

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

Направление подготовки/специальность: 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Атомные электростанции и установки

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Турбомашины АЭС**

**Москва
2024**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Медников А.Ф.
	Идентификатор	R8a8b30e8-MednikovAIF-edc42558

А.Ф.
Медников

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Мелихов В.И.
	Идентификатор	Rf4bcbd4b-MelikhovVI-7cf385d8

В.И.
Мелихов

Заведующий
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Хвостова М.С.
	Идентификатор	R5ead212f-KhvostovaMS-a4cf11ca

М.С.
Хвостова

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-2 Способен проводить расчеты характеристик процессов, протекающих в конкретных технических устройствах и аппаратах АЭС и других энергетических установок

ИД-1 Демонстрирует умение использования стандартных методик расчетов характеристик процессов протекающих в оборудовании АЭС

2. ПК-3 Способен к участию в эксплуатации и проектировании основного оборудования атомных электростанций и других энергетических установок с учетом экологических требований и обеспечения безопасной работы

ИД-2 Владеет навыками принятия и обоснования конкретных технических решений при конструировании оборудования АЭС

ИД-4 Демонстрирует понимание процессов, происходящих в оборудовании АЭС и их влияния на конструктивные особенности

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Письменная работа

1. "Определение показателей экономичности турбин АЭС. Расчет параметров ступени" (Контрольная работа)

2. «Конструкция и работа насосов в сети» (Коллоквиум)

3. «Нагнетательные турбомашины АЭС» (Коллоквиум)

4. «Расчет ступени парой турбины АЭС, работающей на влажном паре» (Расчетно-графическая работа)

5. «Совместная работа насосов» (Контрольная работа)

6. «Турбинная ступень» (Коллоквиум)

7. «Турбины АЭС» (Коллоквиум)

8. «Характеристики насосов» (Контрольная работа)

БРС дисциплины

6 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	3	6	9	12
Классификация турбомашин по различным признакам. Циклы турбинных установок. Классификация и характеристики турбинных решеток					
Классификация турбомашин по различным признакам. Циклы турбинных установок. Классификация и характеристики турбинных решеток		+	+	+	+

Турбинная ступень. Расчет и проектирование турбинной ступени, работающей на перегретом паре.				
Турбинная ступень. Расчет и проектирование турбинной ступени, работающей на перегретом паре				+
Расчет и проектирование турбинной ступени, работающей на влажном паре. Многоступенчатые турбины				
Расчет и проектирование турбинной ступени, работающей на влажном паре. Многоступенчатые турбины			+	+
Расчет ступени с учетом изменения параметров потока по радиусу. Эрозия и коррозия в турбинах АЭС				
Расчет ступени с учетом изменения параметров потока по радиусу. Эрозия и коррозия в турбинах АЭС		+	+	
Вес КМ:	10	15	50	25

7 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8
	Срок КМ:	3	6	9	12
Применение нагнетательных турбомашин на АЭС Кинематика потока в центробежной нагнетательной турбомашине. Характеристики насоса					
Применение нагнетательных турбомашин на АЭС Кинематика потока в центробежной нагнетательной турбомашине. Характеристики насоса	+	+	+		
Применение теории подобия в расчетах и проектировании насосов					
Применение теории подобия в расчетах и проектировании насосов			+		+
Способы регулирования производительности насосов. Явление кавитации					
Способы регулирования производительности насосов. Явление кавитации			+		
Многоступенчатое повышение давления в насосах					
Многоступенчатое повышение давления в насосах	+	+			
Вес КМ:	20	20	30	30	

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-2	ИД-1ПК-2 Демонстрирует умение использования стандартных методик расчетов характеристик процессов протекающих в оборудовании АЭС	Уметь: применять теорию подобия в расчетах и проектировании насосов, пересчитывать характеристики насосов и определять параметры совместной работы нескольких машин на общую сеть рассчитывать турбинные ступени, работающие на перегретом и влажном паре, число ступеней и распределение теплоперепадов по ступеням в цилиндре многоступенчатой турбины оценивать показатели экономичности турбин и турбоустановок АЭС	«Расчет ступени парой турбины АЭС, работающей на влажном паре» (Расчетно-графическая работа) "Определение показателей экономичности турбин АЭС. Расчет параметров ступени" (Контрольная работа) «Совместная работа насосов» (Контрольная работа)
ПК-3	ИД-2ПК-3 Владеет навыками принятия и обоснования конкретных	Знать: конструкцию турбинной ступени, принцип	«Турбинная ступень» (Коллоквиум) «Нагнетательные турбомашины АЭС» (Коллоквиум) «Конструкция и работа насосов в сети» (Коллоквиум)

	технических решений при конструировании оборудования АЭС	действия, процесс расширения перегретого и влажного пара в ступени в h,s - диаграмме, кинематику потока в ступени особенности и принцип работы нагнетательных турбомашин на АЭС, их характеристики, параметры и обозначения конструктивные особенности насосов и способы регулирования их производительности	
ПК-3	ИД-4 _{ПК-3} Демонстрирует понимание процессов, происходящих в оборудовании АЭС и их влияния на конструктивные особенности	Знать: особенности работы турбин АЭС, классификацию турбомашин по различным признакам, показатели экономичности турбоустановки и энергоблока Уметь: рассчитывать гидравлические потери в сети, определять теоретические характеристики насоса, кинематику потока жидкости в рабочем колесе насоса	«Турбины АЭС» (Коллоквиум) «Турбинная ступень» (Коллоквиум) "Определение показателей экономичности турбин АЭС. Расчет параметров ступени" (Контрольная работа) «Характеристики насосов» (Контрольная работа)

		определять параметры и аэродинамические характеристики потока перегретого и влажного пара в турбинной ступени, основные и дополнительные потери в турбинной ступени, относительный лопаточный и внутренний КПД ступени	
--	--	---	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

6 семестр

КМ-1. «Турбины АЭС»

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Коллоквиум

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: Время выполнения - не более 60 минут.

Краткое содержание задания:

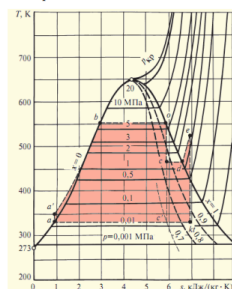
Коллоквиум проходит в виде письменного опроса, который состоит из 8 вопросов.

Время выполнения 60 минут.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: особенности работы турбин АЭС, классификацию турбомашин по различным признакам, показатели экономичности турбоустановки и энергоблока

1. Подпишите названия процессов: $a-a'$; $a'-b$; $b-o$; $o-c$; $c-d$; $d-e$; $e-kt$; $kt-a'$.



$a-a'$ — _____

$a'-b$ — _____

$b-o$ — _____

$o-c$ — _____

$c-d$ — _____

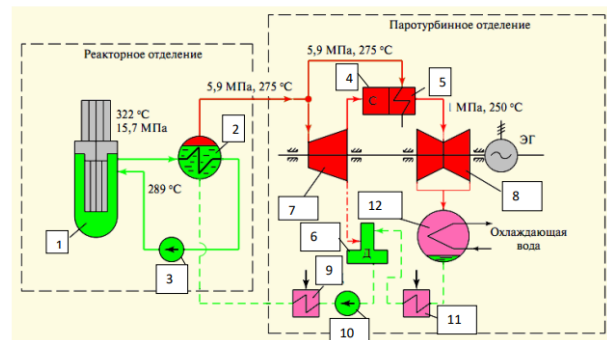
$d-e$ — _____

$e-kt$ — _____

$kt-a'$ — _____

1.

2. Подпишите названия оборудования и элементов турбоустановки, отображенных на тепловой схеме. Проставьте на схеме буквенные обозначения точек из вопроса 1.



- | | |
|------------|------------|
| 1 - _____ | 2 - _____ |
| 3 - _____ | 4 - _____ |
| 5 - _____ | 6 - _____ |
| 7 - _____ | 8 - _____ |
| 9 - _____ | 10 - _____ |
| 11 - _____ | 12 - _____ |

2.

3. Перечислите АЭС России мощностью свыше 1500 МВт:

3.

4. Приведите процентное соотношение в выработке электроэнергии на АЭС, ГЭС и ТЭС в структуре установленной мощности электростанций России:

АЭС - _____ %;

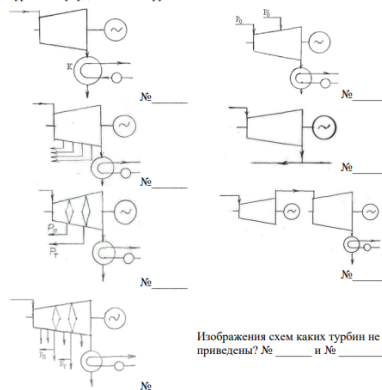
ГЭС - _____ %;

ТЭС - _____ %.

4.

5. Проставьте цифры к соответствующим схемам согласно приведенной классификации турбин:

- 1 - Турбины конденсационные без отборов пара;
- 2 - Турбины конденсационные с нерегулируемыми отборами;
- 3 - Турбины с регулируемыми отборами;
- 4 - Турбины «мятого» пара;
- 5 - Турбины с противодавлением;
- 6 - Предвключенные турбины;
- 7 - Турбины с промежуточным подводом пара (турбины двух давлений);
- 8 - Турбины с регулируемыми и нерегулируемыми отборами;
- 9 - Турбины с ухудшенным вакуумом.



Изображения схем каких турбин не приведены? № _____ и № _____

5.

6. Заполните таблицу:

Наименование КПД/мощности	Относительный КПД	Абсолютный КПД	Мощность
Идеальной турбины			
Внутренний			
Эффективный			
Электрический			

6.

7. Перечислите основные методы повышения тепловой экономичности паротурбинных установок:

7.

8. Отобразите процессы в h-S диаграмме для отрезков o-kt и o-c-d-e-kt представленных тепловых циклов:

8.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

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

Оценка: 4

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

Оценка: 3

10

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

Оценка: 2

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

КМ-2. «Турбинная ступень»

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Коллоквиум

Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

Процедура проведения контрольного мероприятия: Время выполнения - не более 30 минут.

Краткое содержание задания:

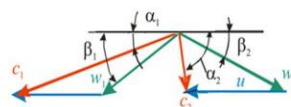
Коллоквиум проходит в виде письменного опроса, который состоит из 6 вопросов.

Время выполнения 30 минут.

Контрольные вопросы/задания:

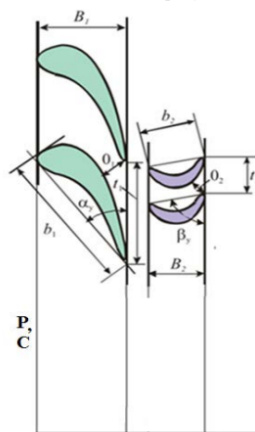
Знать: конструкцию турбинной ступени, принцип действия, процесс расширения перегретого и влажного пара в ступени в h,s -диаграмме, кинематику потока в ступени

1. Для треугольников скоростей дайте определения (описание) всех обозначений, приведенных на рисунке:

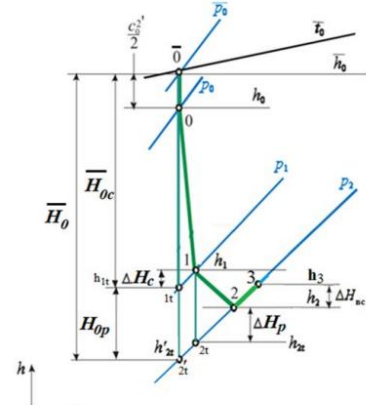
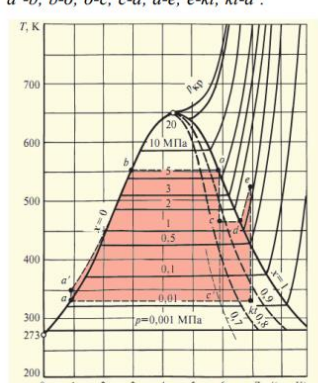
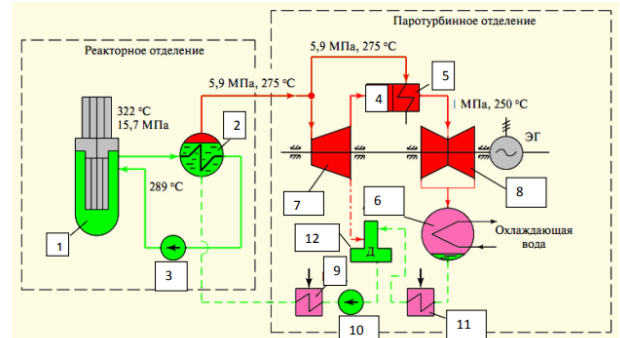


1.

2. На рисунке укажите качественно, как меняется абсолютная скорость c и давление p вдоль оси турбинной ступени. Запишите определения (описания) всех обозначений на рисунке:



2.

	3. Для процесса в h-s диаграмме для турбинной ступени подпишите определения (описания) всех обозначений, приведенных на рисунке:  3.
Знать: особенности работы турбин АЭС, классификацию турбомашин по различным признакам, показатели экономичности турбоустановки и энергоблока	4. Как называется изображенный цикл, подпишите названия процессов: $a-a'$; $a'-b$; $b-o$; $o-c$; $c-d$; $d-e$; $e-kt$; $kt-a'$.  1. 5. Дайте название приведенных ниже величин и приведите формулу для их определения: $\eta_t =$ $\eta_{oi} =$ $\eta_{oe} =$ $\eta_{os} =$ 2. 6. Подпишите названия оборудования и элементов турбоустановки, отображенных на тепловой схеме  3.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

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

Оценка: 4

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

Оценка: 3

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

Оценка: 2

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

КМ-3. «Расчет ступени парой турбины АЭС, работающей на влажном паре»

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Расчетно-графическая работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 50

Процедура проведения контрольного мероприятия: Индивидуальное расчетное задание выдается не позднее 4 недели. Срок выполнения расчетного задания - до 12 недели. Оценивается правильность выполнения расчетного задания в установленные сроки.

Краткое содержание задания:

Рассчитать промежуточную ступень ЦВД с влажным паром на входе.

N – номер по журналу группы

Исходные данные для задания:

Средний диаметр ступени: $d_{cp} = 1,85 + N/100$ м
Расход пара: $G = 850 + N$ кг/с
Давление перед ступенью: $P_0 = 2,70 - N/100$ МПа
Влажность: $y_0 := 0.04$
Скорость на входе в ступень: $c_0 := 65$ м/с
Угол выхода: $\alpha_{1y0} := 15^\circ$
Скорость вращения ротора: $n := 25$ 1/с
Хорды: $b_1 := 120 \cdot 10^{-3}$ м $b_2 := 80 \cdot 10^{-3}$ м
Степень реактивности ступени: $\rho_{\Delta\delta} := 0.23$
Степень крупнодисперсности: $\lambda_0 := 0.05$ $\phi := 0.96$
Перекрыша $\Delta l := 6 \cdot 10^{-3}$ м

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: рассчитывать турбинные ступени, работающие на перегретом и влажном паре, число ступеней и распределение тепловых перепадов по ступеням в цилиндре многоступенчатой турбины	1. В ходе расчета определить размеры сопловых и рабочих лопаток. 2. В ходе расчета построить треугольники скоростей. 3. В ходе расчета определить КПД ступени. 4. В ходе расчета определить мощность ступени. 5. В ходе расчета построить процесс в ступени в h-s диаграмме. 6. В ходе расчета провести расчеты рабочей лопатки на прочность.
---	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если расчетное задание выполнено и оформлено без ошибок. При защите на все вопросы даны исчерпывающие ответы.

Оценка: 4

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если расчетное задание выполнено и оформлено без ошибок. При защите на треть вопросов не даны исчерпывающие ответы.

Оценка: 3

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если расчетное задание выполнено, но оформлено с ошибками. При защите на половину вопросов не даны исчерпывающие ответы.

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если расчетное задание не выполнено.

КМ-4. "Определение показателей экономичности турбин АЭС. Расчет параметров ступени"

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольная работа содержит пять задач. Время выполнения - не более 60 минут.

Краткое содержание задания:

Задача № 1

Для первой ступени ЦНД турбины К-1000-5,8/50 определить относительную скорость входа пара в рабочую решетку W_1 и угол направления этой скорости β_1 , если известно: абсолютная скорость на входе в ступень $C_0 = 0$ м/с; параметры пара перед ступенью $P_0 = 0,6$ МПа, $t_0 = 245^\circ\text{C}$; давление пара за ступенью $P_1 = 0,285$ МПа; степень реактивности на среднем диаметре $\rho_{\text{ср}} = 0,325$; средний диаметр ступени $d_{\text{ср}} = 1,98 \cdot 10^{-3}$ м; скорость вращения ротора $n = 3000$ об/мин; коэффициент скорости для сопловой решетки $\varphi = 0,964$, угол $\alpha_1 = 10^\circ$. Отобразить входной треугольник скоростей.

Задача № 2

Определить относительный лопаточный КПД и мощность на рабочих лопатках промежуточной ступени, если заданы скорости входного и выходного треугольников скоростей: $U = 130$ м/с; $C_1 = 250$ м/с; $W_1 = 130$ м/с; $C_2 = 60$ м/с; $W_2 = 140$ м/с. Коэффициенты скорости $\varphi = 0,97$; $\psi = 0,93$. Расход пара через ступень $G = 30 \cdot 10^3$ кг/с.

Задача № 3

Определить степень реактивности ступени, если заданы скорости входного и выходного треугольников скоростей: $u = 250$ м/с; $C_1 = 400$ м/с; $W_1 = 200$ м/с; $C_2 = 145$ м/с; $W_2 = 350$ м/с. Коэффициенты скорости $\varphi = 0,95$; $\psi = 0,92$.

Задача № 4

Определить относительные потери от трения диска о пар, если известны: средний диаметр ступени $d_{\text{ср}} = 1,05$ м ($\text{№} 0,001$); длина сопловой лопатки $l_1 = 210$ мм; длина рабочей лопатки $l_2 = 218$ мм; угол $\alpha_1 = 12^\circ$; отношение скоростей $U/C_0 = 0,5$. Принять коэффициент трения $K_{\text{тр}} = 2 \cdot 10^{-3}$.

Задача № 5

Определить относительный лопаточный КПД для ступени, работающей на влажном паре, если известны: $U/C_0 = 0,52$; степень влажности на входе в ступень $y_0 = 0,035$; степень влажности на выходе из ступени $y_2 = 0,065$; коэффициент, зависящий от степени крупнодисперсности влажного пара и степени реактивности ступени $K_1 = 0,9$; коэффициент $K_2 = 0,35$; относительный лопаточный КПД для данной ступени, работающей на перегретом паре $\eta_{\text{от}}^{\text{м}} = 0,9$ ($\text{№} 0,001$).

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: оценивать показатели экономичности турбин и турбоустановок АЭС	1.Определить КПД и полезную мощность турбоустановки.
Уметь: определять параметры и аэродинамические характеристики потока перегретого и влажного пара в	1.Определить относительную скорость входа пара в рабочую решетку W_1 и угол направления этой скорости β_1 . 2.Определить относительный лопаточный КПД и

турбинной ступени, основные и дополнительные потери в турбинной ступени, относительный лопаточный и внутренний КПД ступени	мощность на рабочих лопатках промежуточной ступени. 3.Определить степень реактивности ступени. 4.Определить относительные потери от трения диска о пар. 5.Определить относительный лопаточный КПД для ступени, работающей на влажном паре.
--	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

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

Оценка: 4

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если задачи решены в целом верно и правильно изображены требуемые зависимости: либо не доделано не более 25% в какой-либо из задач; либо присутствуют арифметические ошибки в вычислениях одной из задач, искажающие результат не более чем на 10%; не у всех величин указана размерность.

Оценка: 3

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

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если не правильно изображены или отсутствуют требуемые зависимости и правильно решено менее 80% каждой из задач, либо записан правильный ответ, но решение отсутствует или записаны уравнения, не имеющие отношения к физическим явлениям и процессам, которые рассмотрены в каждой из задач.

7 семестр

КМ-5. «Нагнетательные турбомашины АЭС»

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Коллоквиум

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Время выполнения - не более 30 минут.

Краткое содержание задания:

Коллоквиум проходит в виде письменного опроса, который состоит из 14 вопросов.
Время выполнения 30 минут.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: особенности и принцип работы нагнетательных турбомашин на АЭС, их характеристики, параметры и обозначения

Общий объем контура многократной принудительной циркуляции энергоблока с реактором РБМК-1000 составляет?

- ☐ около 1200 м³
- ☐ около 120 м³
- ☐ около 12 м³

1.

Движение больших потоков воды по многочисленным, в основном замкнутым контурам со сравнительно большими скоростями осуществляется с помощью насосного оборудования, установленная мощность которого достигает ____ % мощности энергоблока АЭС, а потребляемая энергия составляет от ____ до ____ % энергии, расходуемой на собственные нужды АЭС.

- ☐ 12, 70, 90
- ☐ 2, 7, 9

2.

Какие функции выполняет насосное оборудование на АЭС? *

Краткий ответ

3.

Удельные расходы технической воды на АЭС в 1,5—2 раза _____, чем на ТЭС. *

- ☐ больше
- ☐ меньше

4.

Какие требования предъявляются к основным насосным агрегатам АЭС? *

Краткий ответ

5.

Что включает в себя понятие насосный агрегат? *

Краткий ответ

6.

Какие основные элементы конструкции центробежных насосов определяют экономичность и надежность их работы в системах АЭС?

Краткий ответ

7.

Какие уплотнения применяются в качестве концевых уплотнений в насосах АЭС?

Краткий ответ

8.

Какие подшипники применяются в насосах АЭС? *

Краткий ответ

9.

Какие насосы применяются в одноконтурной схеме АЭС с реактором РБМК-1000? *

Краткий ответ

10.

Какие насосы применяются в двухконтурной схеме АЭС с реактором ВВЭР-1000? *

Краткий ответ

11.

...

Для чего предназначены питательные насосы на АЭС? *

Краткий ответ

12.

	Для чего предназначены конденсатные насосы на АЭС? * Краткий ответ 13. Для чего предназначены циркуляционные насосы на АЭС? * Краткий ответ 14.
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

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

Оценка: 4

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

Оценка: 3

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

Оценка: 2

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

КМ-6. «Конструкция и работа насосов в сети»

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Коллоквиум

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Время выполнения - не более 45 минут.

Краткое содержание задания:

Коллоквиум проходит в виде письменного опроса, который состоит из 14 вопросов.

Время выполнения 45 минут.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: конструктивные особенности насосов и способы регулирования их производительности	Поршневые насосы согласно классификации относятся к типу? ☐ водонапорные машины ☐ объемные насосы ☐ струйные насосы 1. ☐ лопастные насосы Эжекторы согласно классификации относятся к типу? ☐ струйные насосы ☐ объемные насосы ☐ лопастные насосы 2.
--	---

	На какие два класса делят насосы по принципу действия и конструкции? ☐ объемные и динамические ☐ роторные и осевые 3. ☐ лопастные и поршневые Полный запас энергии жидкости (газа) после насоса _____, чем на входе в насос? ☐ ниже 4. ☐ выше К объемным насосам относят? * ☐ кулачковый ☐ роторный ☐ вращательный ☐ осевой ☐ лопастной 5. К динамическим насосам относят? ☐ струйный ☐ со спиральным отводом ☐ осевой ☐ шиберный ☐ возвратно-поступательный 6. В объемных насосах линии всасывания и нагнетания? ☐ герметично соединены ☐ герметично разделены 7.
--	---

	Если поршни установлены перпендикулярно оси вращения вала, то такой насос называют _____-поршневым? ☐ поперечно ☐ радиально ☐ продольно 8. Если поршни установлены вдоль оси вращения вала, то такой насос называют _____-поршневым? ☐ аксиально (продольно) ☐ радиально 9. ☐ поперечно К характерным особенностям объемных насосов относится? Краткий ответ _____ 10. _____ *** Что позволяет объемным насосам развить высокое давление? Краткий ответ _____ 11. _____ Чем объясняется способность объемных насосов к самовсасыванию? Краткий ответ _____ 12. _____ В динамических насосах жидкость перекачивается под действием? ☐ сил инерции ☐ сил трения ☐ за счет изменения объема рабочей камеры 13. _____ В спиральном отводе центробежного насоса _____ энергия преобразуется в _____ энергию? ☐ кинетическая, потенциальную ☐ потенциальная, кинетическую 14. _____ Осевые насосы позволяют обеспечить? ☐ большую подачу ☐ высокое давление 15. _____ Вихревой насос позволяет обеспечивать? ☐ высокое давление ☐ низкие потери энергии 16. _____ За счет чего осуществляется перекачка жидкости в струйных насосах? Краткий ответ _____ 17. _____
--	--

	Активные и пассивные потоки жидкости в струйных насосах? ☐ разделяются ☐ смешиваются 18. Могут ли струйные насосы быть многоступенчатыми? ☐ да ☐ нет 19. Напишите основные особенности динамических насосов? Краткий ответ 20. Почему динамические насосы не обладают самовсасыванием? Краткий ответ 21. Что входит в состав проточных частей центробежных насосов и какое их предназначение? Краткий ответ 22. Для чего предназначены передние и задние щелевые уплотнения между неподвижными элементами и вращающимися рабочими колесами проточных частей? Краткий ответ 23. Для чего предназначены разгрузочные устройства в конструкции насосов? Краткий ответ 24. Как уравнивается осевое усилие в многоступенчатых насосах с односторонним расположением рабочих колес? Краткий ответ 25. Что такое оптимальная скорость вращения рабочего колеса насоса? Краткий ответ 26. Вследствие чего возникают объемные потери в насосах? Краткий ответ 27. Чему равен средний диапазон значений КПД насоса? Краткий ответ 28.
Знать: особенности и принцип работы нагнетательных турбомашин на АЭС, их характеристики, параметры и обозначения	Что входит в слагаемые энергии 1 кг жидкости, выраженные с помощью уравнения Бернулли? ☐ энергия положения ☐ энергия, обусловленная давлением, под которым находится жидкость ☐ кинетическая энергия ☐ все вышеперечисленное 1. Какие бывают виды подачи Q? * Краткий ответ 2.

	Что такое удельная работа насоса L, напор насоса H, давление насоса P? * 3. Краткий ответ В чем разница между потребляемой и полезной мощностями насоса? 4. Краткий ответ Какие потери есть в насосах? * Краткий ответ 5.
--	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

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

Оценка: 4

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

Оценка: 3

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

Оценка: 2

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

КМ-7. «Характеристики насосов»

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольная работа содержит четыре задачи. Время выполнения - не более 60 минут.

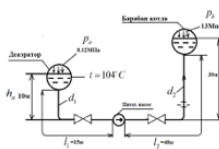
Краткое содержание задания:

Задача 1.

Определить потери давления в прямой трубе длиной $l = 8$ м и диаметром $d = 24$ мм при движении по нему воды со скоростью $c = 2$ м/с. Кинематическая вязкость жидкости $\nu = 0,295 \cdot 10^{-6}$ м²/с. Рассмотреть два варианта: а) трубопровод с гладкими стенками и б) трубопровод с шероховатостью на внутренней поверхности при высоте микронеровностей $d = 0,12$ мм.

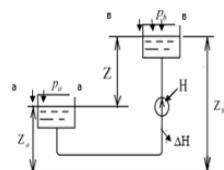
Задача 2.

Найти полезную и потребляемую мощность насоса, если известна объемная подача $Q = 200$ м³/час, КПД насоса $\eta_{\text{нас}} = 0,75$, диаметр колеса на входе в насос $d_1 = 180$ мм, диаметр колеса на выходе из насоса $d_2 = 90$ мм. Коэффициент сопротивления для задвижки $\xi_{\text{зз}} = 2,0$. Коэффициент сопротивления от поворота потока $\xi_{\text{пов}} = 1,25$. Плотность воды $\rho_{\text{вода}} = 1000$ кг/м³. Кинематическая вязкость воды $\nu = 0,285 \cdot 10^{-6}$ м²/с. Расчёт вести для гладких труб. Коэффициент сопротивления мерной диафрагмы не учитывать.



Задача 3.

Определить напор, развиваемый насосом, включенным по данной схеме. Уровень воды не меняется. Давление $P_1 = 1,2 \cdot 10^5$ Па, давление $P_2 = 5,5 \cdot 10^4$ Па. Потери удельной энергии в системе $\Delta L = 0,02$ кДж/кг. $Z_1 = 20$ м, $Z_2 = 30$ м. Плотность воды $\rho_{\text{вода}} = 1000$ кг/м³. Скорость жидкости в сечении а-а $C_1 = 0$ м/с, в сечении в-в $C_2 = 3,5$ м/с.



Задача 4.

Центробежный насос имеет объемную подачу $Q = 25 \cdot 10^{-3}$ м³/с. Скорость вращения колеса насоса $n = 3000$ об/мин. Диаметр колеса на выходе $d_2 = 160$ мм, длина лопатки на выходе $l_2 = 15$ мм. Угол $\beta = 30^\circ$. Гидравлический КПД $\eta_h = 0,8$. Поток жидкости на входе в колесо не закручен. Найти напор, создаваемый насосом.

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: рассчитывать гидравлические потери в сети, определять теоретические характеристики насоса, кинематику потока жидкости в рабочем колесе насоса	1. Определить потери давления в прямой трубе при движении по нему воды для а) трубопровода с гладкими стенками и б) трубопровода с шероховатостью на внутренней поверхности. 2. Найти полезную и потребляемую мощность насоса. 3. Определить напор, развиваемый насосом. 4. Определить подачу, развиваемую насосом.
--	--

Описание шкалы оценивания:*Оценка: 5*

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

Оценка: 4

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если задачи решены в целом верно и правильно изображены требуемые зависимости: либо не доделано не более 25% в какой-либо из задач; либо присутствуют арифметические ошибки в вычислениях одной из задач, искажающие результат не более чем на 10%; не у всех величин указана размерность.

Оценка: 3

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

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если не правильно изображены или отсутствуют требуемые зависимости и правильно решено менее 80% каждой из задач, либо записан правильный ответ, но решение отсутствует или записаны уравнения, не имеющие отношения к физическим явлениям и процессам, которые рассмотрены в каждой из задач.

КМ-8. «Совместная работа насосов»

Формы реализации: Письменная работа

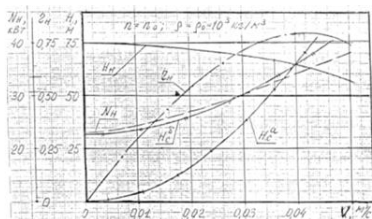
Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

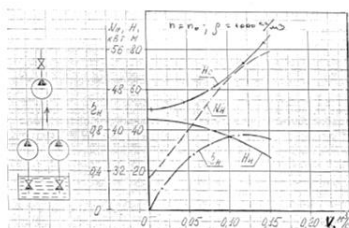
Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольная работа содержит две задачи. Время выполнения - не более 60 минут.

Краткое содержание задания:

Задача №1
По имеющимся характеристикам насоса (см. рис.) и двух сетей (H_1' и H_1'') определить подачу, напор, давление, КПД и потребляемую мощность насоса, подобного данному, но с минимальными на 10% линейными размерами при работе на сеть «а» и сеть «б».



Задача №2
Три одинаковых насоса перекачивают воду из открытого бассейна. Они включены по схеме два параллельно и один последовательно и работают на заданную сеть (см. рис.). Определить подачу, напор, давление, КПД и мощность каждого насоса и всей системы.



Контрольные вопросы/задания:

Уметь: применять теорию подобия в расчетах и проектировании насосов, пересчитывать характеристики насосов и определять параметры совместной работы нескольких машин на общую сеть

1. Определить подачу, напор, давление, КПД и потребляемую мощность насоса при работе на сеть.
2. Определить подачу, напор, давление, КПД и мощность каждого из параллельно- и последовательно включенных насосов, а также всей системы.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

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

Оценка: 4

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если задачи решены в целом верно и правильно изображены требуемые зависимости: либо не доделано не более 25% в какой-либо из задач; либо присутствуют арифметические ошибки в вычислениях одной из задач, искажающие результат не более чем на 10%; не у всех величин указана размерность.

Оценка: 3

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

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если не правильно изображены или отсутствуют требуемые зависимости и правильно решено менее 80% каждой из задач, либо записан правильный ответ, но решение отсутствует или записаны уравнения, не имеющие отношения к физическим явлениям и процессам, которые рассмотрены в каждой из задач.

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

6 семестр

Форма промежуточной аттестации: Зачет с оценкой

Пример билета

Вопрос 1: Относительный лопаточный КПД ступени, работающей на влажном паре.

Вопрос 2: Условия эксплуатации рабочих лопаток. Силы, действующие на рабочие лопатки. Расчет на прочность рабочих лопаток.

Задача: Определить параметры пара за турбинной ступенью, если известны давление $P_0 = 6,2$ МПа, $x_0 = 0,95$, $P_2 = 4,2$ МПа, относительный внутренний КПД 0,9.

Процедура проведения

Зачет проводится в устной форме по билетам. Билет включает два теоретических вопроса и практическую задачу на все темы курса, разобранные на практических занятиях. Время на подготовку - не более 60 мин. Время опроса - не более 30 мин. Для решения практической задачи могут предоставляться справочные данные теплофизических свойств воды и водяного пара на основе справочника А.А. Александров, Б.А. Григорьев. – М. : Изд-во МЭИ, 1999 . – 168 с. - ISBN 5-7046-0397-1 и h,s -диаграмма для водяного пара (по справочнику "Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара").

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-1_{ПК-2} Демонстрирует умение использования стандартных методик расчетов характеристик процессов протекающих в оборудовании АЭС

Вопросы, задания

- 1.1. Способы повышения термического КПД цикла.
2. Относительный лопаточный КПД ступеней, работающих на влажном паре.
3. Типы паровых турбин, используемых на ТЭС и АЭС.
4. Потери в ступени, работающей на влажном паре.
5. Особенности расчета и проектирования турбинной ступени, работающей на влажном паре.
6. Циклы турбинных установок ТЭС и АЭС.
7. Особенности расчета треугольников скоростей для ступеней, работающих на влажном паре.
8. Относительный внутренний КПД турбины. Абсолютный внутренний КПД турбоустановки. Механический КПД. КПД электрогенератора. Относительный электрический КПД. Мощность турбины и турбоустановки.
9. Факторы, определяющие экономичность цикла ТЭС и АЭС.

2. Компетенция/Индикатор: ИД-2_{ПК-3} Владеет навыками принятия и обоснования конкретных технических решений при конструировании оборудования АЭС

Вопросы, задания

- 1.1. Классификация турбомашин. Особенности турбин АЭС.
2. Особенности работы турбинной ступени на влажном паре.
3. Циклы турбинных установок. Коэффициенты полезного действия турбины и турбоустановки.
4. Относительный лопаточный КПД ступени, работающей на влажном паре.

5. Рабочий процесс в многоступенчатой турбине. Изменение параметров пара вдоль проточной части турбины. Коэффициент возврата теплоты.
6. Предельная мощность однопоточной турбины. Способы повышения единичной мощности турбины.
7. Выбор основных конструктивных параметров турбины. Выбор частоты вращения ротора для турбин АЭС. Выбор числа цилиндров в турбинах АЭС.
8. Относительный лопаточный КПД ступени, работающей на перегретом паре.
9. Особенности работы турбинной ступени на влажном паре.
10. Относительный внутренний КПД ступени.
11. Влияние влажности на характеристики группы ступеней Оценка КПД группы ступеней, работающих на влажном паре.
12. Особенности расчета и проектирования турбинной ступени, работающей на влажном паре.
13. Потери давления в трактах.
14. Основные и дополнительные потери в ступени.
15. Многоступенчатые турбины. Необходимость применения, преимущества и недостатки.

Материалы для проверки остаточных знаний

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

3. Компетенция/Индикатор: ИД-4_{ПК-3} Демонстрирует понимание процессов, происходящих в оборудовании АЭС и их влияния на конструктивные особенности

Вопросы, задания

- 1.1. Особенности работы турбинной ступени на влажном паре.
2. Относительный лопаточный КПД ступени, работающей на влажном паре.
3. Классификация и характеристики турбинных решеток турбомашин.
4. Расчет абсолютных и относительных скоростей с учетом поправок на влажность.
5. Сопловые и рабочие решетки. Геометрические и аэродинамические характеристики.
6. Условия эксплуатации рабочих лопаток. Силы, действующие на рабочие лопатки. Расчет на прочность рабочих лопаток.
7. Турбинная ступень. Конструкция, принцип действия, процесс в h,s -диаграмме.
8. Преобразование энергии в турбинной ступени. Кинематика потока ступени.
9. Степень реактивности турбинной ступени.

Материалы для проверки остаточных знаний

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

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если правильно выполнено практическое задание и при ответе на вопросы билета и на дополнительные вопросы

обучающийся показал, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных процессов и явлений или решения задач.

Оценка: 4

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если правильно выполнено практическое задание или в нем допущено не более одной ошибки, которая была самостоятельно исправлена обучающимся, и при ответе на вопросы билета и на дополнительные вопросы обучающийся допускает негрубые ошибки.

Оценка: 3

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если в выполненном практическом задании допущены грубые ошибки, которые затем исправлены обучающимся при участии преподавателя или практическое задание не выполнено в полном объеме, но обучающийся смог довести решение до конца при участии преподавателя, и в ответах на вопросы билета допущены ошибки.

Оценка: 2

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

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Оценка за курс определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» и выставляется на основании оценки за зачет и на основании семестровой составляющей. В приложение к диплому оценкой за курс выносится оценка, полученная в 1 семестре (часть курса №1).

7 семестр

Форма промежуточной аттестации: Зачет с оценкой

Пример билета

Вопрос 1: Применение нагнетательных машин на АЭС..

Вопрос 2: Кинематика потока в рабочем колесе центробежного насоса. Уравнение Эйлера. Степень реакции. Закон сохранения массы (закон неразрывности). Закон сохранения энергии (уравнение Бернулли)..

Задача: Определить давление, которое должен развивать насос, подающий воду из открытого бассейна на высоту $Z=15\text{ м}$ в резервуар, избыточное давление в котором $P_{\text{в}} = 5 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Гидравлические потери удельной энергии в трубопроводе $\Delta L = 15 \text{ Дж/кг}$. Скорость выхода воды из напорного трубопровода $C_{\text{в}} = 2,5 \text{ м/с}$.

Процедура проведения

Зачет проводится в устной форме по билетам. Билет включает два теоретических вопроса и практическую задачу на все темы курса, разобранные на практических занятиях. Время на подготовку - не более 60 мин. Время опроса - не более 30 мин. Для решения практической задачи могут предоставляться справочные данные теплофизических свойств воды и водяного пара на основе справочника А.А. Александров, Б.А. Григорьев. – М. : Изд-во МЭИ, 1999 . – 168 с. - ISBN 5-7046-0397-1 и h,s -диаграмма для водяного пара (по справочнику "Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара").

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-1_{ПК-2} Демонстрирует умение использования стандартных методик расчетов характеристик процессов протекающих в оборудовании АЭС

Вопросы, задания

- 1.1. Коэффициент быстроходности насосов. Связь характеристик насосов с коэффициентом быстроходности.
2. Работа насоса в системе. Рабочая точка.
3. Совместная работа нескольких насосов на общую сеть.
4. Применение теории подобия в расчетах и проектировании насосов. Пересчет характеристик насосов.

Материалы для проверки остаточных знаний

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

2. Компетенция/Индикатор: ИД-2_{ПК-3} Владеет навыками принятия и обоснования конкретных технических решений при конструировании оборудования АЭС

Вопросы, задания

- 1.1. Типы нагнетательных машин.
2. Применение нагнетательных машин на АЭС.
3. Устройство и принцип действия одноступенчатого центробежного насоса.
4. Основные характеристики, параметры и обозначения. одноступенчатого центробежного насоса.
5. Кинематика потока в рабочем колесе центробежного насоса. Уравнение Эйлера. Степень реакции. Закон сохранения массы (закон неразрывности). Закон сохранения энергии (уравнение Бернулли).
6. Определение напора насоса по показаниям приборов.
10. Коэффициент быстроходности насосов. Связь характеристик насосов с коэффициентом быстроходности.
11. Работа насоса в системе. Рабочая точка.
12. Совместная работа нескольких насосов на общую сеть.

3. Компетенция/Индикатор: ИД-4_{ПК-3} Демонстрирует понимание процессов, происходящих в оборудовании АЭС и их влияния на конструктивные особенности

Вопросы, задания

- 1.1. Теоретические характеристики насоса. Зависимость теоретических характеристик насоса от подачи и угла выхода потока жидкости из рабочего колеса.
2. Действительные характеристики насосов.
3. Зависимость действительных характеристик насоса от подачи и угла выхода потока жидкости из рабочего колеса.
4. Кинематика потока в рабочем колесе центробежного насоса. Уравнение Эйлера. Степень реакции. Закон сохранения массы (закон неразрывности). Закон сохранения энергии (уравнение Бернулли).

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если правильно выполнено практическое задание и при ответе на вопросы билета и на дополнительные вопросы обучающийся показал, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных процессов и явлений или решения задач.

Оценка: 4

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если правильно выполнено практическое задание или в нем допущено не более одной ошибки, которая была самостоятельно исправлена обучающимся, и при ответе на вопросы билета и на дополнительные вопросы обучающийся допускает негрубые ошибки.

Оценка: 3

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если в выполненном практическом задании допущены грубые ошибки, которые затем исправлены обучающимся при участии преподавателя или практическое задание не выполнено в полном объеме, но обучающийся смог довести решение до конца при участии преподавателя, и в ответах на вопросы билета допущены ошибки.

Оценка: 2

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

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Оценка за курс определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» и выставляется на основании оценки за зачет и на основании семестровой составляющей. В приложение к диплому оценкой за курс выносятся оценка, полученная в 1 семестре (часть курса №1).