



Федеральное агентство по рыболовству  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Калининградский государственный технический университет»  
(ФГБОУ ВО «КГТУ»)

УТВЕРЖДАЮ  
Начальник УРОПСИ

Фонд оценочных средств  
(приложение к рабочей программе модуля)  
**«ВОДНО-ХИМИЧЕСКИЕ РЕЖИМЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК»**

основной профессиональной образовательной программы бакалавриата  
по направлению подготовки

**13.03.01 ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА**

Профиль программы  
**«ТЕПЛОВЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ»**

ИНСТИТУТ

морских технологий, энергетики и строительства

РАЗРАБОТЧИК

кафедра энергетики

## 1 РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 1 – Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными индикаторами достижения компетенций

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Дисциплина	Результаты обучения (владения, умения и знания), соотнесенные с компетенциями/индикаторами достижения компетенции
<p>ПКС-11: Готовность участвовать в эксплуатации и обслуживании технологического оборудования теплоэнергетических объектов</p>	<p>ПКС-11.3: Обеспечение требований водно-химических режимов при эксплуатации и обслуживании теплоэнергетического оборудования</p>	<p>Водно-химические режимы энергетических установок</p>	<p><u>Знать:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- причины загрязнения насыщенного и перегретого пара и факторы, влияющие на его чистоту;</li> <li>- основные типы паросепарационных схем барабанных котлов;</li> <li>- водные режимы барабанных и прямоточных котлов, а также конденсато-питательного тракта;</li> <li>- основные способы удаления отложений в энергетических установках;</li> <li>- методы защиты пароводяного тракта от коррозии в режимах простоя, эксплуатации и консервации оборудования;</li> <li>- водные режимы тепловых сетей, испарителей и паропреобразователей;</li> </ul> <p><u>Уметь:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выполнять расчеты основных паросепарационных схем барабанных котлов;</li> <li>- подбирать оптимальный водно-химический режим (ВХР) для конкретной ТЭС и необходимое оборудование технологической схемы коррекции ВХР;</li> <li>- проводить расчет необходимой дозы и расхода применяемого реагента;</li> <li>- читать чертежи и принципиальные схемы оборудования, предназначенного для корректировки ВХР ТЭС;</li> </ul> <p><u>Владеть:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методиками определения основных технологических показателей качества ведения водно-химических режимов энергетического оборудования;</li> <li>- способами управления водно-химическим режимом энергетического оборудования;</li> <li>- навыками работы с конструкторской и технической документацией</li> </ul>

## **2 ПЕРЕЧЕНЬ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПОЭТАПНОГО ФОРМИРОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ) И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

2.1 Для оценки результатов освоения дисциплины используются:

- оценочные средства текущего контроля успеваемости;
- оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине.

2.2 К оценочным средствам текущего контроля успеваемости относятся:

- тестовые задания;
- задания и контрольные вопросы по лабораторным работам;
- задание по темам практических занятий (для студентов очной формы обучения);
- задание по контрольной работе (для студентов заочной формы обучения);

2.3 К оценочным средствам для промежуточной аттестации по дисциплине, проводимой в форме экзамена, относятся:

- вопросы к экзамену.

## **3 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ**

3.1 Тестовые задания по дисциплине представлены в Приложении № 1. Целью тестирования является закрепление, углубление и систематизация знаний студентов, полученных на занятиях и в процессе самостоятельной работы; проведение тестирования позволяет ускорить контроль за усвоением знаний и объективизировать процедуру оценки знаний студента.

Оценивание осуществляется по следующим критериям, приведенным в таблице 2:

- «зачтено» – 41-100 % правильных ответов на заданные вопросы;
- «не зачтено» – 0-40 % правильных ответов.

3.2 Задания и контрольные вопросы по лабораторным работам приведены в Приложении № 2. Целью лабораторного практикума является закрепление знаний и умений, полученных на лекционных и практических занятиях. Оценка результатов выполнения задания по каждой лабораторной работе производится при представлении студентом отчета по лабораторной работе и на основании ответов студента на вопросы по тематике лабораторной работы по системе «зачтено» - «не зачтено». Критерии оценивания представлены в таблице 2.

3.3 Задание по отдельным темам практических занятий выполняется студентами очной формы обучения по вариантам. Типовое задание приведено в Приложении № 3. Вариант задания определяется преподавателем.

Консультации по выполнению задания по темам практических занятий, его проверка и защита проводятся преподавателем в часы индивидуальных консультаций. Студент, самостоятельно выполнивший задание и обнаруживший понимание физического смысла рассмотренных процессов, получает оценку «зачтено». Оценивание осуществляется по критериям, приведенным в таблице 2.

3.4 Задание по контрольной работе выдается студентам заочной формы обучения с целью контроля качества их самостоятельной работы. Контрольная работа предполагает выполнение одного расчетного задания, для которого разработано 15 вариантов. Содержание контрольной работы для студентов заочной формы обучения соответствует содержанию задания по темам практических занятий для студентов очной формы обучения (см. п.3.3).

Выполненную контрольную работу студенты сдают на проверку преподавателю, который делает замечания и пишет рецензию. В случае отсутствия серьезных замечаний студент допускается к защите контрольной работы. При наличии серьезных замечаний работа направляется на доработку. Защита проводится в часы индивидуальных консультаций преподавателя. Студент, самостоятельно выполнивший задание и обладающий полнотой знаний в отношении изучаемых объектов, получает оценку «зачтено». Система оценивания и критерии оценки контрольной работы представлены в таблице 2.

#### **4 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

4.1 Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена. К экзамену допускаются студенты, получившие положительную оценку («зачтено») по результатам выполнения и защиты задания по темам практических занятий (для студентов очной формы обучения), контрольной работы (для студентов заочной формы обучения), лабораторных работ и тестирования. Экзаменационный билет содержит два вопроса. Типовые экзаменационные вопросы приведены в Приложении № 4.

4.2 Экзаменационная оценка («отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно») является экспертной, зависит от уровня освоения студентом тем дисциплины (наличия и сущности ошибок, допущенных студентом при ответе на экзаменационные вопросы) и выставляется в соответствии с критериями, указанными в таблице 2.

Таблица 2 – Система и критерии выставления оценки

Система оценок  Критерий	2	3	4	5
	0-40%	41-60%	61-80 %	81-100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
<b>1. Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов</b>	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно-корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полной полнотой знаний и системным взглядом на изучаемый объект
<b>2. Работа с информацией</b>	Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи
<b>3. Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта</b>	Не может делать научно корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	В состоянии осуществлять научно корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные задачи данные	В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задачи данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи
<b>4. Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач</b>	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

## **5 СВЕДЕНИЯ О ФОНДЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ И ЕГО СОГЛАСОВАНИИ**

Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине «Водно-химические режимы энергетических установок» представляет собой компонент основной профессиональной образовательной программы бакалавриата по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника (профиль «Тепловые электрические станции»).

Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен на заседании кафедры энергетики (протокол № 4 от 29.03.2022 г.)

Заведующий кафедрой



---

В.Ф. Белей

## ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### Вариант 1

ПКС-11: Готовность участвовать в эксплуатации и обслуживании технологического оборудования теплоэнергетических объектов.

Индикатор ПКС-11.3: Обеспечение требований водно-химических режимов при эксплуатации и обслуживании теплоэнергетического оборудования.

*Вопрос 1. Основными факторами, влияющими на загрязнение насыщенного пара примесями, являются (возможны два правильных ответа):*

1. Капельный унос	3. Растворимость в паре минеральных примесей
2. Унос шлама	4. Растворимость в паре органических примесей

*Вопрос 2. На влажность насыщенного пара выходящего из барабана парового котла НЕ влияет:*

1. Давление пара	3. Высота парового объёма
2. Солесодержание испаряемой воды	4. Окисляемость испаряемой воды

*Вопрос 3. Для предварительной, грубой очистки насыщенного пара в барабанных котлах применяются:*

1. Вертикальные жалюзийные сепараторы	3. Сетчатые сепараторы
2. Внутрибарабанные циклоны	4. Горизонтальные жалюзийные сепараторы

*Вопрос 4. Действительный, физический уровень воды в барабане работающего парового котла:*

1. Меньше весового уровня воды в барабане, измеряемого водоуказательной колонкой	3. Больше весового уровня воды в барабане, измеряемого водоуказательной колонкой
2. Может быть больше или меньше весового уровня воды в барабане, измеряемого водоуказательной колонкой, в зависимости от режима работы котла.	4. Равен весовому уровню воды в барабане, измеряемому водоуказательной колонкой

*Вопрос 5. На растворимость примесей в насыщенном паре НЕ влияет:*

1. Давление пара	3. Природа примеси
2. Высота парового объёма	4. Приведенная скорость пара

*Вопрос 6. Избирательный унос примесей насыщенным паром за счет растворимости имеет место при:*

1. $P \leq 4,0$ МПа	3. $P \geq 7,0$ МПа
2. $P \geq 15,0$ МПа	4. $P \leq 1,0$ МПа

<i>Вопрос 7. В насыщенном паре лучше остальных примесей растворяется:</i>	
1. Кремниевая кислота	3. Магнетит
2. Хлорид натрия	4. Хлорид натрия
<i>Вопрос 8. НЕ образуют твёрдые водонерастворимые отложения в турбине:</i>	
1. Гидрокомплексы железа	3. Соединения меди
2. Хлорид натрия	4. Соединения кремниевой кислоты
<i>Вопрос 9. Для очистки турбинного конденсата наиболее подходит технологическая схема очистки воды</i>	
1. Н1 – А1 – Н2 – Дк -А2 – ФСД	3. Н1 - Na1 - Н1 – Na2- Дк
2. МФ – ФСД	4. Na1 - Н1 – Na2 - Дк – Н2
<i>Вопрос 10. Анионирование исходной воды на ТЭС и АЭС НЕ применяется:</i>	
1. Для приготовления подпиточной воды котлов СКД	3. Для приготовления подпиточной воды тепловой сети
2. Для приготовления подпиточной воды котлов СВД	4. Для приготовления подпиточной воды к парогенераторов АЭС
<i>Вопрос 11. При автоматизированном контроле за водно-химическим режимом ТЭС используют технологический показатель качества теплоносителя</i>	
1. Прозрачность теплоносителя	3. Содержание CO <sub>2</sub> в теплоносителе
2. Водородный показатель рН	4. Окисляемость теплоносителя.
<i>Вопрос 12. Для химического связывания кислорода в питательной воде после деаэратора на ТЭС используют</i>	
1. N <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	3. NH <sub>4</sub> OH
2. Трилон Б	4. NaOH
<i>Вопрос 13. Для регулирования рН теплоносителя в питательном тракте на ТЭС используют</i>	
1. NH <sub>4</sub> OH	3. Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>
2. ЭДТА	4. NaNO <sub>3</sub>
<i>Вопрос 14. Для обработки котловой воды на паровых котлах низкого давления может применяться</i>	
1. Фосфатный водный режим	3. Комплексонный водный режим
2. Щелочно-фосфатный водный режим	4. Гидразинно-аммиачный водный режим
<i>Вопрос 15. На барабанных паровых котлах высокого давления ТЭС НЕ применяют:</i>	
1. Безреагентный водно-химический режим	3. Комплексонный водно-химический режим
2. Фосфатный водно-химический режим	4. Дозирование NaOH в котловую воду

## Вариант 2

ПКС-11: Готовность участвовать в эксплуатации и обслуживании технологического оборудования теплоэнергетических объектов.

Индикатор ПКС-11.3: Обеспечение требований водно-химических режимов при эксплуатации и обслуживании теплоэнергетического оборудования.

<i>Вопрос 1. Для окончательной, тонкой очистки насыщенного пара в барабанных котлах применяются:</i>	
1. Погруженный парораспределительный дырчатый щит	3. Внутрибарабанные циклоны
2. Горизонтальные жалюзийные сепараторы	4. Потолочный пароприемный дырчатый щит
<i>Вопрос 2. В насыщенном паре хуже остальных примесей растворяется:</i>	
1. Кремниевая кислота	3. Магнетит
2. Соединения меди	4. Хлорид натрия
<i>Вопрос 3. Факторами, НЕ влияющим на загрязнение насыщенного пара примесями, являются (возможны два правильных ответа):</i>	
1. Капельный унос	3. Растворимость в паре минеральных примесей
2. Унос шлама	4. Растворимость в паре жидкого топлива и смазывающих масел, попадающих в котловую воду
<i>Вопрос 4. На влажность насыщенного пара выходящего из барабана парового котла влияет:</i>	
1. Вид топлива, сжигаемого в топке котла	3. Водородный показатель рН котловой воды
2. Солесодержание испаряемой воды	4. Окисляемость испаряемой воды
<i>Вопрос 5. Для предварительной, грубой очистки насыщенного пара в барабанных котлах НЕ применяются:</i>	
1. Погруженный парораспределительный дырчатый щит	3. Вертикальные жалюзийные сепараторы
2. Внутрибарабанные циклоны	4. Пароприёмная труба с продольной перфорацией
<i>Вопрос 6. На растворимость примесей в насыщенном паре влияет:</i>	
1. Давление пара в барабане котла	3. Содержание хлоридов в котловой воде
2. Окисляемость котловой воды	4. Приведенная скорость пара
<i>Вопрос 7. Растворимостью примесей в насыщенном паре барабанного котла можно пренебречь</i>	
1. При $P \geq 7,0$ МПа	3. При $P \leq 7,0$ МПа
2. При $P \geq 15,0$ МПа.	4. При $P \leq 15,0$ МПа
<i>Вопрос 8. Весовой уровень воды в барабане работающего парового котла, измеряемый водоуказательной колонкой:</i>	
1. Меньше действительного, физического уровня воды в барабане	3. Больше действительного, физического уровня воды в барабане
2. Может быть больше или меньше действи-	4. Равен действительному, физическому

тельного, физического уровня воды в барабане в зависимости от режима работы котла.	уровню воды в барабане
------------------------------------------------------------------------------------	------------------------

*Вопрос 9. С перегретым паром проходят через пароперегреватель и образуют твёрдые водонерастворимые отложения в турбине:*

1. Гидрокарбонат кальция	3. Сульфат натрия
2. Хлорид натрия	4. Соединения кремниевой кислоты

*Вопрос 10. Для получения обессоленной воды, питающей прямоточные котлы СКД, наиболее подходит технологическая схема очистки воды:*

1. Н1 - Na1 - Н1 – Na2- Дк	3. Н1 – А1 – Н2 - Дк– А2
2. Na1 - Н1 – Na2 - Дк – Н2	4. Н1 – А1 – Н2 – Дк -А2 – ФСД

*Вопрос 11. Анионирование исходной воды на ТЭС применяется:*

1. Для приготовления подпиточной воды котлов СД	3. Для приготовления подпиточной воды тепловой сети
2. Для приготовления подпиточной воды котлов СВД	4. Для приготовления подпиточной воды котлов НД

*Вопрос 12. При автоматизированном контроле за водно-химическим режимом ТЭС НЕ используют технологический показатель качества теплоносителя*

1. Водородный показатель рН	3. Концентрация иона натрия в теплоносителе
2. Удельная электрическая проводимость	4. Окисляемость теплоносителя

*Вопрос 13. Для химического связывания кислорода в турбинном конденсате на ТЭС используют:*

1. $\text{Na}_3\text{PO}_4$	3. $\text{NH}_4\text{OH}$
2. $\text{N}_2\text{H}_4$	4. КОН

*Вопрос 14. Для регулирования водородного показателя рН теплоносителя в конденсатном тракте на ТЭС используют*

1. $\text{NaNO}_3$	3. $\text{Na}_3\text{PO}_4$
2. ЭДТА	4. $\text{NH}_4\text{OH}$

*Вопрос 15. На барабанных паровых котлах высокого и сверхвысокого давления ТЭС применяют*

1. Безреагентный водно-химический режим	3. Фосфатно-нитратный водно-химический режим
2. Фосфатный водно-химический режим	4. Аммиачно-калиевый водно-химический режим

### Вариант 3

ПКС-11: Готовность участвовать в эксплуатации и обслуживании технологического оборудования теплоэнергетических объектов.

Индикатор ПКС-11.3: Обеспечение требований водно-химических режимов при эксплуатации и обслуживании теплоэнергетического оборудования.

<i>Вопрос 1. Удельная электрическая проводимость теплоносителя характеризует</i>	
1. Общее содержание в воде примесей, растворённых в ней	3. Общее содержание в воде накипеобразующих примесей
2. Содержание в воде продуктов коррозии металла	4. Содержание в воде растворённого кислорода

<i>Вопрос 2. Наибольшей эффективностью очистки насыщенного пара от капельной влаги обладает:</i>	
1. Горизонтальный жалюзийный сепаратор пара	3. Вертикальный жалюзийный сепаратор пара
2. Выносной циклон	4. Наклонный жалюзийный сепаратор пара

<i>Вопрос 3. При комплексном способе обработки котловой воды в барабанных котлах используется:</i>	
1. ЭДТА	3. Трилон Б
2. ЭДТА + Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	4. Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> + NaOH

<i>Вопрос 4. Использовать трилон Б для обработки котловой воды в барабанных котлах позволяет</i>	
1. Способность трилона Б образовывать шлам в котловой воде, выводимый из котла с продувкой	3. Способность трилона Б образовывать малолетучие соединения с солями кальция и магния, не загрязняющими насыщенный пар
2. Способность трилона Б образовывать растворимые комплексоны со всеми катионами металлов, растворёнными в воде	4. Способность трилона Б связывать ионы кальция и магния

<i>Вопрос 5. В результате связывания солей кальция при фосфатном режиме обработки котловой воды в барабанных котлах образуется:</i>	
1. Магнетит	3. Гидрокарбонат кальция
2. Карбонат кальция	4. Гидроксилпатит

<i>Вопрос 6. На блоках с прямоточными котлами СКД применяют:</i>	
1. Гидрозинно-аммиачный водно-химический режим	3. Фосфатный водно-химический режим
2. Щелочно-фосфатный водно-химический режим	4. Комплексонный водно-химический режим

<i>Вопрос 7. Питание котлов ВД и СВД дистиллятом испарителей производится в случае</i>	
1. Больших потерь производственного конденсата	3. Повышенных требований к качеству добавочной воды
2. Высокого солесодержания исходной воды	4. Больших внутростанционных потерь пара и воды

<i>Вопрос 8. Для образования отложений в паровом котле наиболее опасен:</i>	
1. NaSO <sub>4</sub>	3. CaCl <sub>2</sub>
2. NaHCO <sub>3</sub>	4. Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>

<i>Вопрос 9. На реакторах типа ВВЭР применяют:</i>	
1. Аммиачный водно-химический режим	3. Фосфатный водно-химический режим с гидразинно-аммиачной обработкой реакторной воды
2. Смешанный аммиачно-калиевый водно-химический режим	4. Кислородный водно-химический режим

<i>Вопрос 10. Применение фосфатного режима на барабанных котлах СВД ограничивает:</i>	
1. Щелочная межкристаллитная коррозия стали	3. Загрязнение насыщенного пара фосфатами из-за их высокой растворимости в нём
2. Повышенный расход фосфатов, дозируемых в котловую воду	4. Увеличение растворимости фосфатов с увеличением давления пара в котле

<i>Вопрос 11. На выбор оптимальной производительности соленого отсека в схеме 2-х ступенчатого испарения влияют:</i>	
1. Паропроизводительность котла и солёность питательной воды	3. Параметры пара, паропроизводительность котла и солёность питательной воды
2. Влажность пара в солёном и пресном отсеках	4. Тип примеси и размер продувки котла

<i>Вопрос 12. На парогенераторах АЭС с реактором типа ВВЭР применяют:</i>	
1. Безреагентный водно-химический режим	3. Комплексонный водно-химический режим
2. Фосфатно-нитратный водно-химический режим	4. Щелочно-фосфатный водно-химический режим

<i>Вопрос 13. При одинаковом качестве питательной воды, параметрах пара и размере продувки котла наиболее эффективной, с точки зрения получения чистого пара, будет</i>	
1. Схема 2-х ступенчатого испарения	3. Схема 2-х ступенчатого испарения с промывкой пара солёного отсека котловой водой пресного отсека
2. Паропромывка	4. Схема 3-х ступенчатого испарения

<i>Вопрос 14. Солёный отсек целесообразно организовывать в торцевых оконечностях барабана парового котла</i>	
1. При конденсатном режиме питания котла	3. При питании котла с большим добавком обессоленной воды
2. При работе котла на жидком и газообразном топливе	4. При снижении параметров пара в котле.

<i>Вопрос 15. На барабанных паровых котлах сверхвысокого давления ТЭС применяют</i>	
1. Кислородный водно-химический режим	3. Фосфатно-нитратный водно-химический режим
2. Фосфатный водно-химический режим	4. Аммиачно-калиевый водно-химический режим

Приложение № 2

**ТИПОВЫЕ ЗАДАНИЯ И КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ  
ПО ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ**

Лабораторная работа №1. Изучение закономерностей перехода загрязняющих примесей в насыщенный пар барабанного котла

Задание по лабораторной работе:

1. При заданном постоянном давлении пара  $P$  и продувке котла  $p$ , изменяя солесодержание питательной воды  $S_{пв}$  в интервале от нуля до 100 мкг/кг с шагом 5 мкг/кг, получить табличную и графическую зависимости влияния солесодержания котловой воды  $S_{кв}$  на влажность пара  $\omega$  и солесодержание пара  $S_{п}$ , выходящего из барабана котла. Построить графики по трем примесям воды (выбранным по заданию преподавателя из следующего перечня: соединения железа, соединения кремния,  $NaCl$ ,  $Na_2SO_4$ ):  $\omega = f(S_{кв})$  и  $S_{п} = f(S_{кв})$  для каждой примеси (всего 6 кривых).

2. При заданном постоянном давлении пара  $P$  и солености питательной воды  $S_{пв}$  получить табличную и графическую зависимости влияния величины продувки котла на влажность и солесодержание пара  $\omega = f(p)$  и  $S_{п} = f(p)$ . Графики построить по трем заданным примесям воды (выбранным по заданию преподавателя из следующего перечня: соединения железа, соединения кремния,  $NaCl$ ,  $Na_2SO_4$ ) – всего 6 кривых.

3. Получить табличную и графическую зависимости влияния давления в барабане котла на долю выхода примесей питательной воды с влажным паром (продувка по пару) и с водой (продувка по воде). Для трех примесей воды (выбранных по заданию преподавателя из следующего перечня: соединения железа, соединения кремния,  $NaCl$ ,  $Na_2SO_4$ ) построить по две кривые на одном графике для каждой примеси (всего - 6 кривых)  $S_{п} = f(P)$  и  $S_{кв} = f(P)$ .

Контрольные вопросы:

1. Источники загрязнения насыщенного пара в барабанном котле. Общий коэффициент уноса примеси насыщенным паром.

2. Растворимость примесей в насыщенном паре.

3. Капельный унос и факторы, влияющие на его величину. Расчетное и экспериментальное определение (измерение) влажности насыщенного пара.

4. Коэффициент распределения примесей, факторы, влияющие на его величину.

Лабораторная работа № 2. Изучение закономерностей растворимости загрязняющих примесей в перегретом паре

Задание по лабораторной работе:

1. При заданной постоянной температуре перегретого пара, изменяя давление пара с заданным шагом (задается преподавателем или принимается по умолчанию программой), получить табличную и графическую зависимости влияния давления на растворимость примеси в перегретом паре сверхкритического давления.

2. При заданном постоянном сверхкритическом давлении перегретого пара, изменяя температуру пара с заданным шагом (задается преподавателем или принимается по умолчанию программой), получить табличную и графическую зависимости влияния температуры на растворимость примеси в перегретом паре.

3. Для теплофизических параметров воды, приведенных в задании 1, получить табличные и графические зависимости влияния давления на растворимость примеси в перегретом паре сверхкритического давления при значениях  $p_H = 7,5$  и  $9,5$  (два графика).

4. Для теплофизических параметров воды, приведенных в задании 2 получить табличные и графические зависимости влияния температуры на растворимость примеси в перегретом паре сверхкритического давления при значениях  $p_H = 7,5$  и  $9,5$  (два графика).

5. Для докритической области давлений пара при заданной постоянной температуре перегретого пара, изменяя давление пара с заданным шагом (задается преподавателем или принимается по умолчанию программой), получить табличную и графическую зависимости влияния давления на растворимость примеси в перегретом паре.

6. Для докритической области давлений пара при заданном постоянном давлении перегретого пара, изменяя температуру пара с заданным шагом (задается преподавателем или принимается по умолчанию программой), получить табличную и графическую зависимости влияния температуры на растворимость примеси в перегретом паре.

Контрольные вопросы:

1. Общий вид уравнения растворимости примесей в перегретом паре.
2. Растворимость в перегретом паре барабанного котла соединений кремниевой кислоты, гидрокомплексов железа, соединений меди и натрия.
3. Факторы, влияющие на растворимость в перегретом паре. Изобары и изотермы растворимости.
4. Растворимость в перегретом паре прямоточного котла соединений кремниевой кислоты, гидрокомплексов железа, соединений меди и натрия.

Лабораторная работа № 3. . Выбор состава схемы конденсатоочистки

Задание по лабораторной работе: 1. Выбрать и рассчитать оборудование конденсатоочистки для заданной ее производительности: определить конструкционные и технологиче-

ские параметры работы сульфугольных электромагнитных фильтров и ФСД с выносной регенерацией.

2. Сравнить по времени фильтроцикла эффективность работы двух схем очистки турбинного конденсата при трех заданных величинах присосов охлаждающей воды:

- сульфугольный фильтр + ФСД с выносной регенерацией;
- электромагнитный фильтр + ФСД с выносной регенерацией.

Контрольные вопросы:

1. Присос охлаждающей воды в конденсаторе, его причины, конструктивные и организационные мероприятия снижения величины присоса и его последствий.
2. Уравнения баланса примесей на ТЭС и АЭС.
3. Обоснование необходимости конденсатоочистки.
4. Применяемые схемы, технологическое оборудование конденсатоочистки. Особенности его работы.

Лабораторная работа № 4. Моделирование на ПЭВМ схемы ступенчатого испарения барабанного котла

Задание по лабораторной работе:

1. Для схемы двухступенчатого испарения получить табличную и графическую зависимости влияния паропроизводительности соленого (второго) отсека на содержание в паре двух примесей и общее солесодержание примесей в паре  $S_{II}^{cm} = f(n_2)$ .

2. Для схемы трехступенчатого испарения получить для двух примесей табличную и графическую зависимости влияния суммарной паропроизводительности второго и третьего соленых отсеков на содержание примеси в паре  $S_{II}^{cm} = f(n_2 + n_3)$ .

3. Получить табличную и графическую зависимости влияния величины  $p$  продувки в интервале от одного до шести процентов с шагом 1% на солесодержание пара при двух- и трехступенчатом испарении при оптимальном парораспределении, определяющем максимальную эффективность, с использованием полученных в заданиях 1 и 2 данных.

Контрольные вопросы:

1. Принцип работы, назначение и область применения схем ступенчатого испарения.
2. Оптимальная производительность солёного отсека. Виды схем ступенчатого испарения.
3. Переброс котловой воды в схемах ступенчатого испарения и борьба с ним. Схемы с выносными и внутрибарабанными циклонами.

#### 4. Расчетные уравнения солевого баланса схем ступенчатого испарения.

Лабораторная работа №5. Определение качества дистиллята и эффективности паропромывочного устройства испарителя кипящего типа

Задание по лабораторной работе:

1. Провести расчет качества вторичного пара в испарителе с двухступенчатой паропромывкой и жалюзийным сепаратором при трех значениях величины продувки. Определить соленость вторичного пара на входе в каждую ступень очистки пара и на выходе из неё.

2. Построить графики зависимости солености вторичного пара от величины продувки  $S_{n1} = f(p)$ ,  $S_{n2} = f(p)$ ,  $S_{сmn1} = f(p)$  - для ИУ с одноступенчатой паропромывкой и жалюзийным сепаратором и графики  $S_{n3} = f(p)$ ,  $S_{сmn2} = f(p)$ , - для ИУ с двухступенчатой паропромывкой и жалюзийным сепаратором.

Контрольные вопросы:

1. Принцип работы, назначение и область применения паропромывки.
2. Расчетные уравнения солевого баланса паропромывки.
3. Принципиальные схемы паропромывочных устройств барабанных котлов и испарителей.
4. Особенности организации паропромывки на котлах ВД и СВД.

Лабораторная работа №6. Водно-химические режимы ТЭС с прямоточными котлами

Задание по лабораторной работе:

1. Изучить особенности ведения водно-химического режима на блоках ТЭС с прямоточными котлами давлением 24 МПа. На примере ТЭС с прямоточными котлами давлением 24 МПа установить, как влияют на выбор ВХР состав основного оборудования ТЭС и вид применяемых конструкционных материалов.

2. Подобрать необходимые реагенты и определить места их ввода на схеме контроля за водно-химическим режимом энергоблока.

3. Ознакомиться с нормами ПТЭ своего ВХР и в случае их нарушения принять меры по корректировке режима.

Контрольные вопросы:

1. Гидразинно-аммиачный и гидразинный нитратный водно-химические режимы. Применяемые реагенты, механизм действия, нормируемые технологические показатели, преимущества и недостатки.

2. Нейтральные режимы с дозированием газообразного кислорода и перекиси водорода. Применяемые реагенты, механизм действия, нормируемые технологические показатели, преимущества и недостатки.

3. Гидразинно-аммиачная обработка конденсатно-питательного тракта.

4. Безреагентный водно-химический режим. Область применения, реагенты, механизм действия, нормируемые технологические показатели, преимущества и недостатки

Лабораторная работа № 7. Определение фосфатов и нитратов в котловой воде

Задание по лабораторной работе:

1. Измерить концентрацию фосфатов и нитратов в котловой воде. Сравнить полученные экспериментальным путём значения с нормируемыми, которые оговариваются правилами технической эксплуатации (ПТЭ) ТЭС для барабанных котлов.

2. На основании проведенного сопоставления фактических и допустимых значений, сделать выводы о пригодности анализируемой воды. Дать рекомендации по нормализации водно-химического режима барабанного котла.

Контрольные вопросы:

1. Щелочно-фосфатный водно-химический режим. Область применения, реагенты, механизм действия, нормируемые технологические показатели, преимущества и недостатки.

2. Фосфатно-нитратный водно-химический режим. Область применения, реагенты, механизм действия, нормируемые технологические показатели, преимущества и недостатки.

3. Фосфатный нитратный водно-химический режим. Область применения, реагенты, механизм действия, нормируемые технологические показатели, преимущества и недостатки.

4. Схемы дозирования реагентов, применяемое технологическое оборудование.

Лабораторная работа № 8. Водно-химические режимы ТЭС с барабанными котлами

Задание по лабораторной работе:

1. Изучить особенности ведения водно-химического режима на блоках ТЭС с барабанными котлами давлением 14 МПа. На примере ТЭС с барабанными котлами давлением 14 МПа установить, как влияют на выбор ВХР состав основного оборудования ТЭС и вид применяемых конструкционных материалов.

2. Подобрать необходимые реагенты и определить места их ввода на схеме контроля за водно-химическим режимом энергоблока.

3. Ознакомиться с нормами ПТЭ своего ВХР и в случае их нарушения принять меры по корректировке режима.

Контрольные вопросы:

1. Щелочно-фосфатный водно-химический режим. Область применения, реагенты, механизм действия, нормируемые технологические показатели, преимущества и недостатки.
2. Фосфатно-нитратный водно-химический режим. Область применения, реагенты, механизм действия, нормируемые технологические показатели, преимущества и недостатки.
3. Комплексонный водно-химический режим. Область применения, реагенты, механизм действия, нормируемые технологические показатели, преимущества и недостатки.

Лабораторная работа № 9. Изучение растворимости продуктов коррозии в теплоносителе первого контура реактора типа ВВЭР

Задание по лабораторной работе:

1. Рассчитать значения растворимости продуктов коррозии в заданном диапазоне pH реакторной воды и температур на входе и выходе из реактора.
2. Провести сравнительный анализ растворимости продуктов коррозии при различных температурах на входе и выходе из реактора при различных значениях X и CH<sub>2</sub>.
3. Оценить поверхность конструкционных материалов первого контура реактора типа ВВЭР, подверженную коррозии.

Контрольные вопросы:

1. Факторы, влияющие на растворимость в теплоносителе продуктов коррозии конструкционных материалов.
2. Особенности растворимости железоксидных соединений в теплоносителе. Изменение состава железоксидных соединений по конденсатно-питательному тракту ТЭС.
3. Образование комплексных соединений железа, меди, цинка и никеля. Особенности растворимости продуктов коррозии нержавеющей сталей.
4. Состав и особенности работы оборудования конденсатоочистки.

Лабораторная работа № 10. Водно-химический режим реактора типа ВВЭР

Задание по лабораторной работе: На математической модели, реализуемой на персональном компьютере, в течение всей кампании реактора организовать правильное ведение водного режима, обеспечивающее условие  $pH = 7,2 \pm 0,1$ . Работая с математической моделью, для каждого момента времени кампании, начиная с начального, необходимо задать определенные концентрации гидроксида калия при неизменной начальной концентрации аммиака так, чтобы величина pH находилась в заданном диапазоне значений  $pH = 7,2 \pm 0,1$ . Подбирая необходимую концентрацию КОН, студент проходит всю кампанию реактора 13,5 месяцев. Значения pH и концентрации реагентов заносятся в таблицу. В случае возникновения нештатных ситуаций при ведении водно-химического режима, необходимо выбрать из

предложенных ЭВМ решений одно правильное, позволяющее ликвидировать эту нештатную ситуацию.

Контрольные вопросы:

1. Особенности организации водно-химического режима парогенераторов АЭС с реакторами типа РБМК и ВВЭР.
2. Водно-химические режимы реакторов типа ВВЭР.
3. Водно-химические режимы реакторов типа РБМК.
4. Состав и особенности работы оборудования спецводоочистки.

Лабораторная работа № 11. Водно-химический режим испарителя кипящего типа

Задание по лабораторной работе: Определить возможность работы испарителя в безнакипном режиме при питании его сырой водой, водой прошедшей упрощённую обработку, а также водой прошедшей упрощённую обработку и умягчение натрий-катионированием. Определить допустимый размер продувки испарителя.

Контрольные вопросы:

1. Механизм растворения соли в воде. Гидраты и сольваты. Испарение, как метод разделения растворителя и растворённых солей. Растворимость и произведение растворимости, связь и различие между ними, зависимость от температуры.
2. Насыщенные растворы, степень пересыщения. Электролиты с низкими значениями произведения растворимости. Физико-химические процессы механизма образования накипи.
3. Продувка испарителя и барабанного котла. Назначение, виды продувки.
4. Схема использования тепла продувочной воды. Определение продувки.

Приложение № 3

**ТИПОВОЕ ЗАДАНИЕ ПО ТЕМАМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ**

(для студентов очной формы обучения)/

**КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ**

(для студентов заочной формы обучения)

*Задача №1*

1.1 Для конденсаторов блока ТЭС с барабанными котлами и давлением  $P$ , МПа определить допустимую величину присоса для обеспечения требуемой жесткости конденсата, если  $n$ , % всего конденсата сливается сразу в конденсатопровод после ПВД и ПНД. Сравнить допустимый присос с величиной  $q^{техн}$ , которая обеспечивается технологией изготовления конденсатора.

1.2 Определить допустимое солесодержание добавочной воды по иону натрия  $Na^+$   $S_{дв}^{Na}$ , мкг/дм<sup>3</sup>, если известны:

- внутренние и внешние утечки добавочной воды,  $\alpha_{ут}^{см}$ ,  $\alpha_{ут}^{вн}$ , (%),

- солесодержание продувочной воды по иону натрия  $S_{прод}^{Na}$ , мг/дм<sup>3</sup>,

- содержание сухого остатка в химочищенной и котловой воде  $S_{ов}^c$ , мг/дм<sup>3</sup>,  $S_{кв}^c$ , мг/дм<sup>3</sup>.

Деаэрация производится в деаэраторе при  $P_d$ , МПа. Исходные данные для выполнения задания выбираются из таблиц ПЗ.1 или ПЗ.2.

1.3 Изобразить на листе формата А4 принципиальную тепловую схему рассматриваемой ТЭС.

Таблица ПЗ.1 – Варианты 1-10 задачи №1

Обозначение, размерность	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P$ , МПа	13.8	3.9	9.8	10.0	9.8	15	3.9	9.8	7.0	8.0
$n$ , %	55	60	50	50	45	46	30	40	50	45
Охлаждающая вода	Река Нарва	Каспийское море	Река Днепр	Река Белая	Река Дон	Река Сев. Донец	Река Иртыш	Белое море	Река Волга	Река Обь
$\alpha_{ут}^{ст}$ , %	1.6	1.0	1.8	2.0	1.5	3.0	3.5	1.5	4.0	2.5
$\alpha_{ут}^{вн}$ , %	5.0	4.5	-	-	-	4.0	7.0	-	5.0	-

Обозначение, размерность	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$S_{\text{прод}}^{\text{Na}}$ , мг/дм <sup>3</sup>	100	200	300	200	400	300	400	350	350	280
$S_{\text{кв}}^{\text{c}}$ , мкг/дм <sup>3</sup>	1000	900	500	500	100	400	600	1200	1100	800
$S_{\text{об}}^{\text{c}}$ , мг/дм <sup>3</sup>	100	80	60	70	30	40	45	150	120	70
$P_{\text{д}}$ , МПа	0.7	0.12	0.4	0.7	0.35	0.7	0.12	0.5	0.35	0.35
Тип электростанции	ТЭЦ	ТЭЦ	ГРЭС	ГРЭС	ГРЭС	ТЭЦ	ТЭЦ	ГРЭС	ТЭЦ	ГРЭС
Род топлива	ж	ж	ж	тв	тв	ж	тв	ж	тв	ж

Таблица П3.2 – Варианты 11-20 задачи №1

Обозначение, размерность	Вариант									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$P$ , МПа	8.0	10	6.0	4.0	6.0	10	18	13	19	15
$n$ , %	42	50	25	35	20	35	40	50	55	40
Охлаждающая вода	Река Ока	Река Тобол	Балт. море	Река Прегель	Черное море	Река Днепр	Река Ангара	Река Белая	Река Десна	Река Нева
$\alpha_{\text{ут}}^{\text{ст}}$ , %	2.0	5.5	1.5	5.0	3.0	4.5	1.5	3.0	2.0	4.0
$\alpha_{\text{ут}}^{\text{вн}}$ , %	5.0	6.0	6.0	7.0	8.0	3.0	7.0	5.0	8.0	3.0
$S_{\text{прод}}^{\text{Na}}$ , мг/дм <sup>3</sup>	280	150	300	500	300	100	120	130	100	150
$S_{\text{кв}}^{\text{c}}$ , мг/дм <sup>3</sup>	700	160	500	1000	500	200	350	500	300	600
$S_{\text{об}}^{\text{c}}$ , мг/дм <sup>3</sup>	75	20	60	150	120	50	30	50	20	40
$P_{\text{д}}$ , МПа	0.35	0.7	0.12	0.12	0.35	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Тип электростанции	ГРЭС	ТЭЦ	ТЭЦ	ГРЭС	ГРЭС	ТЭЦ	ТЭЦ	ТЭЦ	ГРЭС	ГРЭС
Род топлива	тв	ж	газ	тв	газ	газ	ж	газ	тв	газ

*Задача № 2 (варианты 1-7)*

2.1 Определить содержание примесей в насыщенном паре барабанного котла ТЭС давлением  $P_{\text{к}}$ , МПа с заданной паросепарационной схемой, если известны:

- продувка  $p$ , %;

- переброс котловой воды из соленого отсека в пресный  $\rho$ , %;
- производительности соленых отсеков  $n_2, n_3$ , %;
- влажности пара в отсеках  $\omega_1, \omega_2, \omega_3$ , %.

Качество питательной воды  $S_{ПВ}$  определяется заданными примесями. Коэффициенты распределения примесей по отсекам (ступеням испарения) равны между собой

$$K_{p1}^i = K_{p2}^i = K_{p3}^i.$$

2.2 Определить содержание примесей в насыщенном паре барабанного котла с обычной паросепарационной схемой при тех же значениях  $P_K, p, S_{ПВ}$ , если известна влажность пара в барабане котла  $\omega = \omega_1$ . Сравнить эффективность заданной схемы с обычной схемой барабанного котла по каждой заданной примеси..

2.3 Изобразить обе паросепарационные схемы котлов с солевыми балансами заданных примесей. Исходные данные для выполнения задания № 2 (варианты 1-7) выбираются из таблиц ПЗ.3 или ПЗ.4.

Таблица ПЗ.3 – Варианты 1-4 задачи №2

Обозначение, размерность		Вариант							
		1		2		3		4	
Тип паросепарационной схемы барабанного котла		Двухступенчатое испарение		Двухступенчатое испарение с промывкой котловой водой пресного отсека		Трёхступенчатое испарение		Трёхступенчатое испарение с промывкой котловой водой пресного отсека	
Переброс котловой воды $\rho_{II}$ , %		-		-		-		-	
$P_K$ , МПа		10.0		9.0		13.0		15.0	
Качество пит. воды	Тип примеси	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	NaCl	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	NaCl	H <sub>2</sub> SiO	NaCl	H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	NaCl
	$S_{ПВ}^i$ , МКГ/Л	100	300	100	300	100	350	100	350
Продувка $p$ , %		1.0		1.0		1.5		1.5	
Производительность соленых отсеков	$n_2$ , %	10		10		20		10	
	$n_3$ , %	-		-		5		5	
Влажность пара в отсеках	$\omega_1$ , %	1.5		1.5		1.0		1.0	
	$\omega_2$ , %	0.5		0.5		0.5		0.5	
	$\omega_3$ , %	-		-		0.02		0.02	

Таблица ПЗ.4 – Варианты 5-7 задачи №2

Обозначение, размерность		Вариант					
		5		6		7	
Тип паросепарационной схемы барабанного котла		Двухступенчатое испарение		Трёхступенчатое испарение		Трёхступенчатое испарение с промывкой котловой водой пресного отсека	
Переброс котловой воды $\rho_{II}$ , %		5.0		5.0		5.0	
$P_K$ , МПа		14.0		15.0		12.0	
Качество пит. воды	Тип примеси	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NaOH	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> SiO
	$S_{пв}^i$ , мкг/л	400	110	250	100	170	120
Продувка $p$ , %		1.5		1.5		1.0	
Производительность соленых отсеков	$n_2$ , %	15		20		15	
	$n_3$ , %	-		4		4	
Влажность пара в отсеках	$\omega_1$ , %	2.0		1.5		1.7	
	$\omega_2$ , %	0.5		0.2		0.5	
	$\omega_3$ , %	-		0.01		0.8	

Задача № 2 (варианты 8 - 13)

2.1 Определить допустимое содержание заданных примесей в питательной воде барабанного котла ТЭС давлением  $P_K$ , МПа с паропромывочным устройством (ППУ)  $S_{ПВ}$ , мкг/кг, если известны:

- продувка  $p$ , %;
- высота от ППУ до паротборной трубы  $H_{ПО}$ , м;
- скорость пара, приведенная к «зеркалу испарения»  $W$ , м/с.

2.2 Определить также содержание примесей в продувочной воде и в паре под ППУ  $S_{ПРОД}$ ,  $S'_{П}$ , мкг/кг.

2.3 Решить эту же задачу для обычной схемы барабанного котла с горизонтальным жалюзийным сепаратором с заданным коэффициентом очистки  $K_{оч}^{сеп}$ , приняв высоту установки его от «зеркала испарения»  $H_{СЕП} = 2 \cdot H_{ПО}$ .

2.4 Изобразить схемы барабанов обоих паросепарационных схем с солевыми балансами заданных примесей.

Исходные данные для выполнения задания № 2 (варианты 8-13) выбираются из таблицы ПЗ.5.

Таблица ПЗ.5 – Варианты 8-13 задачи №2

Обозначение, размерность	Вариант					
	8	9	10	11	12	13
$P_K$ , МПа	10.0	8.0	14.0	7.0	12.0	13.0
Тип примеси	NaCl, H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	NaCl	NaCl, H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	NaCl	H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>
$H_{ПО.}$ , м	0.4	0.5	0.45	0.55	0.5	0.45
$W$ , м/с	0.15	0.25	0.3	0.2	0.2	0.2
$K_{оч}^{сеп}$	15	10	20	25	10	20
$p$ , %	1.5	1.0	1.8	1.2	2.0	1.5

*Задача № 2 (варианты 14-20)*

2.1 Определить на сколько процентов снизится общее солесодержание пара в барабане парового котла давлением  $P_K$ , МПа с заданной паросепарационной схемой  $S_{II}$ , мкг/кг в случае установки в барабане котла (или в пресном отсеке схемы ступенчатого испарения) паропромывочного устройства (ППУ) для промывки общего количества пара, если известны:

- продувка котла  $p$ , %;
- производительности солёных отсеков  $n_2, n_3$ , %;
- влажность пара в солёных отсеках  $\omega_2, \omega_3$ , %;
- высота парового объема от "зеркала испарения" до паротборной трубы  $H_{ПО}$ , м в барабане котла без ППУ;
- высота парового объема от "зеркала испарения" до паропромывочного устройства

$$H_{ППУ} = \frac{H_{ПО}}{2}, \text{ м.}$$

Скорость пара в ППУ принять равной приведенной скорости пара в пресном отсеке  $W_1$ , м/с. Качество питательной воды определяется заданными примесями  $S_{ПВ}^i$  (мкг/кг). Перебросом из "соленых" отсеков в "пресный" пренебречь.

2.2. Изобразить обе паросепарационные схемы котлов с солевыми балансами задан-

ных примесей. Исходные данные для выполнения задания № 2 (варианты 14-20) выбираются из таблиц ПЗ.6 и ПЗ.7.

Таблица ПЗ.6 – Варианты 14-17 задачи №2

Обозначение, размерность		Вариант							
		14		15		16		17	
Тип паросепарационной схемы		Барабанный котел без ступенчатого испарения		Двухступенчатое испарение		Трёхступенчатое испарение		Барабанный котел без ступенчатого испарения	
$P_K$ , МПа		15.0		12.0		10.0		10.0	
Продувка $p$ , %		1.5		1.0		1.0		1.2	
Качество пит. воды	Тип примеси	$H_2SiO_3$	$CaSO_4$	$H_2SiO_3$	$Na_2SO_4$	$Fe_3O_4$	$NaCl$	$Fe_3O_4$	$CaSO_4$
	$S_{пв}^i$ , мкг/л	150	100	150	270	170	250	150	300
Производительность солевых отсеков,	$n_2$ , %	-		12		10		-	
	$n_3$ , %	-		-		4		-	
Влажность пара в отсеках	$\omega_2$ , %	-		0.5		0.2		-	
	$\omega_3$ , %	-		-		0.05		-	
$H_{по}$ , м		1.0		0.8		0.9		1.0	
$W_1$ , м/с		0.3		0.25		0.2		0.15	

Таблица ПЗ.7 – Варианты 18-20 задачи №2

Обозначение, размерность		Вариант							
		18		19		20			
Тип паросепарационной схемы		Барабанный котел без ступенчатого испарения		Двухступенчатое испарение		Трёхступенчатое испарение			
$P_K$ , МПа		14.0		12.0		13.0			
Продувка $p$ , %		1.4		1.0		1.5			
Качество пит. воды	Тип примеси	$NaCl$	$H_2SiO_3$	$Na_2SO_4$	$H_2SiO_3$	$CaSO_4$	$Fe_3O_4$		
	$S_{пв}^i$ , мкг/л	300	120	300	180	200	150		
Производи-		$n_2$ , %		-		10		11	

Обозначение, размерность		Вариант		
		18	19	20
Влажность пара в отсеках	$\omega_2, \%$	-	0.4	0.2
	$\omega_3, \%$	-	-	0.25
$H_{по}, м$		1.2	1.1	1.1
$W_1, м/с$		0.2	0.3	0.2

Приложение № 4

**ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ (ЭКЗАМЕН)  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

1. Основные пути попадания примесей в насыщенный пар. Общий коэффициент уноса.
2. Влажность пара, её измерение на практике и расчет по формуле Л.С. Стермана.
3. Капельный унос (влажность пара), факторы, влияющие на его величину.
4. Действительный и весовой уровни воды в котле. Истинное паросодержание барботажного слоя  $\phi$ . Распределение  $\phi$  на пресной и солёной воде по высоте барботажного слоя.
5. Растворимость примесей в насыщенном паре. Коэффициент распределения примеси  $K_p$ , формула Стыриковича для расчета  $K_p$ . Факторы, влияющие на величину  $K_p$ .
6. Лучевая диаграмма растворимости примесей в насыщенном паре барабанного котла.
7. Растворимость примесей в перегретом паре барабанного котла. Факторы, влияющие на растворимость примесей в перегретом паре. Уравнения растворимости основных примесей в перегретом паре. Изобары и изотермы растворимости.
8. Растворимость примесей в пароводяном тракте прямоточного котла СКД. Факторы, влияющие на растворимость примесей в перегретом паре. Уравнения растворимости основных примесей в перегретом паре. Изобары и изотермы растворимости
9. Особенности образования отложений примесей в проточной части паровой турбины.
10. Обоснование необходимости анионирования добавочной воды для котлов ВД, СВД и СКД.
11. Характеристика загрязнений конденсата. Нормативные значения технологических показателей качества турбинного конденсата.
12. Присос охлаждающей воды. Его причины. Нормативные, предельно-допустимые значения присосов охлаждающей воды в конденсаторе. Конструктивные меры по борьбе с присосом охлаждающей воды.
13. Развернутые уравнения баланса примесей на КЭС, ТЭЦ и АЭС.
14. Уравнения баланса расходов для определения количества добавочной воды на КЭС, ТЭЦ и АЭС.
15. Область применения схем очистки турбинного конденсата. Технологические схемы очистки турбинного конденсата.

16. Обоснование выбора схемы БОУ. Схемы конденсатоочистки с ФСД с внешней и внутренней регенерацией, намывными ионитными и электромагнитными фильтрами.

17. Особенности водно-химического режима конденсаторов с «сухими» градирнями.

18. Критерии оценки ВХР в отношении качества пара барабанного котла. Нормируемые технологические показатели качества пара и их значения для барабанных котлов СД, ВД, СВД.

19. Уравнение солевого баланса барабанного котла. Определение содержания примеси в насыщенном паре барабанного котла. Относительный вынос примесей с паром и котловой водой.

20. Продувка барабанного котла и её нормирование. Виды продувки и их назначение. Графики продувки по пару и по воде для кремневой кислоты и общего солесодержания.

21. Схема использования продувки на ТЭС, расчет расширителя непрерывной продувки. Область применения схем барабанных котлов с регулированием качества пара продувкой.

22. Схемы ступенчатого испарения барабанных котлов ТЭС и РТС. Назначение и преимущество схем ступенчатого испарения. Принцип работы схемы 2-х ступенчатого испарения.

23. Уравнения солевого баланса схемы 2-х ступенчатого испарения. Определение содержания примеси в насыщенном паре барабанного котла со схемой 2-х ступенчатого испарения.

24. Назначение, область применения, принцип работы схемы 3-х ступенчатого испарения.

25. Уравнения солевого баланса схемы 3-х ступенчатого испарения. Определение содержания примеси в насыщенном паре барабанного котла со схемой 3-х ступенчатого испарения.

26. Выбор оптимальной производительности солёных отсеков схем ступенчатого испарения. Графики относительного выноса примесей с паром и котловой водой.

27. Конструктивные схемы ступенчатого испарения, особенности организации солёных отсеков в котлах ТЭС и РТС.

28. Переброс котловой воды и борьба с ним. Схемы с выносными циклонами и требования к организации этих схем.

29. Оптимальные условия применения схем ступенчатого испарения. Унифицированная схема ступенчатого испарения.

30. Паропромывка. Принцип работы. Назначение и преимущества. Уравнения солевого баланса. Факторы, влияющие на эффективность паропромывки. Графики относительного выноса кремневой кислоты с паром.

31. Схемы совмещения паропромывки и ступенчатого испарения. Преимущества и принцип работы. Графики относительного выноса кремневой кислоты с паром в комбинированных схемах.

32. Особенности организации паропромывки в барабанных котлах ВД и СВД. Оптимальные условия и область применения схем паропромывки.

33. Паросепарационные устройства барабанных паровых котлов, парогенераторов АЭС и испарителей.

34. Щелочно-фосфатный водно-химический режим. Область применения, реагенты, механизм действия, нормируемые технологические показатели, преимущества и недостатки.

35. Фосфатно-нитратный водно-химический режим. Область применения, реагенты, механизм действия, нормируемые технологические показатели, преимущества и недостатки.

36. Комплексонный водно-химический режим. Область применения, реагенты, механизм действия, нормируемые технологические показатели, преимущества и недостатки.

37. Гидразинно-аммиачная обработка конденсатно-питательного тракта. Область применения, реагенты, механизм действия, нормируемые технологические показатели, преимущества и недостатки.

38. Водно-химические режимы барабанных котлов СД, ВД и СВД. Применяемые реагенты, механизм действия, нормируемые технологические показатели, преимущества и недостатки

39. Водно-химические режимы прямоточных котлов СКД. Применяемые реагенты, механизм действия, нормируемые технологические показатели, преимущества и недостатки

40. Безреагентный водно-химический режим. Область применения, механизм действия, нормируемые технологические показатели, преимущества и недостатки.

41. Факторы, влияющие на растворимость в теплоносителе продуктов коррозии конструкционных материалов. Особенности растворимости железистых соединений в теплоносителе. Изменение состава железистых соединений по конденсатно-питательному тракту ТЭС.

42. Образование комплексных соединений железа, меди, цинка и никеля. Особенности растворимости продуктов коррозии нержавеющих сталей.

43. Особенности организации водно-химического режима парогенераторов АЭС с реакторами типа РБМК и ВВЭР.

44. Водно-химические режимы реакторов типа ВВЭР и РБМК.

45. Гидразинно-аммиачный и гидразинный нитратный водно-химические режимы. Применяемые реагенты, механизм действия, нормируемые технологические показатели, преимущества и недостатки.

46. Нейтральные режимы с дозированием газообразного кислорода и перекиси водорода. Применяемые реагенты, механизм действия, нормируемые технологические показатели, преимущества и недостатки.