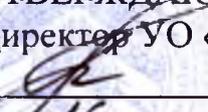


МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ  
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ «БЕЛЭНЕРГО»  
УО «МИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ»

УТВЕРЖДАЮ  
Директор УО «МГЭК»  
  
А.А. Новиков  
« 16 » 12 20 20 г.

**ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО  
ОБОРУДОВАНИЯ ТУРБИННОГО ОТДЕЛЕНИЯ ТЭС**

**Методические указания по выполнению домашней контрольной работы  
для учащихся заочной формы получения образования**

**2-43 01 04 «Тепловые электрические станции»**

(шифр и название специальности)

Разработал преподаватель

  
(подпись)

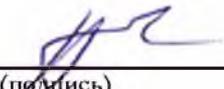
М.А. Захаркин  
(ФИО)

Рассмотрено и одобрено на заседании цикловой комиссии  
специальных теплотехнических дисциплин

(наименование цикловой комиссии)

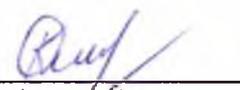
Протокол № 5 от 15.12.2020 г.

Председатель цикловой комиссии

  
(подпись)

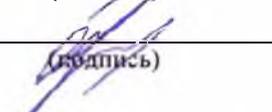
Ю.П. Плеско  
(ФИО)

Согласовано  
Методист колледжа

  
(подпись)

О.В. Какорина  
(ФИО)

Заведующий заочным отделением

  
(подпись)

А.А. Куцов  
(ФИО)

2020

## Содержание

1	Пояснительная записка	3
2	Краткое содержание программы	6
3	Общие требования по оформлению домашней контрольной работы	7
4	Методические рекомендации для выполнения домашней контрольной работы	9
5	Задания для домашних контрольных работ	25
6	Оценка результатов учебной деятельности при выполнении домашней контрольной работы	34
7	Литература	35

## 1 Пояснительная записка

Программа учебной дисциплины «Эксплуатация и ремонт теплоэнергетического оборудования турбинного отделения ТЭС» предусматривает изучение вопросов организации эксплуатации, режимов пуска и останова турбинных агрегатов, работу в установившихся режимах; организации ремонта основного и вспомогательного оборудования турбинного отделения ТЭС, а также технологию основных ремонтных работ.

Цели изучения учебной дисциплины «Эксплуатация и ремонт теплоэнергетического оборудования турбинного отделения ТЭС»:

### ***обучающая:***

– формирование знаний об организации эксплуатации турбинного оборудования, технологию пусковых операций, режимы работы паротурбинных установок;

– формирование знаний об организации ремонта оборудования турбинных цехов, планирование ремонта, технологию ремонта основного и вспомогательного оборудования турбоустановки

– формирование навыков и умений поиска неисправностей и устранения неполадок в работе турбинного оборудования;

– формирование представления об основах реконструкции и модернизации оборудования;

### ***воспитательная:***

– формирование стремления к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства;

– формирование убеждения социальной значимости своей будущей профессии;

### ***развивающая:***

– способствовать развитию умения выделять главное, обобщению и анализу восприятия информации, постановке целей и выбору путей их достижения;

- формировать компетенции по эксплуатации и ремонту теплоэнергетического оборудования турбинного отделения ТЭС;
- способствовать профессиональному и личностному развитию.

Программа дисциплины базируется на знаниях учащимися в области: «Турбинные установки ТЭС», «Котельные установки ТЭС», «Тепловые электрические станции», «Основы гидравлики и насосы», «Материаловедение», «Теплотехнические измерения», «Автоматизация тепловых процессов», «Охрана труда», «Трубопроводы ТЭС».

При изучении дисциплины необходимо знакомиться с новейшими достижениями отечественной и зарубежной науки и техники в области обслуживания, ремонта, реконструкции и модернизации турбинного оборудования.

Изучение пусков и остановов оборудования наиболее эффективно может проводиться с помощью тренажеров (компьютерных, электрических и электронных).

В результате изучения дисциплины учащиеся должны знать:

- организационные и технические требования, предъявляемые к эксплуатации паротурбинных установок согласно действующим «Правилам технической эксплуатации электрических станций и сетей», технологию пусковых операций, режимы работы паротурбинных установок, технологию поиска неисправностей и устранения неполадок в работе турбинного оборудования, правила техники безопасности и пожарной безопасности при обслуживании оборудования турбоустановки;
- порядок организации ремонта оборудования турбинных цехов, планирование ремонта, технологию ремонта основного и вспомогательного оборудования турбоустановки, приемку оборудования из ремонта и оценку его качества, основы реконструкции и модернизации оборудования, а также должны уметь пользоваться нормативной литературой, составлять документацию на ремонт оборудования.

В методических указаниях учебной дисциплины «Эксплуатация и ремонт теплоэнергетического оборудования турбинного отделения ТЭС» приведены примерные критерии оценки результатов учебной деятельности учащихся по дисциплине, разработанные на основе десятибалльной шкалы и показателей оценки результатов учебной деятельности, обучающихся в учреждениях, обеспечивающих получение среднего специального образования (постановление Министерства образования Республики Беларусь от 29 марта 2004 г. №17).

## **2 Краткое содержание программы**

Учебная дисциплина «Эксплуатация и ремонт теплоэнергетического оборудования турбинного отделения ТЭС» изучается в соответствии с учебным планом и программой в количестве 110 часов.

**Введение.** Цели и задачи дисциплины, ее характеристика и связь с другими специальными дисциплинами.

### **Раздел 1 Эксплуатация оборудования турбинного отделения.**

Тема 1.1 Пуск и останов паровых турбин.

Тема 1.2 Работа турбин в рабочем диапазоне нагрузок.

Тема 1.3 Эксплуатация конденсационного устройства системы регенерации, сетевой подогревательной установкой, насосного оборудования.

Тема 1.4 Эксплуатация масляной системы, системы регулирования и защиты паровых турбин.

### **Раздел 2 Ремонт турбинного оборудования**

Тема 2.1 Организация ремонтных работ.

Тема 2.2 Ремонт статорных частей цилиндра.

Тема 2.3 Ремонт роторов.

Тема 2.4 Восстановление зазоров между статором и ротором цилиндра.

Тема 2.5 Ремонт системы регулирования.

Тема 2.6 Ремонт подшипников.

Тема 2.7 Ремонт насосов.

Тема 2.8 Ремонт конденсаторов.

Тема 2.9 Ремонт регенеративных и сетевых подогревателей.

### **3 Общие требования по оформлению домашней контрольной работы**

В соответствии с требованиями ГОСТ 2.105-95 «ЕСКД. Требования к оформлению текстовых документов» оформление домашней контрольной работы должно осуществляться по следующим правилам: все части пояснительной записки следует излагать только на одном из государственных языков – белорусском или русском.

На лицевой части работы помещается наклейка установленного образца. В наклейке обязательно заполняются все графы, фамилия имя отчество пишется полностью.

***При выполнении контрольных работ необходимо руководствоваться следующими требованиями.***

1. Контрольные вопросы и условия задач контрольной работы обязательно переписываются по порядку, без сокращений. На каждый переписанный вопрос сразу же дается краткий и исчерпывающий ответ.

2. В ответах на контрольные вопросы и при решении задач необходимо придерживаться терминов и значений, принятых в указанной литературе.

3. В тетради необходимо нумеровать страницы, оставлять поля для замечаний рецензента, а в конце работы 1,2 страницы для рецензии.

4. Решение задач следует пояснять кратким описанием.

5. Обязательно указывать перечень литературы, использованной при выполнении контрольной работы.

6. В конце контрольной работы учащийся должен поставить дату выполнения и личную подпись.

Домашняя контрольная работа может быть выполнена рукописно в отдельной тетради «в клеточку» с пронумерованными страницами и отведенными полями шириной 30 мм. Возможно выполнение работы на компьютере и отпечатанный текст на белой бумаге формата А4 с одной стороны листа. Оформление работы должно быть единообразным, с соблюдением следующих типографических требований:

– поля: левое – 30 мм, правое – 15 мм, верхнее – 20 мм, нижнее – 20 мм;

– шрифт текста размером 14 пт., гарнитурой Times New Roman;

– шрифт заголовков (все прописные), подзаголовков 16 пт., гарнитурой Times New Roman;

– межстрочный интервал – полуторный;

– отступ красной строки – 1,25;

– номера разделов, подразделов, пунктов и подпунктов следует выделять полужирным шрифтом;

– разрешается использовать компьютерные возможности акцентирования внимания на определённых терминах, формулах, теоремах, применяя шрифты разной гарнитуры;

– выравнивание текста – по ширине, перенос слов не допускается.

При делении вопроса на пункты и подпункты необходимо, чтобы каждый пункт содержал законченную информацию.

Вопросы должны иметь порядковые номера в пределах всего документа, обозначенные арабскими цифрами без точки. Наименование вопросов следует располагать по центру строки без точки в конце, прописными буквами жирным начертанием, отделяя от текста одной пустой строкой. После получения прорецензированной работы учащийся должен исправить в ней все ошибки и недочеты. И повторно сдать домашнюю контрольную работу на заочное отделение.

## **4 Методические указания по выполнению домашней контрольной работы**

### **Введение**

Организация эксплуатации оборудования КТЦ.

Значение предмета, его связь с другими специальными предметами. Задачи обслуживания. Требования к эксплуатационному персоналу. Права, обязанности и ответственность обслуживающего персонала котлотурбинных цехов. Инструкции по эксплуатации оборудования. Подготовка эксплуатационного персонала.

Деревья оценки технологической ситуации (ДОС).

Противоаварийные тренировки. Организация рабочего места и связи рабочих мест. Блочный щит управления. Оперативная техническая документация, контроль и отчетность, соблюдение природоохранных требований.

### **Методические указания.**

При изучении темы обратить особое внимание на права и обязанности эксплуатационного персонала; на содержание и порядок пересмотра местной инструкции по эксплуатации оборудования. Разобраться, как и для чего составляется ДОС.

### ***Вопросы для самопроверки:***

1. Какие требования к эксплуатации турбинного оборудования?
2. Какие обязанности административно-технического персонала?
3. Какие задачи дежурного (оперативного) персонала?
4. Какие обязанности ремонтного персонала?
5. Какие мероприятия включает в себя система подготовки персонала?
6. Что такое ДОС? Принцип построение ДОС?

6. Какие цели преследует проведение противоаварийных и противопожарных тренировок?

## **Раздел 1 Эксплуатация оборудования турбинного отделения.**

### **Тема 1.1. Пуск и останов паровых турбин.**

Подготовка оборудования к пуску. Условия прогрева турбины при пуске. Теплонапряженное состояние элементов турбины при пуске. Изменения зазоров в турбине при пуске. Пуск турбины на неблочной ТЭС.

Пусковые схемы блочных установок. Особенности блочного пуска. Блочный пуск турбины с барабанным котлом, с прямоточным котлом. Особенности пуска турбин с противодавлением, с регулируемыми отборами пара.

Пуск турбины из неостывшего и горячего состояния. Виды остановов энергетического оборудования. Основные принципы организации режимов останова котлов и турбин. Особенности останова турбин с расхолаживанием. Остановочно-пусковые режимы турбин. Аварийные случаи останова турбины и энергоблока. Правила технической эксплуатации (ПТЭ) при пуске и останове энергоблока.

### **Практические занятия.**

1. Изучение сетевого графика пуска блока. Работа с инструкциями по пуску, останову и обслуживанию котлов, турбин и энергоблоков.

2. Изучение пусковых режимов турбин и блоков на тренажерах и стендах.

### **Методические указания.**

Обратить внимание на различные способы пуска блоков в зависимости от типа котла, схемы электростанции и исходного теплового состояния оборудования.

Обратить внимание на различные способы аварийного останова; знать в каких случаях производится аварийный останов турбины со срывом вакуума; без срыва вакуума и останов с расхолаживанием. Необходимо понимать, какой останов для турбины безопаснее и почему.

Литература: [2], стр. 5-20.

***Вопросы для самопроверки:***

1. Какие этапы подготовки к пуску?
2. Что такое толчок ротора? Процесс увеличения частоты вращения?
3. Какие неполадки и дефекты, препятствующие пуску?
4. В чем особенность пуска турбины с противодавлением?
5. Как происходит пуск турбины с регулируемыми отборами?
6. В чем особенность пуска турбины из горячего и неостывшего состояния, от пуска из холодного состояния?
7. Какие особенности пуска блочных установок?
8. Какие виды остановов турбины?

**Тема 1.2. Работа турбин в рабочем диапазоне нагрузок.**

Задачи обслуживающего персонала при обслуживании работающей турбины. Рациональное распределение нагрузок между работающими турбоагрегатами.

Максимальная и минимальная нагрузка паровых турбин. Работа блоков на скользящем начальном давлении пара (СНД). Влияние изменения параметров пара на работу турбины. Занос проточной части турбины солями.

Промывка турбин. Вибрационное состояние паротурбинного агрегата.

Правила технической эксплуатации (ПТЭ) при эксплуатации турбины.

**Практическое занятие.**

1. Составление ДОС (дерева оценки технологической ситуации).

Корень ситуации:

- 1.1 солевой занос проточной части турбины;
- 1.2 повышенная вибрация турбины.

### **Методические указания.**

Обратить внимание на то, какие показатели работы турбины необходимо контролировать для обеспечения безопасности работы оборудования, а какие – для обеспечения экономичности.

Работа турбин на скользящем начальном давлении пара (СНД) имеет преимущества при нагрузке турбины до 75 %, так как при больших нагрузках снижается быстродействие регулирования, поэтому чаще применяют комбинированную схему работы.

Необходимо разобраться в способах контроля солевого заноса проточной части турбины, в причинах и последствиях солевого заноса, а также в причинах и последствиях повышенной вибрации турбины.

Литература: [2], стр. 20-39.

### ***Вопросы для самопроверки:***

1. Какие основные показатели контролируются при обслуживании турбины?
2. Какое влияние оказывает нестационарный режим работы турбины на её надёжность и экономичность?
3. Какие виды парораспределения бывают?
4. В чем особенность работы турбины на СНД? Какие преимущества работы на СНД?
5. Для чего применяется и на каких турбинах режим ухудшенного вакуума?
6. Назовите основные методы прохождения минимальных и пиковых нагрузок энергосистемы?
7. Как влияет изменение начальных параметров (начальная температура, начальное давление, конечное давление) на работу турбины?

8. Что такое вибрация турбоагрегата? Виды вибраций?

9. В чем опасность солевого заноса проточной части турбины? Причины солевого заноса проточной части турбины? Методы борьбы с солевым заносом?

### **Тема 1.3. Эксплуатация конденсационного устройства системы регенерации, сетевой подогревательной установки, насосного оборудования.**

Контроль работы конденсационного устройства. Воздушная плотность. Неполадки в работе паровых и водоструйных эжекторов. Определение мест присосов в вакуумную систему турбины.

Переохлаждение конденсата и насыщение его кислородом. Гидравлическая плотность конденсатора и меры по ее улучшению. Загрязнение конденсатора и способы его очистки. Причины ухудшения вакуума и способы их устранения. Предотвращение загрязнения водоемов и водотоков.

Пуск, останов и контроль работы системы регенеративного подогрева питательной воды, сетевой подогревательной установки. Неполадки и отказы в работе регенеративных подогревателей поверхностного типа, способы их устранения. Неисправности в работе подогревателей смешивающего типа, система регенерации, деаэраторов вакуумного типа, повышенного давления, способы устранения неисправностей. Пуск обслуживание и останов питательных насосов.

Пуск, обслуживание и останов насосов технического водоснабжения. Неполадки циркуляционных насосов, их причины и способы их устранения. Аварийные режимы конденсатных и циркуляционных насосов.

#### **Практические занятия.**

1. Составление ДОС (дерева оценки технологической ситуации) при определении причин неполадок:

- конденсационной установки;
- регенеративных подогревателей;
- деаэраторов;
- питательных, конденсатных и циркуляционных насосов.

### **Методические указания.**

При изучении работы конденсатора обратить внимание на возможные места присосов воздуха и циркуляционной воды. Понимать какое влияние присосы и загрязнения конденсатора оказывают на работу турбины. Особое внимание обратить на способы профилактики загрязнений конденсатора.

При изучении эксплуатации регенеративных подогревателей обратить внимание, когда включают ПВД и ПНД и почему при включении подогревателей по пару с начала пуска, пуск турбины может оказаться невозможным.

Обратить внимание на неисправности деаэраторов, от чего они зависят. Знать особенности работы и конструкции питательных насосов.

Литература: [2], стр. 50-62.

### ***Вопросы для самопроверки:***

1. Какие величины измеряют для контроля работы конденсатора?
2. К чему приводят присосы воздуха в вакуумную систему?
3. Способы определения плотности вакуумной системы?
4. Какие причины ухудшения вакуума?
5. Какие способы очистки конденсатора от загрязнений?
6. Опишите процесс пуска, эксплуатации и останова регенеративных и сетевых подогревателей. Какие неисправности могут возникнуть у регенеративных и сетевых подогревателей?
7. Опишите процесс пуска, эксплуатации и останова деаэратора. Какие неисправности могут возникнуть у деаэратора?

8. Опишите процесс пуска, эксплуатации и останова питательного насоса. Какие неполадки могут возникнуть у питательного насоса?

#### **Тема 1.4. Эксплуатация масляной системы, системы регулирования и защиты паровых турбин.**

Основные задачи обслуживания маслосистем паровых турбин. Контроль работы маслосистемы. Причины ухудшения свойств турбинных масел.

Предупреждение выбросов турбинных масел в водоемы. Нарушение в системе смазки паровых турбин и способы их устранения. Неисправности систем регулирования и их причины. Испытания систем регулирования с целью определения ее статической характеристики. Требования к системе регулирования.

Проверка и настройка системы защиты от недопустимого повышения частоты вращения и плотности парозапорных и парораспределительных органов. Испытание систем регулирования при мгновенных сбросах нагрузки.

#### **Практические занятия.**

Использование ДОС (дерева оценки ситуации) для определения мест неполадок маслосистемы.

#### **Методические указания.**

Обратить внимание на неисправности маслосистемы и их влияние на работу турбины. Знать требования к системе регулирования и их неисправности. Разобраться с динамической характеристикой системы регулирования.

Литература: [2], стр. 39-50.

### ***Вопросы для самопроверки:***

1. Какие условия работы турбинного масла? Какие признаки старения масла?
2. Какие методы регенерации масла?
3. На какие виды делятся характеристики системы регулирования?
4. Какие наиболее типичные неисправности системы регулирования?
5. Что входит в систему защиты турбины от недопустимого повышения частоты вращения?

## **Раздел 2. Ремонт турбинного отделения.**

### **Тема 2.1. Организация ремонтных работ.**

Объем типовых ремонтных работ при капитальном ремонте оборудования энергоблоков. Планирование ремонтов. Подготовка к капитальным и средним ремонтам оборудования энергоблоков. Порядок вывода энергетического оборудования в ремонт.

Проведение ремонта оборудования энергоблоков. Приемка оборудования из ремонта. Оценка качества ремонта. Организационно-техническая и отчетная документация для ремонта оборудования: подготовительная, оперативная, заключительная, отчетная.

Ремонтно-наладочные организации Белорусской энергосистемы, структура ремонтного обслуживания.

### **Методические указания.**

Обратить внимание на разные объемы работ при капитальном, среднем и текущем ремонте, а также на периодичность капитальных ремонтов.

Обратить внимание на документацию, оформляемую до вывода турбоагрегата в ремонт.

Обратить внимание на состав комиссии по приемке оборудования из капитального ремонта и на документацию, оформляемую после ремонта.

Оценка качества ремонта выставляется предварительная и окончательная (кем и когда?).

Литература [7], стр. 31-54.

***Вопросы для самопроверки:***

1. Какие существуют виды ремонтов? Их назначение?
2. Что такое система планирование и управление ремонтом? Что оно в себя включает?
3. Основные правила построения сетевого графика?
4. Какие этапы включают в себя вывод турбины в ремонт?
5. Какие основные методы контроля металла применяются при ремонте турбинного оборудования?

**Тема 2.2. Ремонт статорных частей цилиндра.**

Вскрытие цилиндров. Дефектация корпусов. Устранение дефектов корпусов. Ремонтные работы при короблении корпусов. Обеспечение плотности разъемов корпусов.

Разборка, осмотр и проверка диафрагм и уплотнений. Устранение неисправностей. Требования по охране труда (ОТ) при ремонте статора турбины.

**Практическое занятие.**

1. Расчеты при затяжке разъема корпуса цилиндра паровой турбины.

**Методические указания.**

Знать современные способы дефектации (УЗД, МПД, спектральный анализ).

В энергосистеме имеются лаборатории металлов, осуществляющие контроль состояния металла. Необходимо знать способы контроля и сроки проверки состояния металла турбин.

Обратить внимание на основные дефекты корпусов и фланцевых соединений и причины нарушения плотности фланцевых соединений.

Обратить внимание на способы перемещения уплотнений для восстановления зазоров в проточной части турбины и на замену гребней.

Литература: [2] стр. 81-98, [7] стр. 77-99.

***Вопросы для самопроверки:***

1. Как происходит процесс вскрытия цилиндров турбины?
2. Какие наиболее типичные повреждения корпусов ЦВД и ЦСД?
3. Опишите процесс ремонта фланцевых соединений цилиндров турбины.
4. Как происходит ремонт покоробленных корпусов цилиндров турбины?

**Тема 2.3. Ремонт роторов.**

Выемка и укладка ротора. Контроль технического состояния ротора. Перелопачивание. Вибрационная отстройка лопаток. Правка вала. Балансировка ротора.

Центровка валопровода. Маятниковая проверка. Центровка статора турбины относительно ротора. Требования по охране труда при ремонте ротора турбины.

**Практическое занятие.**

Расчет центровки валопровода по полумуфтам многоцилиндровой турбины.

### **Методические указания.**

При изучении вопроса: «Перелопачивание роторов» обратить внимание на способы определения соответствия вновь устанавливаемых лопаток старым и на контроль правильности установки. Необходимо знать виды центровки и какие из них применяются при капитальном ремонте, а какие при монтаже турбины. Понимать причины расцентровки турбины во время эксплуатации и во время работы по сравнению с нерабочим состоянием. Знать способы перемещения роторов при расцентровке.

При изучении вопроса: «Требования по охране труда(ОТ) при ремонте турбины» необходимо изучить требования по ОТ при оборудовании ремонтной площадки, а также при работе с конкретным инструментом, применяемым при ремонтных работах:

- Требование по ОТ при работе со слесарным инструментом;
- Требование по ОТ при работе с пневмоинструментом;
- Требование по ОТ при сварочных работах;
- Требование по ОТ при такелажных работах.

Литература: [2] стр. 105-134, [7] стр. 99-130.

### ***Вопросы для самопроверки:***

1. Как происходит процесс выемки ротора из цилиндра?
2. Какие дефекты роторов чаще всего встречаются?
3. Как происходит контроль технического состояния металла ротора?
4. Какие способы правки валов ротора существуют? В чем заключается суть способа?
5. Что такое перелопачивание ротора?
6. Что такое вибрационная отстройка лопаток? Как определяют частоту собственных колебаний лопаток?
7. Какие виды балансировки ротора существуют? В чем их суть?
8. Какие виды центровки ротора существуют? В чем их суть?

## **Тема 2.4. Восстановление зазоров между статором и ротором цилиндра.**

Проверка зазоров в проточной части и уплотнениях. Восстановление радиальных зазоров в концевых и диафрагменных уплотнениях, в надбандажных уплотнениях. Определение парового разбега ротора.

Уменьшение входных осевых зазоров ступеней. Увеличение входных осевых зазоров ступеней.

### **Практическое занятия**

Расчеты при восстановлении зазоров диафрагменных уплотнений методом фрезерования заплечников. Расчеты при восстановлении зазоров надбандажных уплотнений после их замены

### **Методические указания.**

Обратить внимание на способы проверки зазоров в проточной части турбины и на расчет величины зазоров. Разобраться для чего делают замеры перед ремонтом и после ремонта. Знать способы перемещения диафрагм, обойм, уплотнений.

Литература: [2], стр. 130-141.

### ***Вопросы для самопроверки:***

1. Как происходит проверка зазоров в проточной части и уплотнениях?
2. Как происходит восстановление зазоров в уплотнениях, осевых зазоров, зазоров в ступенях между дифрагмами и дисками?
3. Что такое паровой разбег ротора и как он определяется?

## **Тема 2.5. Ремонт системы регулирования и маслоснабжения.**

Проверка состояния датчиков-регуляторов скорости и автоматов безопасности. Проверка состояния сервомоторов. Проверка плотности

стопорных и регулирующих клапанов, замер холостого хода штока, проверка состояния пружин.

Проверка плотности и работоспособности маслосистемы турбины.

### **Методические указания.**

При изучении темы обратить внимание на неисправности элементов системы регулирования, причины их возникновения и способы устранения.

При изучении ремонта маслосистемы нужно знать, что применяются два способа очистки: 1. Полная разборка и очистка; 2. Гидродинамический способ – без разборки. Необходимо также разобраться с ремонтом маслонасоса.

Литература: [2] стр. 141-147, [7] стр. 204-221.

### ***Вопросы для самопроверки:***

1. Какие неполадки чаще всего возникают в работе элементов регулирования? Как происходит ремонт этих элементов?
2. Как производится очистка маслосистемы?
3. Как производится ремонт маслоохладителей?

### **Тема 2.6. Ремонт подшипников.**

Ремонт опор с подшипниками качения. Повреждения подшипников, их причины и способы устранения. Контроль качества подшипника при разборке механизма. Ремонт подшипников скольжения. Операции при разборке и сборке. Возможные дефекты, методы контроля, способы устранения дефектов. Требования к отремонтированному подшипнику. Замена баббита вкладышей. Требования по охране труда при замене баббита вкладышей.

Центровка вращающихся механизмов. Техника безопасности при ремонте вращающихся механизмов энергоблоков.

### **Практическое занятие.**

Расчет необходимого количества баббита при перезаливке вкладыша подшипника скольжения.

### **Методические указания.**

Особое внимание обратить на ремонт подшипников скольжения, так как в турбинах применяются только такие подшипники. Нужно знать неисправности их, способы замера зазоров во вкладыше подшипника и натяга подшипника в корпусе. Необходимо знать, как восстановить зазоры, как производится перезаливка баббита и ремонт.

Литература: [2] стр. 98-105, [7] стр. 178-190.

### ***Вопросы для самопроверки:***

1. Какие часто встречающиеся причины неисправности подшипников?
2. Как обеспечивается надёжная работа подшипников?
3. Как происходит ремонт колодок упорного подшипника?
4. Как происходит ремонт баббитовой заливки вкладышей?

### **Тема 2.7 Ремонт насосов.**

Ремонт насосов секционного типа. Разборка насоса. Проверка технического состояния. Требования к состоянию рабочих колес, деталей корпуса. Сборка насоса.

Ремонт лопастных осевых вертикальных насосов. Порядок разборки насоса. Проверка технического состояния. Требования к состоянию рабочих колес. Сборка насоса. Ремонт уплотнений валов насосов.

### **Методические указания.**

При изучении этой темы обратить внимание, какие типы насосов применяются в качестве питательных, конденсатных, маслонасосов и др. В

чем особенность работы насосов в зависимости от их назначения и какие неисправности возникают в связи с особенностями их эксплуатации.

Литература: [2] стр. 158-165.

***Вопросы для самопроверки:***

1. Какие обязательные проверки проводятся в процессе демонтажа насоса?
2. Как происходит разборка деталей насоса? Что при этом проверяется?
3. Какие наиболее часто встречающиеся дефекты рабочего колеса?
4. Какие причины быстрого износа сальниковой набивки и выход из строя сальниковых уплотнений?

**Тема 2.8. Ремонт конденсаторов.**

Замена поврежденных трубок. Выявление неплотностей конденсатора и вакуумной системы. Гидравлические испытания. Ремонт эжекторов.

**Практическое занятие.**

Определения степени вальцевания трубок конденсатора.

**Методические указания.**

Обратить внимание на неисправности работы конденсатора и их причины. Знать способы определения воздушной и гидравлической плотности конденсатора: способы опрессовки конденсатора.

Литература: [2] стр. 147-151.

***Вопросы для самопроверки:***

1. Какие основные неисправности в конденсаторе? Как проверяется плотность гидравлической системы и парового пространства?
2. Как происходит процесс замены трубок в конденсаторе? Что такое вальцовка?

3. Как происходит гидравлическое испытание?

4. Как происходит ремонт эжекторов?

### **Тема 2.9. Ремонт регенеративных и сетевых подогревателей.**

Ремонт подогревателей системы регенерации. Вскрытие подогревателей. Проверка состояния трубной системы. Замена трубок. Сборка. Особенности ремонта ПНД смешивающего типа и деаэраторов.

Техника безопасности при работе в сосудах. Гидравлические испытания. Требования Госпромнадзора РБ к ремонту теплообменников.

#### **Методические указания.**

Обратить внимание на разницу в ремонте ПВД, ПНД и сетевых подогревателей, связанных с их конструкцией.

Литература: [2] стр. 151-158.

#### ***Вопросы для самопроверки:***

1. Как происходит ремонт ПНД? Как производится замена трубок? Как происходит опрессовка ПНД?

2. Как происходит ремонт ПВД? Как происходит замена змеевиков и ремонт коллекторной системы? Как происходит опрессовка ПВД?

3. Как происходит ремонт сетевых подогревателей? Как производится замена трубок? Как происходит опрессовка сетевых подогревателей?

4. В чем особенность ремонта ПНД смешивающего типа и деаэраторов? Как происходит гидравлические испытания?

## **5 Задания для домашних контрольных работ**

К выполнению заданий следует приступать после изучения соответствующих разделов учебной дисциплины. Каждое контрольное задание состоит из вопросов и задач.

Каждый учащийся выполняет вариант контрольной работы, соответствующий порядковому номеру учащегося в списке по журналу.

### **Вариант 1**

1. Ответственность обслуживающего персонала электростанции?
2. Особенности пуска блока с прямоточным котлом.
3. Перелопачивание роторов турбин.
4. Виды центровки валопроводов турбин.
5. Объемы и последовательность операций при ремонте.

### **Вариант 2**

1. Влияние на прочность и экономичность работы турбины изменение начальной температуры.
2. Осуществление контроля вибрационного состояния турбоагрегата.
3. Очистка маслосистемы гидродинамическим способом.
4. Балансировка ротора турбины на балансировочном станке.
5. Метод магнитно-порошковой дефектоскопии, применяемый при ремонтах турбины.

### **Вариант 3**

1. Составление местной инструкции по обслуживанию турбины?
2. Нормальный останов турбин неблочного типа. Параметры, за которыми нужно следить при разгрузке.
3. Приемка оборудования из ремонта. Отчетная документация.
4. Проверка состояния подшипников турбины.

5. Метод ультразвуковой дефектоскопии, применяемый при ремонтах турбины.

#### **Вариант 4**

1. Влияния на прочность и экономичность работы турбины изменение конечного давления.
2. Последствия вибрации турбоагрегата. Условия, при котором вибрационное состояние турбоагрегата считается неудовлетворительным.
3. Планирование и организация ремонта.
4. Центровка статора турбины.
5. Метод контроля вихревыми токами (вихретоковый метод), применяемый при ремонтах турбины.

#### **Вариант 5**

1. Цели проведения противоаварийных тренировок. Тематика тренировок.
2. Плановый останов блоков с барабанными котлами. Параметры, за которыми нужно следить при разгрузке.
3. Ремонт деаэраторов.
4. Документация для ремонта: подготовительная, оперативная, расчетная.
5. Характерные дефекты цилиндров и причины их появления.

#### **Вариант 6**

1. Применение и влияние на работу турбины режим ухудшенного вакуума?
2. Рациональное распределение нагрузок между параллельно работающими турбоагрегатами.
3. Объяснить расцентровку турбины в рабочем состоянии по сравнению с нерабочим.
4. Ремонт насосов секционного типа.
5. Характерные дефекты диафрагм и обойм и причины их появления.

### **Вариант 7**

1. Общие правила пуска турбин из холодного состояния.
2. Плановый останов блока с прямоточным котлом?
3. Вскрытие цилиндров турбин. Дефектация корпусов.
4. Восстановление осевых зазоров в проточной части турбины.
5. Характерные дефекты уплотнений и причины их появления.

### **Вариант 8**

1. Применение и влияние на работу турбины частичное отключение регенерации.
2. Причины солевого заноса проточной части турбины.
3. Устранение дефектов корпусов турбин.
4. Восстановление зазоров в уплотнениях турбин.
5. Характерные дефекты опорных подшипников и причины их появления.

### **Вариант 9**

1. Особенности пуска турбин с противодавлением.
2. Аварийный останов турбин со срывом вакуума?
3. Ремонт гидравлической части конденсатора.
4. Ремонт фланцев турбины. Обеспечение плотности разъема корпуса.
5. Характерные дефекты упорной части подшипников и причины их появления.

### **Вариант 10**

1. Режим глубокой разгрузки оборудования.
2. Последствия солевого заноса проточной части турбины.
3. Изменение входных осевых зазоров ступеней.
4. Ремонт вакуумной системы турбины.
5. Проверка осевого разбега ротора.

### **Вариант 11**

1. Особенности пуска турбин с регулируемыми отборами пара.
2. Аварийный останов турбин без срыва вакуума.
3. Контроль технического состояния роторов турбин.
4. Маятниковая проверка роторов турбин.
5. Характерные дефекты роторов и причины их появления.

### **Вариант 12**

1. Режим горячего вращающегося резерва.
2. Контроль солевого заноса турбины.
3. Проверка плотности маслосистемы турбины. Очистка маслосистемы способом разборки.
4. Ремонт осевых вертикальных насосов.
5. Характерные повреждения рабочих лопаток и причины их появления.

### **Вариант 13**

1. Пуск турбин из неостывшего и горячего состояний.
2. Способы очистки проточной части турбины от солей.
3. Ремонт ПНД.
4. Ремонт регуляторов скорости.
5. Характерные дефекты муфт и причины их появления.

### **Вариант 14**

1. Процесс остывания турбины.
2. Остановочно-пусковой режим прохождения спадов нагрузки в энергосистеме.
3. Проверка и ремонт диафрагм турбин.
4. Ремонт корпуса и трубной системы ПВД.
5. Центровка турбин: цель, этапы.

### **Вариант 15**

1. Особенности пуска блочных установок.
2. Параметры, которые нужно контролировать для обеспечения безопасной работы оборудования турбоустановки?
3. Проверка и ремонт уплотнений турбины.
4. Ремонт автоматов безопасности.
5. Основные причины нарушения нормальной работы системы тепловых расширений.

### **Вариант 16**

1. Моторный режим турбогенератора.
2. Параметры, которые нужно контролировать для экономичной работы турбоустановки?
3. Ремонт пароструйных эжекторов.
4. Определение парового разбега ротора турбины.
5. Основные причины возникновения вибрации.

### **Вариант 17**

1. Пуск блока с барабанным котлом при полном давлении пара за котлом.
2. Работа турбин на скользящем начальном давлении.
3. Восстановление зазоров в проточной части турбины.
4. Оценка качества ремонта. Отчетная документация.
5. Дисбаланс ротора: причины, определение.

### **Вариант 18**

1. Пуск блока с барабанным котлом на скользящих параметрах пара.
2. Влияние на прочность и экономичность работы турбины изменение начального давления.
3. Ремонт сетевых подогревателей.
4. Балансировка тяжелых роторов.

5. Прогиб ротора: причины, определение.

### **Вариант 19**

1. Моторный режим работы турбины.
2. Назвать и объяснить причины вибрации турбоагрегата.
3. Статическая балансировка, как и для чего она применяется.
4. Вибрационная отстройка лопаток.
5. Задевания в проточной части турбины: определение, признаки.

### **Вариант 20**

1. Последствия повышенной вибрации турбоагрегата.
2. Контроль за работой конденсатора.
3. Контрольная сборка и закрытие цилиндра турбины после ремонта.
4. Система сетевого планирования ремонта.
5. Основные документы, используемые в процессе подготовки и проведения ремонта оборудования.

### **Вариант 21**

1. Подготовка турбины к пуску.
2. Пуск конденсационной установки.
3. Разборка и сборка системы регулирования турбины.
4. Организация ремонтного обслуживания оборудования Белорусской энергосистемы.
5. Инструмент, применяемый при ремонтных работах.

### **Вариант 22**

1. Биологические загрязнения конденсаторов, способы очистки и профилактики.
2. Испытания системы регулирования при мгновенном сбросе нагрузки.  
Динамическая характеристика системы регулирования

3. Вибрационные исследования турбоагрегата.
4. Проверка коленчатости валопровода турбины.
5. Вскрытие цилиндров.

### **Вариант 23**

1. Аварийные режимы работы конденсатных и циркуляционных насосов.
2. Безреагентные способы очистки конденсаторов турбин.
3. Построение статической характеристики системы регулирования.
4. Показатели оценки надежности металла деталей турбин.
5. Перезаливка баббита вкладышей опорных подшипников и колодок упорных подшипников.

### **Вариант 24**

1. Солевые загрязнения конденсаторов, способы очистки и профилактики.
2. Неполадки циркуляционных насосов.
3. Дефекты работы системы регулирования.
4. Контроль состояния металла корпусных деталей турбин
5. Напыление расточек вкладышей подшипников.

### **Вариант 25**

1. Механические загрязнения конденсаторов, способы очистки и профилактики.
2. Схема включения пароструйного эжектора.
3. Контроль состояния металла деталей роторов турбин.
4. Испытания для оценки работы регулирования.
5. Проверка боев роторов.

### **Вариант 26**

1. Неполадки в работе деаэраторов и способы их устранения.
2. Настройка системы регулирования.

3. Ремонт маслоохладителей.
4. Вывод турбины в ремонт. Подготовительная документация.
5. Переоблопачивание рабочего колеса ротора турбины.

### **Вариант 27**

1. Способы очистки конденсаторов.
2. Пуск, останов и контроль за работой регенеративных подогревателей.
3. Проверка турбины до останова в ремонт.
4. Исправление дефектов корпусов турбин методом холодной заварки.
5. Особенности снятия и посадки полумуфт роторов турбины.

### **Вариант 28**

1. Причины и признаки старения турбинного масла.
2. Причины переохлаждения конденсата в конденсаторе и насыщения его кислородом.
3. Проверка плотности стопорного и регулирующего клапанов.
4. Ремонтные работы при короблении корпусов турбин.
5. Особенности ремонта пружинных муфт роторов турбины.

### **Вариант 29**

1. Неполадки в работе регенеративных подогревателей поверхностного типа и способы их устранения.
2. Пуск и останов питательного насоса.
3. Ремонт регулирующих клапанов турбин.
4. Обеспечение плотности разъема корпуса турбины.
5. Проведение замеров центровки роторов по полумуфтам.

### **Вариант 30**

1. Подготовка эксплуатационного персонала.

2. Останов конденсационной установки.
3. Определение перемещений деталей статора цилиндра при затяжке разъема корпуса турбины.
4. Проверка работы предохранительных и обратных клапанов регулируемых отборов.
5. Особенности центровки двух роторов, имеющих три опорных подшипника.

### **Вариант 31**

1. Задачи обслуживающего персонала. Требования к персоналу.
2. Пуск и останов деаэраторов.
3. Промывка проточной части турбины.
4. Проверка работы турбины при максимальной электрической и тепловой нагрузках.
5. Способы нормализации тепловых расширений турбины.

### **Вариант 32**

1. Неполадки конденсатора. Способы профилактики загрязнений конденсатора.
2. Способы регенерации турбинного масла.
3. Оценка состояния проточной части турбины перед ремонтом.
4. Снятие характеристик парораспределения.
5. Основные операции по нормализации тепловых расширений, выполняемые во время ремонта турбины.

## **6 Оценка результатов учебной деятельности при выполнении домашней контрольной работы**

По результатам выполненной домашней контрольной работы выставляется отметка «зачтено». Отметка «не зачтено» выставляется, если в контрольной работе не раскрыты теоретические вопросы, задания, или ответы на них полностью переписаны из учебной литературы, без адаптации к конкретному заданию, если имеются грубые ошибки в решении задач, выполнении графического задания.

Результат выполнения домашней контрольной работы	Оценка результатов учебной деятельности
Работа выполнена не в полном объеме или не соответствует заданию и т.д. Допущены существенные ошибки, такие как не раскрыты теоретические вопросы (основные понятия, формулировки, отсутствует описание или объяснение схем; неполное описание классификации агрегатов и т. д.), если имеются грубые ошибки в решении задач (неверно или неполно произведен расчет, имеются ошибки в расчетных зависимостях, неверно указано значение из справочной литературы).	Не зачтено
Работа выполнена в полном объеме и соответствует заданию и т.д. Допущены несущественные ошибки, не искажающие сути вопроса, такие как нарушена логическая последовательность изложения ответа и (или) если ответы даны на все вопросы задания и в каждом ответе изложено не менее 75% материала от необходимого по данному вопросу.	Зачтено

## 7 ЛИТЕРАТУРА

### **Основная:**

1. Бродов Ю.М., Родин В.Н. «Ремонт паровых турбин». Учебное пособие, Екатеринбург, ГОУ УГТУ – УПИ, 2002
2. Жгулев. Г.В. «Пуск и наладка энергоблоков», Москва, «Энергия», 1978.
3. Капелович Б.Э., Логинов И.Г. «Эксплуатация и ремонт паротурбинных установок», Москва, «Энергоатомиздат», 1988.
4. Капелович Б.Э. «Эксплуатация паротурбинных установок», Москва, «Энергоатомиздат», 1985.
5. Молочек В.А. «Ремонт паровых турбин», Москва, «Энергия», 1968.
6. Чачко А.Г. «Подготовка операторов энергоблоков», Москва, «Энергоатомиздат», 1986.
7. Энгель-Крон И.В. «Устройство и ремонт оборудования турбинных цехов тепловых электростанций», Москва, «Высшая школа», 1985.
8. Энгель-Крон И.В. «Ремонт паровых турбин», Москва, «Высшая школа», 1981.

### **Нормативные правовые акты:**

1. СТП 33240.20.501-19 «Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Республики Беларусь», Второе издание, 2019