

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ЗУГРЭССКИЙ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ (ФИЛИАЛ)  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

## МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

для выполнения контрольной работы  
студентов заочной формы обучения

МДК 02.01 Техническое обслуживание турбинного оборудования на ТЭС

Раздел 2.2 Трубопроводы ТЭС

Специальность 13.02.01 Тепловые электрические станции

Методические рекомендации для выполнения контрольной работы студентов заочной формы обучения по МДК 02.01 Техническое обслуживание турбинного оборудования на ТЭС Раздел 2.2 Трубопроводы ТЭС

Разработчик:

Теряева Е.А. – преподаватель специальных дисциплин ЗЭТК ДонНТУ.

Представлены темы программы учебной дисциплины, задания, контрольные вопросы и литература к темам, которые вынесены на контрольную работу.

Для студентов ЗЭТК ДонНТУ заочной формы обучения специальности 13.02.01 Тепловые электрические станции

Рассмотрено и утверждено на заседании цикловой комиссии специальных дисциплин

## СОДЕРЖАНИЕ

Аннотация .....	3
Введение .....	4
Критерии оценивания контрольной работы .....	5
1 Программа дисциплины .....	6
2 Задания для контрольной работы .....	7
3 Примеры решения задач.....	11
4 Вопросы к дифференцированному зачету .....	14
Перечень рекомендуемой литературы .....	16

## АННОТАЦИЯ

Методические рекомендации для выполнения контрольной работы студентов заочной формы обучения по МДК 02.01 Техническое обслуживание турбинного оборудования на ТЭС Раздел 2.2 Трубопроводы ТЭС составлены на основе рабочей программы учебной дисциплины для студентов специальности 13.02.01 Тепловые электрические станции

Методические рекомендации состоят из введения, программы дисциплины, заданий для выполнения контрольной работы, примера решения задач, вопросов для дифференцированного зачета, литературы.

Задания по контрольной работе охватывают все разделы учебной дисциплины.

Контрольная работа обязательна для выполнения и предназначена для определения уровня знаний студентов по данной дисциплине.

## ВВЕДЕНИЕ

Значение дисциплины «Трубопроводы ТЭС» заключается в том, что она формирует знания о важнейших элементах современных тепловых электрических станций. К ним относятся трубопроводы различных диаметров и конфигураций, предназначенные для транспортировки водяного пара, воды, масла, газа, воздуха, мазута и других сред.

Трубопроводы соединяют между собой основные агрегаты электростанции и вспомогательное оборудование. В результате объединения теплового оборудования системой трубопроводов образуется единая установка, осуществляющая основной технологический процесс производства электроэнергии.

Надёжность и экономичность эксплуатации тепловой электростанции во многом определяется надёжной и экономичной работой её трубопроводной системы. Повреждения трубопроводов могут привести к необходимости снижения мощности агрегатов или даже к полной их остановке.

Основные экономические показатели тепловой электростанции (капитальные вложения, эксплуатационные расходы, расчётные затраты) зависят от характеристик системы трубопроводов, их схемы, размеров, материалов для их изготовления

Работа ТЭС не может осуществляться без надёжной трубопроводной связи между элементами её тепловой схемы. По станционным трубопроводам транспортируется пар различных параметров, вода, сжатый воздух, газы и другие вещества. Трубопроводы состоят из собственно труб и средств их соединения, фасонных частей, арматуры с приводами, контрольно-измерительных и защитных устройств, тепловой изоляции, опор и подвесок, а также лестниц и площадок для обслуживания систем.

После изучения теоретического материала дисциплины студент должен выполнить контрольную работу. Контрольная работа выполняется в тетради на 12 листов (клетка) или печатным способом на листах формата А4.

Контрольная работа выполняется только по своему варианту в зависимости от последней цифры номера зачетной книжки – шифр.

Работа, выполненная не полностью или не по своему варианту, не зачитывается. Не защищенную, выполненную на «неудовлетворительно» контрольную работу, необходимо исправить или переработать, в зависимости от указаний преподавателя и отдать на повторную проверку.

Без защиты контрольной работы студент не допускается к промежуточной аттестации по дисциплине.

Форма итогового контроля по дисциплине: дифференцированный зачет.

## КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Учебным планом по МДК 02.01 Техническое обслуживание турбинного оборудования на ТЭС Раздел 2.2 Трубопроводы ТЭС предусмотрено выполнение одной контрольной работы для студентов заочной формы обучения. Задание на контрольную работу состоит из 10 вариантов, каждый из которых состоит из четырёх теоретических вопросов и двух задач.

Задания контрольной работы составлены по всем темам курса «Трубопроводы ТЭС» в соответствии с формированием у студентов общих компетенций.

Если все задания выполнены правильно: приведены правильно ответы на теоретические вопросы, решены задачи, правильна логика рассуждений – то контрольная работа студента-заочника – зачитывается.

Если допущены ошибки, которые имеют принципиальное значение для логики рассуждений; или частично приведены ответы на теоретические вопросы, то контрольная работа не зачитывается.

# 1 ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

<b>Тема 1 Устройство станционных трубопроводов.</b>	<b>Содержание учебного материала</b> Вступление. Значение предмета. Роль трубопроводов в тепловой схеме ТЭС. Классификация трубопроводов по назначению. Категории трубопроводов. Факторы, влияющие на работу ТП. Давления условные, рабочие и пробные. Влияние среды с температурой более 450 С на металлы трубопроводов. Мероприятия по обеспечению надежной работы ТП.
<b>Тема 2 Трубы и фасонные части трубопроводов.</b>	<b>Содержание учебного материала</b> Условный проход. Типы труб для станционных трубопроводов. Определение диаметра, толщины стенки труб.
<b>Тема 3 Арматура трубопроводная</b>	<b>Содержание учебного материала</b> Классификация арматуры по назначению и средства присоединения. Конструкция запорной и регулирующей арматуры. Конструкция предохранительных клапанов. Арматура для ТП на сверхкритические параметры Назначение и правила установки обводов. Редукционно-охладительные установки.. Ревизия, разборка арматуры. Притирка уплотнительных поверхностей. Набивка сальников. Сборка арматуры после ревизии. Гидравлическое испытание арматуры.
<b>Тема 4. Компенсация тепловых удлинений трубопроводов.</b>	<b>Содержание учебного материала</b> Удлинение трубопроводов при нагревании. Усилия, возникающие в ТП при тепловом расширении. Типы компенсаторов. Холодная растяжка трубопроводов. Указатели тепловых перемещений трубопроводов. Назначение опор и подвесок. Подвижные опоры. Жесткие и пружинные подвески. Неподвижные опоры.
<b>Тема 5. Рабочий проект трубопроводов.</b>	<b>Содержание учебного материала</b> Условные обозначения трубопроводов и арматуры на чертежах. Особенности изображения ТП на чертежах. Состав рабочего проекта трубопроводов. Монтажно-трассировочные чертежи.
<b>Тема 6. Изготовление трубопроводов с давлением среды до 2,2 МПа.</b>	<b>Содержание учебного материала</b> Изготовление ТП с давлением среды до 2,2 МПа на специализированных заводах. Трубогибочные площадки и мастерские. Гибка труб. Изготовление фасонных сварных деталей трубопроводов.
<b>Тема 7. Тепловая изоляция трубопроводов.</b>	<b>Содержание учебного материала</b> Назначение тепловой изоляции. Основные показатели теплоизоляционных материалов.
<b>Тема 8. Контроль, испытание и сдача смонтированных трубопроводов.</b>	<b>Содержание учебного материала</b> Назначение и содержание освидетельствования ТП. Порядок освидетельствования и регистрации ТП. Гидравлическое и пневматическое испытание ТП. Правила испытания газопроводов на прочность и плотность. Водная и химическая очистка внутренних поверхностей ТП. Продувка паропроводов.

## 2 ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

При выполнении работы студенты должны соблюдать следующие требования:

- в контрольную работу обязательно выписать контрольные вопросы и условия задач;
- решение задач сопровождать краткими пояснениями, графиками и схемами. В пояснениях указывать, какая величина определяется и по какой формуле, какие величины подставляются в формулу и откуда они берутся (из условия задачи, из справочника, определены ранее и т.п.);
- расчеты должны приводиться в детальном, развёрнутом виде, последовательно;
- решение задач должно выполняться только в единицах системы «СИ». Для всех исходных и рассчитанных величин обязательно должны указываться единицы измерения;
- расчёты производить с точностью до третьего знака;
- после решения задач должен быть сделан анализ полученных результатов и приведены соответствующие выводы;
- ответы на контрольные вопросы следует давать лаконично, конкретно, пояснять и обосновывать выводы, сопровождать ответы схемами и графиками по необходимости;
- контрольную работу можно выполнять с помощью компьютера или писать в тетради. На листах должны быть поля, а также свободное место после каждого ответа на вопрос или решения задачи для замечаний рецензента, а в конце работы – место для рецензии;
- в конце работы необходимо привести список литературы, которая использовалась при выполнении контрольной работы;
- контрольная работа выполняется в ученической тетради разборчивым почерком или печатным способом на листах формата А4;

Контрольная работа выполняется по индивидуальному варианту задания.

Вариант задания каждый студент выбирает по последней цифре шифра в соответствии с таблицей 1. Например, шифр 4358 – вариант № 8.

Таблица 1 – Варианты заданий контрольной работы

Последняя цифра шифра	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Титульный лист контрольной работы оформляется согласно Приложению 1

Контрольную работу необходимо сдать в учебную часть не позднее чем за две недели до начала экзаменационной сессии.



## ВАРИАНТ №1

### Контрольные вопросы

1. Назначение и классификация трубопроводов ТЭС.
2. Классификация арматуры по назначению и способам присоединения.
3. Состав рабочего проекта трубопроводов.
4. Ремонт фланцев трубопроводов.

### Контрольные задачи (смотреть ниже)

## ВАРИАНТ №2

### Контрольные вопросы

1. Категории и виды трубопроводов.
2. Конструктивные особенности арматуры на высокие и сверхкритические параметры среды.
3. Сводная спецификация и правила чтения чертежей и схем.
4. Разборка и сборка арматуры.

### Контрольные задачи (смотреть ниже)

## ВАРИАНТ №3

### Контрольные вопросы

1. Факторы, влияющие на работу трубопроводов.
2. Ревизия арматуры.
3. Проект выполнения работ.
4. Особенности ремонта предохранительной арматуры.

### Контрольные задачи (смотреть ниже)

## ВАРИАНТ №4

### Контрольные вопросы

1. Влияние среды с температурой свыше 450 °С на метал трубопроводов.
2. Гидравлическое испытание арматуры.
3. Ремонт сварных соединений труб и фасонных частей.
4. Ремонт шпинделя и соединяющихся с ним деталей.

### Контрольные задачи (смотреть ниже)

## ВАРИАНТ №5

### Контрольные вопросы

1. Мероприятия по обеспечению надёжной работы трубопроводов.
2. Типы компенсаторов.
3. Организация работы и рабочих мест.
4. Особенности ремонта арматуры с бесфланцевым соединением корпуса с крышкой.

### Контрольные задачи (смотреть ниже)

## ВАРИАНТ №6

### Контрольные вопросы

1. Типы труб, используемых для трубопроводов электростанций. Понятие об условном диаметре.
2. Холодная растяжка трубопроводов.
3. Изготовление трубопроводов с давлением среды до 2,2 МПа на специализированных заводах.
4. Снятие и установка арматуры.

### Контрольные задачи (смотреть ниже)

## ВАРИАНТ №7

### Контрольные вопросы

1. Определение диаметра и толщины стенки труб.
2. Назначение опор и подвесок. Расчёт пролёта между опорами
3. Гибка труб.
4. Особенности ремонта регулирующей арматуры.

### Контрольные задачи (смотреть ниже)

## ВАРИАНТ №8

### Контрольные вопросы

1. Фасонные части трубопроводов.
2. Подвижные опоры.
3. Ремонт кованных и литых деталей трубопроводов и корпусов арматуры.
4. Ремонт уплотняющих поверхностей запорной арматуры.

### Контрольные задачи (смотреть ниже)

## ВАРИАНТ №9

### Контрольные вопросы

1. Фланцевые соединения трубопроводов.
2. Жесткие и пружинные подвески.
3. Замена части трубопровода.
4. Организация ремонта арматуры.

### Контрольные задачи (смотреть ниже)

## ВАРИАНТ №10

### Контрольные вопросы

1. Сварные соединения трубопроводов.
2. Неподвижные опоры.
3. Разборка и сборка фланцевых соединений, замена прокладок трубопроводов.
4. Контроль качества сварных соединений.

### Контрольные задачи (смотреть ниже)

### УСЛОВИЕ ЗАДАЧИ №1

Выбрать материал и сортамент труб по заданным параметрам и расходу среды через трубопровод, если известно давление  $P$ , МПа, температура  $t$ ,  $^{\circ}\text{C}$ , расход среды  $G$  кг/с.

Данные для решения задачи принять из таблицы 1.2.

Таблица 1.2 – Исходные данные для задачи №1

Обозн. велич.	Един. измер	Вариант (по последней цифре шифра)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P	МПа	13	3,5	1,5	1,0	2,3	24	18	22	12	3,5
t	°C	550	540	240	140	180	580	560	570	520	150
G	кг/с	240	200	150	250	180	400	500	520	600	300
Среда		ПП	ПП	ПВ	ПВ	ПВ	ПП	ПП	ПП	ПП	ПВ

## УСЛОВИЕ ЗАДАЧИ №2

Рассчитать величину теплового удлинения трубопровода. Определить длину холодной растяжки трубопровода. Определить максимальное расстояние между опорами прямого участка.

Данные для решения задачи принять из таблицы 1.3

Таблица 1.3 – Исходные данные для задачи №2

[illegible]

### 3 ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Задача 1 – Выбрать материал и сортамент труб по заданным параметрам и расходу среды через трубопровод, если известно давление  $P$ , МПа, температура  $t$ , °С, расход среды  $G$  кг/с.

Решение:

1. Определяем внутренний диаметр:

$$d_p = \sqrt{\frac{2 \cdot G \cdot v}{\pi \cdot \omega}};$$

где  $G$  – расход среды, кг/с

$v$  – удельный объем пара, м<sup>3</sup>/кг

$\omega$  – скорость среды

Подбираем условный стандартный диаметр:

$d_y$  мм, ему соответствует труба  $d_n \times S$ ,

2. Проверяем подойдет ли такая толщина стенки трубы по формуле:

$$S = S_{\text{рас}} + C;$$

$$S_{\text{рас}} = \frac{P \cdot D_n}{200 \cdot \varphi \delta_{\text{доп}} + P};$$

где -  $\varphi = 1$  – коэффициент прочности,

$\delta_{\text{доп}}$  – допустимое напряжение;

$C$  – прибавка,

$$C = 0,1 \cdot S_{\text{расч}},$$

2. Внутренний диаметр трубопровода, определяется:

$$d_{\text{вн}} = d_n - 2 \cdot S, \text{ мм}$$

3. Уточняем скорость среды:

$$W_{\text{дейст}} = \frac{2 \cdot D \cdot v}{\pi \cdot d_{\text{вн}}^2}, \text{ м/с}$$

Задача 2 – Рассчитать величину теплового удлинения трубопровода. Определить длину холодной растяжки трубопровода. Определить максимальное расстояние между опорами прямого участка.

Решение:

1. Тепловое удлинение одного метра:

$$\delta t = \alpha(t - t_m) \cdot 10^2, \text{ см/м}$$

где  $\alpha$  - температурный коэффициент линейного расширения стали, мм/мм<sup>0</sup>С [3]  
 $t$  – конечная температура нагрева трубопровода;  
 $t_m = 20^\circ\text{C}$  – начальная температура трубопровода, при которой ведется монтаж;

2. Упругое удлинение:

$$\delta_p = \frac{10 \cdot P}{E} \left( \frac{D_n}{S} - 3 \right) \text{ см/м}$$

где  $E$ , кгс/мм<sup>2</sup>, [3] - модуль упругости;

3. Суммарное удлинение:

$$\delta = \delta t + \delta_p, \text{ см/м}$$

4. Тепловое удлинение трубопровода:

$$\Delta l = l \cdot \delta, \text{ см}$$

5. Холодная растяжка трубопровода:

$$\Delta_n = \frac{\frac{R_x}{R_z} \cdot 100}{\frac{R_x}{R_z} + \frac{E_0}{E_t}};$$

где –  $E_0$ ,  $E_t$  – модули упругости в холодном металле ( $t_m = 20^\circ$ ) и при расчетной температуре, кгс/мм<sup>2</sup>;

$\frac{R_x}{R_z}$  - отношение допустимых напряжений самокомпенсации в холодном и горячем состоянии трубопровода:

$$\frac{R_x}{R_z} = \frac{\delta_{0,2}^{20}}{\delta_{0,2}^t},$$

$\frac{\delta_{0,2}^{20}}{\delta_{0,2}^t}$  - предел текучести при 20°C и при температуре среды, кгс/мм<sup>2</sup>;

6. Наибольший допустимый пролет:

$$L_l = \sqrt{\frac{12 \cdot W \cdot \delta \cdot 10^4}{g}}, \text{ см}$$

где – W – момент сопротивления трубы, см<sup>3</sup>  
 $\delta$  – допустимое напряжение на изгиб:

$$\delta = 0,78 \cdot \delta_{0,2}^t, \text{ кгс/см}^2;$$

g – нагрузка,

$$g = m \cdot q,$$

$$m = m_{\text{тр}} + m_{\text{ср}} + m_{\text{изл}}, \text{ кг}$$

$m_{\text{тр}}$  – масса трубы,

$m_{\text{ср}}$  – масса среды,

$m_{\text{изл}}$  – масса изоляции

7. Наибольший пролет между опорами:

$$l_2 = \sqrt[3]{\frac{96 \cdot E \cdot J \cdot i \cdot 10^4}{g}};$$

где – E, кгс/мм<sup>2</sup> – модуль упругости,

i – уклон трубы,

J, см<sup>4</sup> – момент инерции

#### 4 ВОПРОСЫ К ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОМУ ЗАЧЕТУ

1. Классификация трубопроводов по назначению. Категории трубопроводов.
2. Факторы, влияющие на работу ТП. Давления условные, рабочие и пробные.
3. Влияние среды с температурой более 450 °С на металл трубопроводов.
4. Мероприятия по обеспечению надежной работы ТП. Металлы, применяемые для изготовления труб и деталей ТП.
5. Условный проход. Типы труб для стационарных трубопроводов
6. Определение диаметра, толщины стенки труб.
7. Фасонные части трубопроводов
8. Удлинение трубопроводов при нагревании. Усилия, возникающие в ТП при тепловом расширении.
9. Типы компенсаторов.
10. Холодная растяжка трубопроводов. Указатели тепловых перемещений ТП
11. Назначение опор и подвесок. Подвижные опоры.
12. Жесткие и пружинные подвески. Неподвижные опоры.
13. Условные обозначения трубопроводов и арматуры на чертежах. Особенности изображения ТП на чертежах.
14. Состав рабочего проекта трубопроводов. Монтажно-трассировочные чертежи. Сводная спецификация и правила чтения чертежей и схем.
15. Проект производства работ. Разработка рабочих графиков.
16. Организация труда на рабочих местах. Технологические карты
17. Изготовление ТП с давлением среды до 2,2 МПа на специализированных заводах. Трубогибочные площадки и мастерские
18. Гибка труб. Изготовление фасонных сварных деталей трубопроводов.
19. Назначение тепловой изоляции. Основные показатели теплоизоляционных материалов.
20. Окраска и надписи на трубопроводах
21. Назначение и содержание осмотра трубопроводов. Порядок осмотра и регистрации ТП.
22. Гидравлическое и пневматическое испытание ТП.
23. Правила испытания газопроводов на прочность и плотность.
24. Испытания на прочность и плотность трубопроводов ацетилена, кислорода и пропан – бутана.
25. Водная и химическая очистка внутренних поверхностей ТП. Продувка паропроводов. Включение в эксплуатацию.
26. Классификация арматуры по назначению и средства присоединения.
27. Конструкция запорной и регулирующей арматуры
28. Конструкция предохранительных клапанов
29. Конструктивные особенности арматуры на высокие и сверхвысокие параметры.
30. Арматура для ТП на сверхкритические параметры
31. Назначение и правила установки обводов. Редукционно-охладительные установки
32. Дистанционные приводы управления арматурой.

- 33. Ревизия, разборка арматуры.
- 34. Притирка уплотнительных поверхностей. Набивка сальников.
- 35. Сборка арматуры после ревизии. Гидравлическое испытание арматуры



## ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### *Основная литература*

1. Глухенький Т.Е. Станционные трубопроводы их изготовление и монтаж. – М.: Энергия, 1977
2. Методические рекомендации к выполнению практических работ, 2010

### *Дополнительная литература*

1. Рихтер Л.А., Елизаров Д.П., Лавыгин В.М. Вспомогательное оборудование тепловых электростанций – М.: Энергоатомиздат, 1987
2. Елизаров Д.П. Теплоэнергетические установки электростанций – М.: Энергоиздат, 1982

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ЗУГРЭССКИЙ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ (ФИЛИАЛ)  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

## КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

по дисциплине

ТРУБОПРОВОДЫ ТЭС

Студента(ки) III курса группы 3Тз  
Специальности 13.02.01  
«Тепловые электрические станции»  
Петровой И.И.  
Шифр 1232  
Преподаватель Теряева Е.А.

Отметка о зачете \_\_\_\_\_

