                                                                                        |
| 5                                                                                                                                                                                                            | <p>В каких турбинах применяются роторы барабанного типа, и в чем такая конструкция</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <p>имеет преимущества?</p> <p><b>Ответ:</b> в реактивных турбинах; позволяет снизить осевые усилия и уменьшить осевые габариты турбин.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <p>Какие конструктивные решения применяют в паровых турбинах для снижения осевых усилий, воспринимаемых упорным подшипником, и как они называются?</p> <p><b>Ответ:</b> со стороны подвода пара ротор выполняют с увеличенным диаметром (такое устройство называется думмисом); в дисках активных турбин делают отвестия.</p>                                                                                                                                     |
| 7                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <p>С помощью какого устройства осуществляется контроль осевого положения ротора?</p> <p><b>Ответ:</b> с помощью реле-указателя осевого сдвига.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 8                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <p>В чем заключаются преимущества лабиринтовых уплотнений?</p> <p><b>Ответ:</b> они работают без трения, так как контакт между вращающимися и неподвижными частями отсутствует.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 9                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <p>В чем заключаются недостатки лабиринтовых уплотнений?</p> <p><b>Ответ:</b> они имеют значительные осевые размеры</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 10                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <p>Какую роль в газотурбинной установке выполняют турбины высокого и низкого давления?</p> <p><b>Ответ:</b> высокого давления - только для привода компрессора высокого давления, а низкого давления – для привода компрессора низкого давления и привода гребного винта через редуктор.</p>                                                                                                                                                                      |
| <p><b>Компетенции ПК-46</b> (Способен разработать проекты объектов профессиональной деятельности с учетом физико-технических, механико-технологических, эстетических, экологических, эргономических и экономических требований, в том числе с использованием информационных технологий)</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <p>В чем состоит цель газодинамического расчета ц/б центробежного компрессора?</p> <p><b>Ответ:</b> 1) в определение геометрии конструктивных элементов его проточной части; 2) в определении параметров потока газа по длине проточной части; 3) в определении КПД компрессора.</p>                                                                                                                                                                              |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <p>Какие исходные данные необходимы для газодинамического расчета ц/б компрессора?</p> <p><b>Ответ:</b> 1) производительность компрессора; 2) степень повышения давления; 3) начальные параметры газа (давление и температура); частота вращения; требуемый КПД.</p>                                                                                                                                                                                              |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <p>Что определяют на стадии предварительного проектирования ц/б компрессора?</p> <p><b>Ответ:</b> 1) на основном режиме работы осредненные скорости и углы потока; 2) параметры газа в основных сечениях проточной части.</p>                                                                                                                                                                                                                                     |
| 4                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <p>Что необходимо сделать, если число Маха на периферии входной кромки вращающегося направляющего аппарата больше <math>0,85 \div 0,9</math>?</p> <p><b>Ответ:</b> 1) необходимо ввести предварительную закрутку перед рабочим колесом, чтобы проекция абсолютной скорости на окружную (на входе в рабочее колесо) была меньше <math>40 \div 60</math> м/с ; 2) уточнить температуру газа на входе в рабочее колесо; 3) рассчитать новое значение числа Маха.</p> |
| 5                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <p>Какие функции возлагаются на целевой диффузор ц/б компрессора?</p> <p><b>Ответ:</b> 1) повышение давление газа; 2) снижение скорости потока газа до величины меньшей скорости звука.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <p>Какие ступени в качестве первой и последующих используется обычно при проектировании однопроточной паровой турбины низкого давления переднего хода?</p> <p><b>Ответ:</b> в качестве первой – одновенечная активного типа, последующие ступени – реактивного типа.</p>                                                                                                                                                                                          |
| 7                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <p>Из каких основных условий исходят при проектировании первой активной ступени?</p> <p><b>Ответ:</b> 1) скоростная характеристика должна быть на уровне оптимальной <math>\approx 0,47 \div 0,49</math>; 2) степень реактивности <math>\approx 5 \div 7\%</math>; 3) полный (непарциальный впуск пара); 4) угол выхода пара из соплового аппарата не более <math>11 \div 12^\circ</math>.</p>                                                                    |
| 8                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <p>На что влияет выбор оптимальной характеристики турбинной ступени?</p> <p><b>Ответ:</b> 1) на экономичность; 2) на габаритные размеры ступени.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9  | <p><i>Как зависит величина оптимальной характеристики ступени от степени реактивности и потерь на трение и вентиляцию?</i></p> <p><b>Ответ:</b> 1) увеличивается с ростом степени реактивности; 2) увеличивается с уменьшением потерь на трение и вентиляцию.</p>                                       |
| 10 | <p><i>С каким расчетом выбирается диаметр думмиса однопроточной паровой турбины низкого давления?</i></p> <p><b>Ответ:</b> чтобы избежать слишком малого или слишком большого усилия на упорный подшипник, так как и то , и другое отрицательно сказывается на работе масляного клина в подшипнике.</p> |