

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

Направление подготовки/специальность: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: ТЭС: схемы, системы и агрегаты

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Режимы работы и эксплуатация ТЭС**

**Москва
2024**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Ильин Е.Т.
	Идентификатор	R03768be5-IlinYT-edc34583

Е.Т. Ильин

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Олейникова Е.Н.
	Идентификатор	R1baf83c5-OleynikovaYN-375dcd6

Е.Н.
Олейникова

Заведующий
выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дудолин А.А.
	Идентификатор	Rb94958b9-DudolinAA-83802984

А.А. Дудолин

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

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

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

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-1 Способен к проектно-конструкторской деятельности в сфере тепло-энергетики и теплотехники

ИД-5 Демонстрирует способность участвовать в разработке и совершенствовании оборудования, оптимизации режимов работы и технологических систем

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Проверка задания

1. КМ-1 (Решение задач)
2. КМ-10 (Решение задач)
3. КМ-2 (Решение задач)
4. КМ-3 (Решение задач)
5. КМ-4 (Решение задач)
6. КМ-5 (Решение задач)
7. КМ-6 (Решение задач)
8. КМ-7 (Решение задач)
9. КМ-8 (Решение задач)
10. КМ-9 (Решение задач)

БРС дисциплины

1 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %					
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
	Срок КМ:	3	5	9	13	5
Понятие маневренности. Основные факторы, определяющие маневренность оборудования. Способы повышения маневренности. Переходные процессы и их влияние на показатели тепловой экономичности и надежности. Переходные режимы работы.						
Понятие маневренности. Основные факторы, определяющие маневренность оборудования. Способы повышения маневренности. Переходные процессы и их влияние на показатели тепло-вой экономичности и надежности. Переходные режимы работы.	+					
Отклонение основных параметров пара от номинальных параметров						
Отклонение основных пара-метров пара от номинальных параметров			+	+		

Прохождение пиковой части графика нагрузки. Методы и способы получения дополнительной пиковой мощности. Показатели тепловой экономичности					
Прохождение пиковой части графика нагрузки. Методы и способы получения дополнительной пиковой мощности. Ограничения и показатели тепловой экономичности режимов.		+	+	+	+
Прохождение провалов графика нагрузки. Методы и способы прохождения провалов нагрузки. Ограничения, преимущества, недостатки. Показатели тепловой экономичности					
Прохождение провалов графика нагрузки. Методы и способы прохождения провалов нагрузки. Ограничения, преимущества, недостатки. Показатели тепловой экономичности		+		+	
Совершенствование пусковых схем и технологии пуска энергоблоков. Совершенствование пусковых схем и технологии пуска турбин на станциях с поперечными связями					
Совершенствование пусковых схем и технологии пуска энергоблоков. Совершенствование пусковых схем и технологии пуска турбин на станциях с поперечными связями				+	+
Вес КМ:	15	15	25	30	15

2 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %					
	Индекс КМ:	КМ-6	КМ-7	КМ-8	КМ-9	КМ-10
	Срок КМ:	4	9	11	14	16
Рынок электроэнергии и мощности. Особенности эксплуатации оборудования в условиях ранка. Критерии эффективности. Оптимизация режимов работы. Цели и задачи оптимизации на ТЭС и в энергосистеме						
Рынок электроэнергии и мощности. Особенности эксплуатации оборудования в условиях ранка. Критерии эффективности.	+	+	+			+
Оптимизация режимов работы. Цели и задачи оптимизации на ТЭС и в энергосистеме	+	+	+			
Распределение нагрузки между агрегатами ТЭС. Методы и способы распределения. Критерии оптимального распределения. Выбор состава включенного генерирующего оборудования. Методология выбора. Критерии						
Распределение нагрузки между агрегатами ТЭС. Методы и способы распределения. Критерии оптимального распределения.	+	+	+			
Выбор состава включенного генерирующего оборудования. Методология выбора. Критерии			+			
Планирование нагрузки. Этапы и способы планирования. Особенности эксплуатации ПГУ в условиях рынка электроэнергии и мощности и климатических особенностей						

Планирование нагрузки. Этапы и способы планирования.	+	+	+		
Особенности эксплуатации ПГУ в условиях рынка электроэнергии и мощности и климатических особенностей			+		
Выравнивание графиков нагрузки. Методы и способы выравнивания. Выбор оптимальных решений.					
Выравнивание графиков нагрузки. Методы и способы выравнивания. Выбор оптимальных решений.				+	+
Эффективность эксплуатации, контроль и техническое обслуживание оборудования в процессе эксплуатации					
Эффективность эксплуатации, контроль и техническое обслуживание оборудования в процессе эксплуатации				+	+
Вес КМ:	15	25	25	20	15

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

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

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-1	ИД-5ПК-1 Демонстрирует способность участвовать в разработке и совершенствовании оборудования, оптимизации режимов работы и технологических систем	Знать: методы расчета основных процессов эксплуатации оборудования в различных режимах правила эффективной эксплуатации оборудования способы повышения эффективности технологических систем принципы принятия оптимальных решений способы повышения маневренности оборудования Уметь: рассчитывать и выбирать оптимальный режим работы генерирующего оборудования с учетом спроса и предложения на ОРЭМ планировать режимы работы ТЭС и определять	КМ-1 (Решение задач) КМ-2 (Решение задач) КМ-3 (Решение задач) КМ-4 (Решение задач) КМ-5 (Решение задач) КМ-6 (Решение задач) КМ-7 (Решение задач) КМ-8 (Решение задач) КМ-9 (Решение задач) КМ-10 (Решение задач)

		потребности производства в топливно-энергетических ресурсах и разрабатывать нормы их расхода проводить технический, технико-экономический и функционально- стоимостной анализ работы действующего оборудования определять оптимальный состав и режимы работы генерирующего оборудования с использованием современных методов расчета	
--	--	---	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

1 семестр

КМ-1. КМ-1

Формы реализации: Проверка задания

Тип контрольного мероприятия: Решение задач

Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

Процедура проведения контрольного мероприятия: Правильность выполнения задания и обоснованности анализа и выводов.

Краткое содержание задания:

Задание 1. 1

Выбор оптимальной скорости разгрузки.

Определить оптимальную скорость разгрузки станции, состоящей из нескольких энергоблоков при участии ее в регулировании графика нагрузки (задается преподавателем).

С этой целью рассмотреть несколько вариантов очередности разгрузки и нагружения энергоблоков (например: все блоки разгружаются одновременно, блоки разгружаются по очереди, половина блоков разгружается одновременно, а вторая половина блоков начинает разгружаться по окончании разгрузки первых блоков, при этом время разгрузки станции остается неизменным). При выборе числа одновременно разгружающихся блоков необходимо учитывать ограничение на максимально-допустимую скорость разгрузки энергоблока. При расчете, для определения точки оптимум, можно превышать допустимое значение максимальной скорости на 1%, но при этом оптимум не должен превышать допустимую скорость изменения нагрузки. Все блоки разгружаются только в регулировочном диапазоне. Построить зависимость изменения затрат топлива за цикл «разгрузка» от скорости изменения нагрузки и заданного диапазона изменения мощности, а также зависимость изменения затрат топлива на нестационарность процесса в режиме разгрузки. Определить оптимальную скорость разгрузки.

Задание 1. 2.

Выбор оптимальной скорости нагружения.

Определить оптимальную скорость нагружения станции, состоящей из нескольких энергоблоков при участии ее в регулировании графика нагрузки (задаваемого преподавателем).

С этой целью рассмотреть несколько вариантов очередности нагружения энергоблоков (например: все блоки нагружаются одновременно, блоки нагружаются по очереди, половина блоков нагружается одновременно, а вторая половина блоков начинает разгружаться по окончании нагружения первых блоков, при этом время нагружения станции остается неизменным). При выборе числа одновременно нагружающихся блоков необходимо учитывать ограничение на максимально-допустимую скорость нагружения. Построить зависимость изменения затрат топлива за цикл «Нагружение» от скорости изменения нагрузки и заданного диапазона изменения мощности, а также зависимость изменения затрат топлива на нестационарность процесса в режиме нагружения. Определить оптимальную скорость нагружения.

Сравнить между собой этапы нагружения и разгрузки. Объяснить наличие расхождений.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: способы повышения маневренности оборудования	1.Перечислить способы повышения маневренности основного оборудования ТЭС 2.Перечислить основные факторы, ограничивающие маневренность
---	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме и выводы по результатам анализа правильные и в обосновании имеются лишь незначительные неточности.

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если выполнены все задания и имеются не принципиальные ошибки и в обосновании имеются грубых неточностей.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 55

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если выполнено более 2/3 заданий и в обосновании имеются ошибки не принципиального характера.

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-2. КМ-2

Формы реализации: Проверка задания

Тип контрольного мероприятия: Решение задач

Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

Процедура проведения контрольного мероприятия: Правильность выполнения задания и обоснованности анализа и выводов.

Краткое содержание задания:

Задание 1.3(часть 1). Рассчитать изменение мощности и удельного расхода топлива на выработку электрической энергии для энергоблока (задаваемого преподавателем) при отклонении параметров пара на входе в турбину. Исходные данные по энергоблоку в номинальном режиме и параметры отклонения задается преподавателем ведущим занятия в группе. На основании полученных результатов расчетов сделать выводы с обоснованием и комментариями..

В расчетах принять следующие допущения:

- коэффициент дросселирования в регулирующих клапанах принять $\text{const } b=0,95$;
- потери давления в промежуточном пароперегревателе принять по опорному базовому режиму, как долю потерь.
- недогревы в ПВД $\nu=20^\circ\text{C}$;
- недогревы в ПНД $\nu=50^\circ\text{C}$;
- КПД проточной части турбины на всех режимах остается неизменным и равным номинальному;
- электромеханический КПД генератора $\text{const } \eta_{\text{г}}=0,98$;
- КПД котла во всех режимах равен $\eta_{\text{к}}=0,93$;

- положение регулирующих клапанов считать неизменным;
- давление в конденсаторе принять условно постоянным (в реальных условиях изменение расхода и параметров пара на входе в конденсатор приведет к изменению давления в нем при прочих неизменных параметрах).

Задание 1. 3(часть 2). Рассчитать изменение мощности и удельного расхода топлива на выработку электрической энергии для энергоблока (задаваемого преподавателем) при отклонении параметров в конденсаторе турбины. Исходные данные по энергоблоку в номинальном режиме и параметры отклонения задается преподавателем ведущим занятия в группе. На основании полученных результатов расчетов сделать выводы с обоснованием и комментариями..

В расчетах принять следующие допущения:

- коэффициент дросселирования в регулирующих клапанах принять $\text{const } b=0,95$;
- потери давления в промежуточном пароперегревателе принять по опорному базовому режиму, как долю потерь.
- недогревы в ПВД $v=20^\circ\text{C}$;
- недогревы в ПНД $v=50^\circ\text{C}$;
- КПД проточной части турбины на всех режимах остается неизменным и равным номинальному;
- электромеханический КПД генератора $\text{const } \eta_{\text{г}}=0,98$;
- КПД котла во всех режимах равен $\eta_{\text{к}}=0,93$;
- положение регулирующих клапанов считать неизменным;

Контрольные вопросы/задания:

Знать: методы расчета основных процессов эксплуатации оборудования в различных режимах	1. Как изменится мощность турбоагрегата при неизменном расходе пара на турбину, если температура пара понизилась на 100°C
Знать: правила эффективной эксплуатации оборудования	1. Перечислить основные требования и правила оптимальной эксплуатации.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме и выводы по результатам анализа правильные и в обосновании имеются лишь незначительные неточности.

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если выполнены все задания и имеются не принципиальные ошибки и в обосновании имеются грубых неточностей.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 55

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если выполнено более $2/3$ заданий и в обосновании имеются ошибки не принципиального характера

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-3. КМ-3

Формы реализации: Проверка задания

Тип контрольного мероприятия: Решение задач

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Правильность выполнения задания и обоснованности анализа и выводов.

Краткое содержание задания:

Задание 1.4 (часть1). Для энергоблока К-300-240 определить мощность турбины при работе в нормальном режиме эксплуатации, используя в качестве исходных данных заводские показатели. Построить процесс расширения пара h -с диаграмм, определить показатели тепловой экономичности.

Задание1. 4 (часть2). Для энергоблока К-300-240 определить изменение мощности турбины, и построить процесс расширения пара в h -с диаграмме, при отключении ПВД. Определить изменение расхода топлива на котел, рассчитать удельный расход топлива на полученную дополнительную мощность при отключении ПВД энергоблока. Количество отключаемых ПВД и другие исходные данные задаются преподавателем ведущим занятия в группе.

Задание 1.5

Для заданного варианта (см. табл.1) определить тепловую нагрузку турбины, и параметры в отборе.

1.Определить электрическую мощности турбины Т-110/120-130 при работе по тепловому графику.

2.Определить температуру сетевой воды за СП-2 в зависимости от режима работы и давление в отборе.

3.Определить удельный расход топлива на отпуск электроэнергии и тепла отпускаемого из отборов турбины.

Объяснить характер полученных зависимостей.

Исходные данные:

Для расчетов использовать энергетические характеристики турбины.

Для всех режимов работы принять недогрев в сетевых подогревателях принять в соответствии с тепловой нагрузкой отборов, а потери давления в подводящих трубопроводах ΔP см. варианты заданий. Максимально-допустимое давление в верхнем отопительном отборе принять $P_T=0,25\text{МПа}$, минимальное $P=0,06\text{МПа}$.

Задание 1.5 (часть2). Используя исходные данные и результаты расчета задания 1.5 (часть1), определить, как изменятся показатели работы станции в целом, если часть нагрузка отборов турбины передается на ПВК, в процессе разгрузки до минимальной нагрузки по производительности котла. Котел типа ТГМЕ-464, производительность 500 т/ч. Минимальная нагрузка котельного агрегата 40% от $D_{ном}$, или 200т/ч. Определить суммарные затраты топлива, в режиме с разгрузкой и передачей тепловой нагрузки на ПВК.

Определить расход топлива при передаче нагрузки на ПВК на отпуск тепла и выработку электроэнергии, при этом удельный расход топлива на отпуск тепла остается постоянным (для удобства оценки), вся разница в расходах топлива по сравнению с исходным вариантом переносится на электроэнергию.

Сделать выводы по результатам выполнения работы 1.5. Провести анализ изменения показателей работы станции и сделать выводы.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: методы расчета основных	1.Как рассчитать изменение мощности
--------------------------------	-------------------------------------

процессов оборудования режимах	эксплуатации в различных	конденсационной турбины при ухудшении вакуума в турбине.
--------------------------------------	-----------------------------	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме и выводы по результатам анализа правильные и в обосновании имеются лишь незначительные неточности.

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если выполнены все задания и имеются не принципиальные ошибки и в обосновании имеются грубых неточностей.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 55

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если выполнено более 2/3 заданий и в обосновании имеются ошибки не принципиального характера.

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-4. КМ-4

Формы реализации: Проверка задания

Тип контрольного мероприятия: Решение задач

Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

Процедура проведения контрольного мероприятия: Правильность выполнения задания и обоснованности анализа и выводов.

Краткое содержание задания:

Задание 1.6. Для графика нагрузки (задаваемого преподавателем) определить затраты условного топлива на прохождение провала нагрузки ТЭС в зависимости от глубины разгрузки и продолжительности провала нагрузки. Исходные данные задаются преподавателем ведущим занятия в группе.

При выполнении задания расчета учесть следующие режимы работы оборудования:

1. Все блоки разгружаются равномерно.
2. Учесть дополнительные затраты условного топлива, связанные с нестационарностью процесса на этапах нагружения и разгрузки.

Расчеты провести для 3 вариантов продолжительности провала.

На основании расчетов построить зависимость изменения Вст перем =f(tперем) для станции в целом.

Отдельно рассмотреть расходы топлива на этапе разгрузки и нагружения, с учетом нестационарности процесса и его стабилизации. Сделать вывод об изменении затрат топлива от влияния нестационарных процессов и причинах их вызывающих. Сделать выводы, объясняющие полученные зависимости с точки зрения термодинамики и физики процессов

Задание 1.7.

Для графика нагрузки (заданного в задании 3) определить затраты условного топлива на прохождение провала нагрузки ТЭС путем останова определенного числа блоков, в зависимости от глубины провала нагрузки. Исходные данные используются из задания 3. При выполнении задания расчета учесть следующие режимы работы оборудования:

- 1 Разгружаются только блоки, переводимые в режим останова. Остальные блоки работают с номинальной нагрузкой. Все останавливаемые блоки разгружаются и нагружаются равномерно и одновременно в соответствии с графиком нагрузки.
2. Учесть дополнительные затраты условного топлива, связанные с нестационарностью процесса на этапах нагружения и разгружения.

Расчеты провести для 3 вариантов продолжительности провала.

На основании расчетов построить зависимость изменения Вст перем $=f(\Delta N)$ для станции в целом.

Задание 1.8.

Для графика нагрузки (задание 3) определить затраты условного топлива на прохождение провала нагрузки ТЭС путем перевода в моторный режим определенного числа блоков, в зависимости от глубины разгружения и продолжительности провала нагрузки. Исходные данные используются из задания 3.

При выполнении задания расчета учесть следующие режимы работы оборудования:

1. Разгружаются только блоки, переводимые в моторный режим. Остальные блоки работают с номинальной нагрузкой. Все переводимые в моторный режим блоки разгружаются и нагружаются равномерно и одновременно в соответствии с графиком нагрузки.
2. Учесть дополнительные затраты условного топлива, связанные с нестационарностью процесса на этапах нагружения и разгружения.

Расчеты провести для 3 вариантов продолжительности провала.

На основании расчетов построить зависимость изменения Вст перем $=f(\Delta N)$ для станции в целом.

На основании результатов расчета задания 3,4,5 определить зоны оптимального использования каждого из режимов.

Задание 1.9 (часть 1).

Для гипотетической теплофикационной турбины, рассчитать электрическую мощность и удельный расход топлива на выработку электрической мощности турбины при нормальном режиме на тепловом потреблении. Тепловая нагрузка и параметры отпуска тепла задаются преподавателем ведущим занятия в группе.

При проведении расчетов учесть, что:

-давление в верхнем отопительном отборе не должно превышать $R_{сп2}=0,25\text{МПа}$, а в нижнем $R_{сп1}=0,2\text{МПа}$.

-максимальная тепловая нагрузка сетевых подогревателей не должна превышать $Q_{т}=203,5\text{МВт}$.

При превышении давления в одном из отборов происходит ограничение доли обводимой воды. В этом случае определить максимально возможную долю обвода и расчет провести для нее. Если суммарная тепловая нагрузка превышает $Q_{т}=203,5\text{МВт}$, то принять для расчета, что $Q_{т}$ отборов равна $203,5\text{МВт}$, а остальное покрывают пиковые источники. Исходные данные для расчета задаются преподавателем ведущим занятия в группе.

Задание 1.9 (часть 2).

Для гипотетической теплофикационной турбины задания часть 1, рассчитать электрическую мощность и удельный расход топлива на выработку электрической мощности турбины при работе на тепловом потреблении с частичным обводом ПСГ. Тепловая нагрузка и параметры отпуска тепла в соответствии с заданием 1.9. (часть 1), но

для снижения мощности при сохранении отпуска тепла, используется обвод части сетевой воды помимо группы подогревателей сетевой воды. При этом отпуск тепла от сетевых подогревателей остается неизменным за счет нагрева сетевой воды проходящей через СП до более высокой температуры, так что после смешения потоков Q_t остается равной ее значению при полном расходе сетевой воды через СП.

Сравнить результаты полученные в части 1 и 2. Выполнить анализ и сделать выводы.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: правила эффективной эксплуатации оборудования	1.Перечислить способы эффективного прохождения провала нагрузки
Знать: способы повышения эффективности технологических систем	1.Перечислить принципы принятия решения с точки зрения тепловой экономичности

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме и выводы по результатам анализа правильные и в обосновании имеются лишь незначительные неточности.

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если выполнены все задания и имеются не принципиальные ошибки и в обосновании имеются грубых неточностей.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 55

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если выполнено более 2/3 заданий и в обосновании имеются ошибки не принципиального характера.

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-5. КМ-5

Формы реализации: Проверка задания

Тип контрольного мероприятия: Решение задач

Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

Процедура проведения контрольного мероприятия: Правильность выполнения задания и обоснованности анализа и выводов.

Краткое содержание задания:

Задание 10 (часть1).

Для заданного энергоблока определить время пуска и затраты топлива на пуск в соответствии с нормативными характеристиками и исходным тепловым состоянием энергоблока. Исходные данные задает преподаватель ведущий занятия в группе.

Задание 10 (часть2).

Для заданного в части 1 энергоблока внести изменения в пусковую схему энергоблока в соответствии с заданием преподавателя. Определить изменение времени пуска и затраты топлива на пуск по модернизированной схеме.

Сравнить результаты полученные в части 1 и 2. Выполнить анализ и сделать выводы.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: способы повышения эффективности технологических систем	1.Перечислите способы совершенствования технологии пуска энергоблока и пусковых схем 2.Назовите преимущества двухбайпасных пусковых схем и недостатки.
---	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме и выводы по результатам анализа правильные и в обосновании имеются лишь незначительные неточности.

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если выполнены все задания и имеются не принципиальные ошибки и в обосновании имеются грубых неточностей.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 55

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если выполнено более 2/3 заданий и в обосновании имеются ошибки не принципиального характера.

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

2 семестр

КМ-6. КМ-6

Формы реализации: Проверка задания

Тип контрольного мероприятия: Решение задач

Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

Процедура проведения контрольного мероприятия: Правильность выполнения задания и обоснованности анализа и выводов.

Краткое содержание задания:

Задание 2.1

Для станции с энергоблоками (задает преподаватель), работающей на ОРЭМ, определить оптимальные условия прохождения провала нагрузки станцией. Определить величину возможной минимальной нагрузки $N_{\min}$, при прохождении провала нагрузки, с учетом минимальной нагрузки котла. Определить регулировочный диапазон блока и станции в целом. При прохождении провала все блоки разгружаются равномерно до минимальной нагрузки. Рассмотреть также вариант, что все блоки не разгружаются, а нагрузка остается номинальной. Определить с точки зрения экономической эффективности целесообразность работы на минимальной нагрузке станции и номинальной, при работе станции автономно. Исходные данные задает преподаватель. Для получения показателей тепловой экономичности использовать энергетические характеристики турбоагрегата.

Задание 2.2

Для станции, рассчитанной в задании 2.1, оценить эффективность определения $N_{\min}$ станции, при работе ее в составе компании. Суммарная мощность агрегатов компании, находящихся в работе (помимо станции), задается преподавателем. Характер изменения цены на рынке в зоне ценопринимания, в зависимости от изменения нагрузки станции и влияния ее в системе задается преподавателем на основании данных АТС.

Задание 2.3 а. Тепловая электрическая станция имеет в своем составе турбины Т-110-130. Определить оптимальное значение $R_{\min}$, при прохождении ночного провала нагрузки. Рассмотреть случаи интегральной подачи заявки на $R_{\min}$, с учетом тренда изменения тепловой нагрузки станции в течение суток. Изменение тепловой нагрузки задает преподаватель.

$R_{\min}$ станции определяется суммой минимальных мощностей агрегатов, работающих по тепловому графику нагрузки. Тепловую нагрузку станции между агрегатами производить равномерно. Параметры отпуска сетевой воды принимать по температурному графику теплосети в соответствии с температурой наружного воздуха. При подаче Макета с уровнями $R_{\min}$, при использовании интегральных характеристик, в процессе эксплуатации допускается отклонение $R_{\min}$ станции не более, чем (+ или -) $1\%N_{\text{уст}}$.

Недопустимо отклонение за пределы этого диапазона. Для компенсации, может быть использован режим работы с частичным конденсационным пропуском пара в конденсатор или передачи части тепловой нагрузки на ПВК.

При отклонении выше $1\%N_{\text{уст}}$, вся дополнительная электроэнергия продается по минимальной цене. При снижении ниже, штрафуются как не предоставление мощности, плюс покупка электроэнергии на балансирующем рынке по максимальной цене.

Задание 2.3.б. Для варианта задания 2.3.а. Рассмотреть почасовую подачу заявки.

Исходные данные используются из задачи 2.3.а.

Сравнить полученные данные и сделать выводы и комментарии.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: принципы принятия оптимальных решений	1.Перечислите принципы принятия решения при работе ТЭС на ОРЭМ
--	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме и выводы по результатам анализа правильные и в обосновании имеются лишь незначительные неточности.

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если выполнены все задания и имеются не принципиальные ошибки и в обосновании имеются грубых неточностей

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 55

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если выполнено более 2/3 заданий и в обосновании имеются ошибки не принципиального характера.

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-7. КМ-7

Формы реализации: Проверка задания

Тип контрольного мероприятия: Решение задач

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Правильность выполнения задания и обоснованности анализа и выводов.

Краткое содержание задания:

Задание 2.4. На станции установлено 2 энергоблока (тип и мощность энергоблоков задает преподаватель). Характеристики удельных расходов топлива для каждого энергоблока задает преподаватель. Рассчитать оптимальную загрузку блоков при прохождении провала нагрузки. Считать, что блоки не останавливаются, а разгружаются в пределах регулировочного диапазона. Минимальная допустимая нагрузка блока – 30 % от номинальной мощности.

. Определить оптимальное распределение нагрузки между энергоблоками при прохождении провала нагрузки с точки зрения минимизации затрат условного топлива. Рассмотреть все возможные сочетания нагрузки блоков в данной точке с шагом 5 или 10 МВт.

Задание 2.5. Для условий задания 2.4 провести оценку оптимального распределения нагрузки с точки зрения получения маржинального дохода станции, с учетом стоимости топлива и цены на электроэнергию.

Исходные данные по теплотворной цене топлива и стоимости, а также цену электроэнергии на РСВ задает преподаватель.

Провести анализ результатов расчетов заданий 2.4 и 2.5. Сделать выводы и комментарии.

Задание 2.6.(часть 1) Для заданного варианта состава оборудования ТЭЦ, работающей в условиях рынка рассчитать изменение электрической мощности турбины Т-110/120-130 при работе по тепловому графику и при работе с максимальной электрической мощностью (принимая, $N_{\max}=110\text{МВт}$). Для расчетов удельных расходов использовать энергетические характеристики турбины.

Определить изменение удельных расходов топлива на выработку электроэнергии, при работе по тепловому графику, и при работе по электрическому и изменение удельного расхода на отпуск тепла отбираемого из отборов турбины. Определить маржинальный доход станции в указанных режимах с учетом стоимости топлива и стоимости электроэнергии.

Задание 2.6.(часть 2) Для условий задания 2.6 (часть) рассчитать возможность увеличения (уменьшения) числа работающих агрегатов. Определить оптимальное число включенных агрегатов и целесообразность работы их по электрическому графику с максимальной нагрузкой.

Провести анализ полученных в задании 2.6 результатов, определить оптимальное число включенных агрегатов. Прокомментировать полученные результаты.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: принципы принятия оптимальных решений	1. Что является критерием оптимального распределения нагрузки в пределах станции.
--	---

Уметь: определять оптимальный состав и режимы работы генерирующего оборудования с использованием современных методов расчета	1.Используя энергетическую характеристику турбоагрегата Т-110, определить целесообразность его дозагрузки по электрической мощности до номинальной в конденсационном режиме. Если в настоящий момент турбоагрегат работает по тепловому графику с тепловой нагрузкой 100Гкал/ч и давлением пара в верхнем отборе 0,1МПа. Цена условного топлива 5000руб/тут. Цена электроэнергии 1300руб/МВт. 2.Определить целесообразность включения на ТЭС еще одного блока мощностью 300МВт, если цена топлива 4000руб/тут. Цена электроэнергии в ночные часы с 23 до 7 часов 1000руб/МВт, а в дневные часы 1650руб/МВт. Стоимость пуска блока 3000МВт 1 млн. руб.
---	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме и выводы по результатам анализа правильные и в обосновании имеются лишь незначительные неточности.

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если выполнены все задания и имеются не принципиальные ошибки и в обосновании имеются грубых неточностей.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 55

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если выполнено более 2/3 заданий и в обосновании имеются ошибки не принципиального характера.

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-8. КМ-8

Формы реализации: Проверка задания

Тип контрольного мероприятия: Решение задач

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Правильность выполнения задания и обоснованности анализа и выводов.

Краткое содержание задания:

Задание 2.7 а. Тепловая электрическая станция в составе турбины Т-110-130 и турбины ПТ-60-130 имеет ограничения по лимиту газового топлива. Поэтому, в ряде случаев ограничений основного топлива не хватает для покрытия тепловой нагрузки и выработки электроэнергии и в этом случае используется резервное топливо мазут, которое имеет цену значительно выше, чем основное топливо. Для уменьшения затрат на топливо, можно разгрузить оборудование по электрической мощности, при сохранении отпуска

тепла путем передачи на пиковый бойлер, питаемый паром либо от отборов турбины, либо от коллектора острого пара. Станция с поперечными связями

Для исходных данных задаваемых преподавателем, определить оптимальные условия эксплуатации, ТЭЦ. В качестве критерия использовать максимальную маржинальную прибыль. Рассмотреть варианты:

Станция работает по тепловому графику в течение всех суток, сжигая основное и резервное топливо. Определить долю сжигаемого основного и резервного топлива для каждого из ниже приведенных вариантов. Определить затраты на топливо и величину маржинального дохода с учетом изменения цены на электроэнергию в течение суток ($T_{цп}=8$ часов, $T_{рsv}=16$ часов)

Задание 2.7.б. Рассмотреть вариант передачи части тепловой нагрузки (максимально возможной с учетом ограничений по котлу и турбине и с учетом максимальной производительности пиковых бойлеров) с теплофикационных отборов турбин на пиковый бойлер, питаемый паром от П отбора (учитывая, нижняя граница регулировочного диапазона нагрузки каждой из турбин соответствует 40% от номинальной электрической нагрузки. Нижнюю границу регулировочного диапазона котлов задает преподаватель.

При передаче нагрузки рассмотреть варианты, когда в разгруженном состоянии работают в течении всего дня и когда в разгруженном состоянии работают только при прохождении провала нагрузки, а остальное время работают в нормальном режиме с отпуском тепла от Т отборов.

Провести анализ полученных в задании 2.7 результатов, определить оптимальные условия эксплуатации. Прокомментировать полученные результаты.

Задание 2.8. Для заданного варианта определить оптимальную величину мощности, подаваемую в заявку на КОМ для летних месяцев. В качестве критерия использовать максимальный маржинальный доход за конкретный месяц. Климатическая маска (продолжительность стояния температур в течение месяца, дается преподавателем ведущим занятия в качестве исходных данных). В маске приведены среднесуточные температуры наружного воздуха.

а) провести расчет оптимальной мощности для подачи заявки на КОМ по среднесуточной температуре. Считаем, что в ночные часы (период с 22 до 7 часов ГТУ разгружается до 50%, от N ном и ограничения в этом случае не влияют).

Определить доход станции от выработки электроэнергии и продажи мощности с учетом затрат топлива на отпуск электроэнергии и штрафных санкций при недопоставке мощности на рынок электроэнергии.

б) провести расчет оптимальной мощности для подачи заявки на КОМ с учетом изменения температуры наружного воздуха в течении суток и изменения показателей экономичности ГТУ. Считаем, что в ночные часы (период с 22 до 7 часов ГТУ разгружается до 50%, от N ном и ограничения в этом случае не влияют).

Определить доход станции от выработки электроэнергии и продажи мощности с учетом затрат топлива на отпуск электроэнергии, а также с учетом возможных штрафов за недопоставку мощности при росте температуры наружного воздуха.

Провести анализ полученных результатов. Оценить влияние изменения температуры наружного воздуха в течение суток на величину недопоставки мощности и наличия штрафных санкций. Сделать выводы.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: принципы принятия оптимальных решений	1.Как влияет переход станции на резервное топливо, на себестоимость производства тепловой и электрической энергии.
Уметь: планировать режимы	1.Определить максимальную часовую потребность в

работы ТЭС и определять потребности производства в топливно-энергетических ресурсах и разрабатывать нормы их расхода	топливе в дневные и ночные часы, если днем блоки станции мощностью 1000МВт полностью загружены. Удельный расход топлива 325г/кВтч. А ночью станция разгружается до 500МВт. При этом удельный расход топлива составляет 355г/кВтч. 2.Определить как изменится мощностью ГТУ (использовать энергетические характеристики), если температура воздуха в полдень выросла до 30оС. вместо 20оС в 8 часов утра. Оценить целесообразность подачи заявки на ограничение мощности. Если среднесуточная температура месяца равна 20оС.
--	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме и выводы по результатам анализа правильные и в обосновании имеются лишь незначительные неточности.

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если выполнены все задания и имеются не принципиальные ошибки и в обосновании имеются грубых неточностей

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 55

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если выполнено более 2/3 заданий и в обосновании имеются ошибки не принципиального характера.

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-9. КМ-9

Формы реализации: Проверка задания

Тип контрольного мероприятия: Решение задач

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Правильность выполнения задания и обоснованности анализа и выводов.

Краткое содержание задания:

Задание 2.9.а. Определить удельный расход топлива на выработку пиковой энергии ГАЭС, работающей в энергосистеме совместно с ТЭС, по графику, задаваемому преподавателем. Исходные данные для решения поставленной задачи задаются преподавателем, включая характеристики удельных расходов топлива для энергоблоков ТЭС, КПД гидроагрегатов в насосном и турбинном режиме. Гидравлическим сопротивлением трубопроводов пренебречь. Разгрузка агрегатов ТЭС в часы провала нагрузки производить равномерно. Определить маржинальный доход от ТЭС совместно с ГАЭС.

Задание 2.9.б. Для условий задания 2.9.а. рассчитать автономную работу ТЭС и ГАЭС. При этом ГАЭС покупает э/э для зарядки в период ночного провала по цене ОРЭМ, а продает в пиковые часы по цене БР. Определить маржинальный доход отдельно каждой станции и совместный маржинальный доход.
Провести анализ. Сделать выводы об оптимальных условиях работы станций в системе.

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: проводить технический, технико-экономический и функционально-стоимостной анализ работы действующего оборудования	1. Определить, на сколько часов увеличится период до капитального ремонта ГТУ, работающей в составе ПГУ, если после ввода ГАЭС ПГУ перестала останавливаться на выходные дни. Эквивалентные часы для ГТУ при пуске ПГУ из холодного состояния составляет 18 часов. Нормативная наработка ГТУ до капитального ремонта 32000 часов.
---	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме и выводы по результатам анализа правильные и в обосновании имеются лишь незначительные неточности.

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если выполнены все задания и имеются не принципиальные ошибки и в обосновании имеются грубых неточностей.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 55

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если выполнено более 2/3 заданий и в обосновании имеются ошибки не принципиального характера.

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-10. КМ-10

Формы реализации: Проверка задания

Тип контрольного мероприятия: Решение задач

Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

Процедура проведения контрольного мероприятия: Правильность выполнения задания и обоснованности анализа и выводов.

Краткое содержание задания:

Задание 2.10. Для энергосистемы, с большой долей ТЭЦ, определить наиболее оптимальные способы получения пиковой мощности, при покрытии графика электрических нагрузок, задаваемых преподавателем. Для упрощения расчетов N пик и n пик утреннего и вечернего максимума нагрузки принять равными. Рассмотреть возможность использования для покрытия нагрузки двух способов получения пиковой мощности:

1. Ограничение тепловой нагрузки теплофикационных отборов блоков с турбинами Т-250-240, с одновременной передачей ее на специально устанавливаемые ПВК;
2. Установка специальных пиковых мощностей в виде ГТУ для покрытия пиковой части.

Выбор оптимального способа провести на основании сравнения приведенных затрат по каждому из вариантов. Расчеты провести для различной продолжительности времени пиковых нагрузок и разной стоимости топлива. Построить зависимость изменения приведенных затрат от продолжительности пиковых нагрузок и от стоимости топлива, для разных способов получения пиковой мощности.

Провести анализ результатов и сделать выводы.

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: проводить технический, технико-экономический и функционально-стоимостной анализ работы действующего оборудования	1.Используя энергетические характеристики оцените изменение удельного расхода топлива на выработку электроэнергии, если турбина Т-250 работала по тепловому графику с тепловой нагрузкой 250 МВт, и давлением в верхнем отборе 0,1МПа, а затем перешла на работу по электрическому графику с электрической мощностью 260МВт.
Уметь: рассчитывать и выбирать оптимальный режим работы генерирующего оборудования с учетом спроса и предложения на ОРЭМ	1.Как можно повысить температуру масла, если она ниже допустимой перед пуском. 2.Назовите последовательность ваших действий при пуске циркуляционного насоса..

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме и выводы по результатам анализа правильные и в обосновании имеются лишь незначительные неточности.

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если выполнены все задания и имеются не принципиальные ошибки и в обосновании имеются грубых неточностей.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 55

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если выполнено более 2/3 заданий и в обосновании имеются ошибки не принципиального характера.

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

1 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета



БИЛЕТ № 10
Кафедра ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ
Дисциплина Режимы работы и эксплуатации ТЭС
Институт Тепловой и Атомной Энергетики

Утверждаю
Зав. кафедрой ТЭС
" 25 " 12 2020 г.

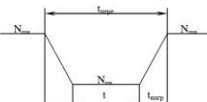
Как меняется температура металла корпуса и ротора турбины в зоне регулирующей ступени в процессе пуска из горячего и неостывшего состояния при пуске по типовой схеме. Объяснить ответ. Дать качественный анализ.

Как изменится удельный расход условного топлива на выработку электроэнергии $b^{\text{ст}}_{\text{ТЭЦ}}$ при понижении температуры наружного воздуха $t_{\text{н}}$, $Q_{\text{г}} = Q_{\text{г}}^{\text{max}}$ - часть тепловой нагрузки передается на ПВК. Объяснить характер и закономерность изменения. Дать качественный ответ.

Задача.
Определить оптимальную скорость нагружения станции, состоящей из 4 энергоблоков $K=300$ при участии ее в регулировании графика нагрузки представленного на рис. 1. С этой целью рассмотреть несколько вариантов очередности нагружения энергоблоков (например: все блоки нагружаются одновременно, половина блоков нагружаются за половину времени нагружения станции, а вторая половина блоков начинает нагружаться по окончании нагружения первых блоков, при этом время нагружения всей станции остается неизменным).

Исходные данные:
 $N_{\text{max}}=1200\text{МВт}$; $N_{\text{min}}=600\text{МВт}$; $T_{\text{нагр}}=80\text{мин}$.
 $B=6,54+0,29N$
 N - мощность блока (МВт);
 B - расход топлива на энергоблок (т.у.т/ч).

Коэффициенты	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5
Нагружение $K=300$	0,165	7,1623	-1,413	1,864	3,385	0,5263



Процедура проведения

1. Студент берет билет. 2. Готовится к экзамену в течении 1 часа. 3. Отвечает на вопросы билет и приводит решение задачи.

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

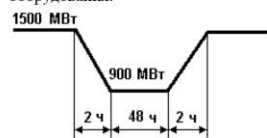
1. Компетенция/Индикатор: ИД-5ПК-1 Демонстрирует способность участвовать в разработке и совершенствовании оборудования, оптимизации режимов работы и технологических систем

Вопросы, задания

- 1.1. Как изменится маневренность турбоагрегата, если повысить начальное давление с 9 МПа до 12 МПа. Объяснить ответ. Дать качественный анализ.
- 2.1. Как изменится малоцикловая надежность (и что это такое) турбоагрегата. Если блок раньше пускался на постоянных параметрах, а стал пускаться на скользящих. Объяснить ответ. Дать качественный анализ.
- 3.1. Методы совершенствование пуска котельных агрегатов на общестанционную магистраль.
- 4.1. Почему при использовании частичного обвода ПСГ по сетевой воде электрическая мощность уменьшается, а удельный расход топлива на выработку электроэнергии растет. Объяснить ответ. Дать качественный анализ
- 5.1. Технологические схемы перевода турбоагрегата в моторный режим. Основные факторы определяющие технологическую схему перевода в МР.

З А Д А Ч А № 1

Определить наиболее выгодный вариант состава оборудования и распределения нагрузки между энергоблоками станции с блоками 300 МВт на выходные дни: График изменения нагрузки представлен на рисунке. Рассмотреть варианты равномерного разгрузки блоков и останова части оборудования.



Топливная энергетическая характеристика блока
 $B = 7,0 + 0,315 N_b$
 B – т.т./ч; N_b – МВт
 Топливные затраты на пуск блока без учета разгрузки и набора нагрузки
 $B_{\text{опр}} = 0,55 (\tau_{\text{пр}} - 4) + 55$
 Дополнительные затраты топлива на нестационарность процесса и стабилизацию режима не учитывать.

6.

Для конденсационной турбины определить прирост мощности при отключении ПВД. Изменением давления в конденсаторе пренебречь.

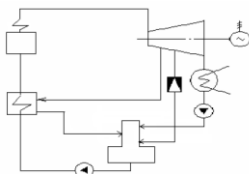
Исходные данные:

$P_0 = 10$ МПа; $t_0 = 500$ °С; $P_k = 0,005$ МПа; $\eta_{\text{от}} = 0,8$; $P_{\text{пвд}} = 1,0$ МПа

$P_2^{\text{ном}} = 0,3$ МПа; $v_{\text{пвд}}^{\text{ном}} = 3$ °С; $t_{\text{пв}} = 175$ °С; $P_d^{\text{ном}} = 0,12$ МПа;

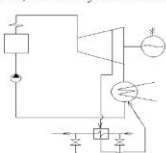
$D_{\text{пв}} = 103$ кг/с; $D_{\text{пвд}}^{\text{ном}} = 14,4$ кг/с; $D_d^{\text{ном}} = 8,7$ кг/с; $\eta_{\text{мт}} = 0,97$;

Изменением давления и температуры в отборе на деаэратор при отключении ПВД пренебречь.



7.

Как изменится мощность теплофикационной турбины, работающей по тепловому графику, схема которой представлена на рисунке, при обводе 20% сетевой воды помимо ПСТ, если отпуск тепла из отборов сохраняется неизменным.



Потери давления в подводящих трубопроводах пренебречь.

Исходные данные: $p_k = 12,75$ МПа, $t_0 = 550$ °С, $p_k = 5$ кПа,

$\eta_{\text{от}}^{\text{мт}} = 0,8$, $D_k = 3$ кг/с = const, $t_{\text{пр ном}} = 100$ °С, $t_{\text{ос ном}} = 50$ °С,

$v_{\text{от}} = 5$ °С, $\eta_{\text{от}}^{\text{мт}} = 0$, $G_{\text{от}} = 1047,3$ кг/с, $Q_t = 219,2$ МВт.

8.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Выберите основные факторы, лимитирующие скорость набора нагрузки барабанного котла при пуске

Ответы:

1	Давление в барабане перед началом набора нагрузки
2	Скорость прогрева промежуточного перегревателя
3	Скорость нарастания давления в барабане
4	Прогрев паропроводов острого пара.
5	Скорость прогрева турбины

Верный ответ: 3. Скорость нарастания давления в барабане

2. Выберите выражения отвечающие следующим условиям.

Какие режимы работы используют для прохождения провалов нагрузки?

Ответы:

1	Частичное или полное отключение ПВД
2	Разгрузка в пределах регулировочного диапазона
3	Форсировка котла
4	Останов энергоблока с последующим пуском
5	Перевод энергоблока в моторный режим
6	Отключение ПВД

Верный ответ: 2. Разгрузка в пределах регулировочного диапазона 4. Останов блока с последующим пуском 5. Перевод энергоблока в моторный режим.

3. Выберите выражения отвечающие следующим условиям.

Какое из перечисленных выражений верно оценивает затраты топлива при прохождении провала нагрузки тп с использованием режима разгрузки?

Ответы:

1	$B = B_{\text{ср.р}} + \Delta B_p^{\text{нс}} + \Delta B_p^{\text{стаб}} + B_n + \Delta B_n^{\text{нс}} + \Delta B_n^{\text{стаб}} + B_{\text{ср.н}} + \Delta B_{\text{ср.н}}^{\text{нс}} + \Delta B_{\text{ср.н}}^{\text{стаб}}$
2	$B = B_p + B_n + \Delta B_{\text{наб.об}} + B_n$
3	$B = b_{\text{ср.р}} * N_{\text{ср.р}} * \tau_p + \Delta B_p^{\text{нс}} + \Delta B_p^{\text{стаб}} + b_{\text{мин}} * N_{\text{мин}} * \tau_n + b_{\text{ср.н}} * N_{\text{ср.н}} * \tau_n + \Delta B_n^{\text{нс}} + \Delta B_n^{\text{стаб}}$
4	$B = b_{\text{ср.р}} * N_{\text{ср.р}} * \tau_p + \Delta B_p^{\text{нс}} * \tau_p + \Delta B_p^{\text{стаб}} * \tau_p + b_{\text{мин}} * N_{\text{мин}} * \tau_n + b_{\text{ср.н}} * N_{\text{ср.н}} * \tau_n + \Delta B_n^{\text{нс}} * \tau_p + \Delta B_n^{\text{стаб}} * \tau_p$

Верный ответ: 3

4. Выберите ответы, соответствующие заданным условиям.

Как изменится мощность теплофикационного турбоагрегата типа Т-110-130, работающего по тепловому графику при температуре наружного воздуха 0оС, если сделать обвод ПСГ по сетевой воде на 20%. Отпуск тепла от отборов остается неизменным. Параметры отпуска тепла после смешения потоков не изменяются.

Ответы:

1	Мощность не изменится, так как тепловая нагрузка не меняется.
2	Мощность увеличится, так как параметры пара в отборе вырастут
3	Мощность понизится, так как параметры пара в отборе вырастут и расход пара в отборы на сетевые подогреватели уменьшится
4	Мощность увеличится, за счет роста давления в отборе перед диафрагмой и увеличения пропуска пара в конденсатор
5	Мощность уменьшится за счет уменьшения срабатываемого теплоперепада в результате роста давления пара в отборе на сетевые подогреватели.

Верный ответ: 3 Мощность понизится, так как параметры пара в отборе вырастут и расход пара в отборы на сетевые подогреватели уменьшится 5 Мощность уменьшится за счет уменьшения срабатываемого теплоперепада в результате роста давления пара в отборе на сетевые подогреватели.

5. Выберите ответы, соответствующие заданным условиям

Укажите основные причины увеличения потерь топлива на этапе нагружения по сравнению с режимом разгрузки, при равном диапазоне изменения нагрузки и продолжительности этапов.

Ответы:

1	Увеличение потерь с уходящими дымовыми газами
2	Увеличение потерь, связанных с нагревом металла поверхностей нагрева котла, рабочего тела и обмуровки
3	Увеличение потерь, связанных с поддержанием увеличенного избытка воздуха в топке котла
4	Увеличение потерь связанных с недожогом топлива

Верный ответ: 2. Увеличение потерь, связанных с нагревом металла поверхностей нагрева котла, рабочего тела и обмуровки

6. Выберите ответы, соответствующие заданным условиям

Как изменятся потери тепла в конденсаторе теплофикационной турбины, если она работала по тепловому графику с полностью закрытой диафрагмой, а для прохождения ночного провала нагрузки сделали обвод ПСГ по сетевой воде на 30%. Отпуск тепла от отборов остается неизменным. Параметры отпуска тепла после смешения потоков не изменяются

Ответы:

1	Потери снизятся, вследствие уменьшения расхода пара на сетевые подогреватели, и уменьшения вентиляционного потока пара
---	--

2	Потери в конденсаторе не изменятся, так как тепловая нагрузка турбины остается неизменной, и диафрагма остается закрытой
3	Потери в конденсаторе увеличатся с ростом вентиляционного потока, так как вырастет давление перед диафрагмой при обводе сетевых подогревателей.

Верный ответ: 3. Потери в конденсаторе увеличатся с ростом вентиляционного потока, так как вырастет давление перед диафрагмой при обводе сетевых подогревателей.

7. Выберите ответы, соответствующие заданным условиям

Энергоблок разгружается в пределах регулировочного диапазона с оптимальными скоростями. Как изменится итоговый расход топлива за весь этап разгрузки по сравнению с расходом определяемым по статической характеристике.

Ответы:

1	Расход топлива вырастет из-за увеличение потерь с уходящими дымовыми газами
2	Расход топлива увеличится из-за нагрева металла поверхностей нагрева котла, рабочего тела и обмуровки
3	Расход топлива уменьшится за счет выработки дополнительного пара теплом отдаваемым поверхностями нагрева котла, рабочего тела и обмуровки.
4	Расход топлива уменьшится из-за снижения нагрузки
5	Расходы топлива фактический и рассчитанный по статическим характеристикам совпадут.

Верный ответ: 3. Расход топлива уменьшится за счет выработки дополнительного пара теплом отдаваемым поверхностями нагрева котла, рабочего тела и обмуровки

8. Выберите ответ.
Как изменится удельный расход топлива при отключении ПВД и сохранении максимального расхода пара на турбоагрегат.

Ответы:

1	Удельный расход топлива не изменится.
2	Удельный расход топлива вырастет.
3	Удельный расход топлива уменьшится.

Верный ответ: 2. Удельный расход топлива вырастет

9. Выберите правильные ответы.

За счет каких операций при использовании двухбайпасной схемы пуска блока удастся значительно сократить время пуска, по сравнению с однобайпасной. выберите один или несколько ответов.

Ответы:

1	За счет форсировки топки котла в процессе пуска.
2	За счет одновременного прогрева трубопроводов острого пара и промпрегрева.
3	За счет первоначальной подачи пара в ЦСД.
4	Все ответы верны.
5	Все ответы неправильные.

Верный ответ: 2. За счет одновременного прогрева трубопроводов острого пара и промпрегрева. 3. За счет первоначальной подачи пара в ЦСД.

10. Выберите правильный ответ.

Почему при пусках энергоблока с однобайпасной пусковой схемой из горячего и неостывшего состояний происходит расхолаживание турбины в зоне паровпуска.

Ответы:

1	Потому что подают пар ниже температуры паровпуска
2	Потому что температура пара выше температуры паровпуска.
3	Потому что происходит дросселирование пара в регулирующем клапане при его малом расходе для обеспечения вращения ротора на частоте 8—об/мин при прогреве трубопроводов промперегрева.
4	Все ответы неправильные

Верный ответ: 3. Потому что происходит дросселирование пара в регулирующем клапане при его малом расходе для обеспечения вращения ротора на частоте 8—об/мин при прогреве трубопроводов промперегрева.

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Ответы правильные полные. Могут иметь место небольшие неточности не принципиального характера.

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Ответы правильные не всегда полные. Могут иметь место небольшие неточности.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 55

Описание характеристики выполнения знания: Часть ответов не полная и может содержать ошибки не принципиального характера.

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Ответы неполные. Грубые ошибки принципиального характера.

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

По результатам экзамена и текущей успеваемостиставляется итоговая оценка с учетом весовых коэффициентов.

2 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

	БИЛЕТ № 1	Утверждаю Зав.кафедрой ТЭС
	Кафедра ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ	
	Дисциплина <u>Режимы работы и эксплуатация ТЭС</u> Институт Тепловой и Атомной Энергетики	“__” __ 2020 г.

1. Какие факторы влияют на ограничение производительности котельного агрегата. Их влияние на производительность котельных агрегатов, показатели тепловой экономичности и возможности штрафных санкций.
2. Принципы распределения нагрузки на ТЭС с поперечными связями. Последовательность действий.
3. **Задача.**

Определить КПД ГАЭС, если агрегаты ГАЭС имеют следующие показатели:

$$\eta_{\text{н}}^{\text{ГТ}} = 0,8$$

$$\eta_{\text{т}}^{\text{ГТ}} = 0,8$$

$$\eta_{\text{ген}} = 0,98$$

$$\eta_{\text{эл.дв.}} = 0,98$$

$$\beta_{\text{шф}} = 0,02$$

Учесть сопротивление трубопроводов и арматур. Считать, что потеря давления в них составляет 5% от величины напора.

Лектор _____ Ильин Е.Т. _____

Процедура проведения

1. Студент берет билет. 2. Готовится к экзамену в течении 1 часа. 3. Отвечает на вопросы билет и приводит решение задачи.

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-5ПК-1 Демонстрирует способность участвовать в разработке и совершенствовании оборудования, оптимизации режимов работы и технологических систем

Вопросы, задания

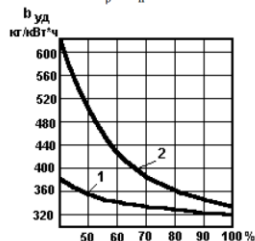
1. Принципы выбора состава оборудования в рамках энергетической системы. Критерии выбора
2. Как изменится КПД ГАЭС, если сопротивление водоводов с течением времени выросло с 5%, до 7%. Качественный анализ
3. Принципы планирования и этапы планирования нагрузки в условиях рынка электроэнергетики мощности
4. Принципы ценообразования на рынке электроэнергии. Как изменится цена на рынке электроэнергии, если одна из самых экономичных ПГУ аварийно отключилась. Ответ дать качественный
5. Основные подходы к распределению нагрузки между агрегатами в условиях рынка. Критерии распределения нагрузки

ЗАДАЧА №

Определить оптимальный уровень загрузки энергоблоков одинаковой мощности, имеющих характеристики удельных расходов представленные на рис. 1, при снижении нагрузки станции до 70 % от $N_{ном}$. Мощность каждого блока $N_{бл}=100\text{МВт}$.

Рассмотреть варианты загрузки: N_{max} и N_{min} для каждого блока и равномерного разгрузки двух блоков. Объяснить полученный результат.

$N_{min} = 40\%$ $\tau_{проезда} = 3$ часа $\tau_p = \tau_n = 1$ час.



6.

ЗАДАЧА №

Определить оптимальный состав включенного оборудования ТЭЦ, с турбинами типа Т-110/120-130 при работе в условиях рынка. Станция работает по тепловому графику. Для расчетов удельных расходов использовать энергетические характеристики турбины.

$$Q_{турб} = 122,11P_T + 2,326N - 1,314N_T + Q_T$$

$$N_T = 0,546(Q_T - 15,12)/(10P_T)^{0,14}$$

где $Q_{турб}$ -расход тепла в голову турбины (МДж/с);

Q_T -теплофикационная нагрузка отборов турбины (МДж/с);

N_T , N -электрическая мощность развиваемая турбиной при работе по тепловому графику, и по электрическому, соответственно (МВт);

P_T -давление в верхнем отопительном отборе (МПа).

Для всех режимов работы принять недогрев в сетевых подогревателях $\theta=5^\circ\text{C}$, а потери давления в подводящих трубопроводах $\Delta P=0,05P_{атм2}$. Максимально-допустимое давление в верхнем отопительном отборе принять $P_T=0,25\text{МПа}$.

В качестве критерия оптимального уровня загрузки использовать максимум маржинального дохода в течение суток.

Число агрегатов на ТЭЦ-п=3; $t_{прв}=98^\circ\text{C}$; $t_{осв}=58^\circ\text{C}$; $G_{св.ст}=9000\text{т/ч}$

$\text{Цт}=4000\text{руб/т у.т.}$; $\text{Цзэ мин}=900\text{руб/МВтч}$; $\text{Цзэ макс}=1200\text{руб/МВтч}$; $\tau_{мин}=8\text{часов}$;

7.

$\tau_{max}=16\text{часов}$. $\text{Цтепло}=700\text{руб/Т кал}$. Рассмотреть число агрегатов 3 и 2.

ЗАДАЧА №

Определить целесообразность дозагрузки станции в часы РСВ на основании изменения маржинального дохода ТЭЦ, если на ней установлено 5 турбин типа Т-110/120-130. Для расчетов удельных расходов использовать энергетические характеристики турбины.

$$Q_{турб} = 122,11P_T + 2,326N - 1,314N_T + Q_T$$

$$N_T = 0,546(Q_T - 15,12)/(10P_T)^{0,14}$$

где $Q_{турб}$ -расход тепла в голову турбины (МДж/с);

Q_T -теплофикационная нагрузка отборов турбины (МДж/с);

N_T , N -электрическая мощность развиваемая турбиной при работе по тепловому графику, и по электрическому, соответственно (МВт);

P_T -давление в верхнем отопительном отборе (МПа).

Для всех режимов работы принять недогрев в сетевых подогревателях $\theta=5^\circ\text{C}$, а потери давления в подводящих трубопроводах $\Delta P=0,05P_{атм2}$. Максимально-допустимое давление в верхнем отопительном отборе принять $P_T=0,25\text{МПа}$.

При $R_{мин}$ станция работает по тепловому графику. При R_{max} станция работает с конденсационной дозагрузкой до номинальной мощности.

$t_{прв}=95^\circ\text{C}$; $t_{осв}=50^\circ\text{C}$; $G_{св.ст}=5250\text{кг/с}$; $\text{Цт}=2900\text{руб/т у.т.}$; $\text{Цзэ мин}=620\text{руб/МВтч}$; $\text{Цзэ макс}=980\text{руб/МВтч}$; $\tau_{мин}=8\text{часов}$; $\tau_{max}=16\text{часов}$; $\text{Цтепло}=520\text{руб/Т кал}$.

8.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Выберите основной критерий выбора состава оборудования ТЭС при работе на ОРЭМ

Ответы:

1	Удельный расход топлива на выработку электроэнергии
2	Удельный расход топлива на отпущенную электроэнергию
3	Маржинальная прибыль
4	Установленная мощность агрегата

Верный ответ: 3. Маржинальная прибыль.

2. Выберите основные факторы, которые определяют выбор состава оборудования в энергосистеме системным оператором и администратором торговой системы

Ответы:

1	Удельный расход топлива на выработку электроэнергии
2	Пропускную способность линий электропередачи
3	Надежность энергоснабжения потребителя
4	Маржинальный доход производителя

5	Удельную себестоимость производства электроэнергии источником
6	Минимальную цену электроэнергии для потребителя
7	Все ответы верны

Верный ответ: 2.Пропускную способность линий электропередачи 3.Надежность энергоснабжения потребителя 6.Минимальную цену электроэнергии для потребителя

3.Основной критерий распределения нагрузки между агрегатами ТЭС при работе на ОРЭМ

Ответы:

1	Удельный расход топлива на выработку электроэнергии
2	Максимальная маржинальная прибыль
3	Минимальная топливная стоимость производства электроэнергии
4	Удельный расход топлива на отпущенную электроэнергию
5	Минимальные затраты топлива

Верный ответ: 2. Максимальная маржинальная прибыль

4.Упорядочить очередность следующих операций, при распределении нагрузки между агрегатами на станции с поперечными связями

Ответы:

1	Определение пропускной способности главного паропровода
2	Распределение нагрузки между турбоагрегатами по их характеристика по методу минимальной топливной составляющей стоимости
3	Уточнение расходов пара на турбину и по станции в целом с учетом транспортных потерь
4	Распределение нагрузки между котлами по характеристикам котла
5	Определение необходимого объема пара для выработки заданной мощности каждым турбоагрегатом
6	Определение суммарной паропроизводительности на станции
7	Оценка изменения мощности вырабатываемой турбоагрегатами с учетом потерь при транспорте
8	Уточнение потерь давления и температуре, при транспортировке пара от котла до турбины
9	Уточнение распределения паропроизводительности котлов с учетом потерь параметров при транспортировке

Верный ответ: 1Определение пропускной способности главного паропровода5
2Распределение нагрузки между турбоагрегатами по их характеристика по методу минимальной топливной составляющей стоимости1 3Уточнение расходов пара на турбину и по станции в целом с учетом транспортных потерь 8 4Распределение нагрузки между котлами по характеристикам котла4 5Определение необходимого объема пара для выработки заданной мощности каждым турбоагрегатом2
6Определение суммарной паропроизводительности на станции3 7Оценка изменения мощности вырабатываемой турбоагрегатами с учетом потерь при транспорте7
8Уточнение потерь давления и температуре, при транспортировке пара от котла до турбины 6 9Уточнение распределения паропроизводительности котлов с учетом потерь параметров при транспортировке9

6. Выберите верное определение к выражению.

КПД ГАЭС при отсутствии сопротивления водоводов определяется по выражению:

$$\eta_{\text{ГАЭС}} = (1 - \beta_{\text{ин}}) \cdot \eta_n \cdot \eta_m \cdot \eta_z \cdot \eta_{\text{эо}}$$

где $\beta_{\text{ин}}$ – коэффициенты инфильтрации; $\eta_n, \eta_m, \eta_z, \eta_{\text{эо}}$ – соответственно КПД насоса, КПД турбины, КПД генератора и КПД электродвигателя.

Как изменится выражение для КПД ГАЭС, если учесть сопротивление водоводов.

5. где ΔP – относительное сопротивление трубопроводов

Ответы:

1	$\eta_{\text{ГАЭС}} = (1 - \beta_{\text{ин}}) \cdot \eta_n \cdot \eta_m \cdot \eta_z \cdot \eta_{\text{эо}}$
	$\eta_{\text{ГАЭС}} = (1 - \beta_{\text{ин}}) \cdot \eta_n \cdot \eta_m \cdot \eta_z \cdot \eta_{\text{эо}} \cdot (1 - \Delta P)$
3	$\eta_{\text{ГАЭС}} = (1 - \beta_{\text{ин}}) \cdot \eta_n \cdot \eta_m \cdot \eta_z \cdot \eta_{\text{эо}} \cdot (1 - \Delta P)^2$
4	$\eta_{\text{ГАЭС}} = (1 - \beta_{\text{ин}})^2 \cdot \eta_n \cdot \eta_m \cdot \eta_z \cdot \eta_{\text{эо}} \cdot (1 - \Delta P)$
5	$\eta_{\text{ГАЭС}} = (1 - \beta_{\text{ин}})^2 \cdot \eta_n \cdot \eta_m \cdot \eta_z \cdot \eta_{\text{эо}}$

Верный ответ: 3.

6. Определите причину изменения мощности ГТУ, если атмосферное давление снизилось на 10 мбар

Ответы:

1	Уменьшение перепада давлений в турбине
2	Снижение давления в камере сгорания
3	Уменьшение давления на выходе ГТУ
4	Увеличение затрат энергии на подачу топлива в камеру сгорания
5	Увеличение мощности компрессора на сжатие воздуха

Верный ответ: 5 Увеличение мощности компрессора на сжатие воздуха

7. Выберите необходимые условия, обеспечивающие изменение дохода ТЭС, при отклонении производства электроэнергии «вверх» по внешней инициативе

Ответы:

1	Увеличение объема продажи электроэнергии
2	Увеличение платы за мощность
3	Уменьшение затрат топлива на выработку электроэнергии
4	Увеличение цены на дополнительную электроэнергию

Верный ответ: 1. Увеличение объема продаж электроэнергии. 2. Увеличение цены на электроэнергию.

8. Выберите необходимые условия, приводящие к изменению дохода ТЭС, при отклонении производства электроэнергии «вверх» по собственной инициативе

Ответы:

1	Увеличение платы за мощность
2	Увеличение расхода топлива при продаже дополнительной электроэнергии по минимальной цене
3	Уменьшение дохода из-за штрафных санкций на увеличенную поставку мощности.
4	Увеличение цены электроэнергии
5	Увеличение цены на дополнительную электроэнергию
6	Уменьшение дохода от продажи дополнительной из-за ее продажи по минимальной цене
7	Увеличение дохода от увеличения объема продажи электроэнергии

Верный ответ: 2. Увеличение расхода топлива при продаже дополнительной электроэнергии по минимальной цене 6. Уменьшение дохода от продажи дополнительной электроэнергии из-за ее продажи по минимальной цене.

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Ответы правильные полные. Могут иметь место небольшие неточности не принципиального характера.

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Ответы правильные не всегда полные. Могут иметь место небольшие неточности.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 55

Описание характеристики выполнения знания: Часть ответов не полная и может содержать ошибки не принципиального характера.

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Ответы неполные. Грубые ошибки принципиального характера.

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

По результатам экзамена и текущей успеваемостиставляется итоговая оценка с учетом весовых коэффициентов.