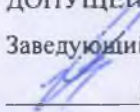


БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ энергетический  
КАФЕДРА Тепловые электрические станции

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

 Н.Б. Карницкий

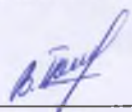
" 6 "  2023 г.

**РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА**

**Проект промышленно-отопительной ТЭЦ с разработкой анализа  
вибрационных характеристик турбоагрегата**

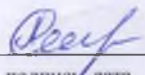
Специальность 1-43 01 04 Тепловые электрические станции

Обучающийся  
группы 10604118

  
подпись, дата

В.Г. Полещук

Руководитель

  
подпись, дата

А.А. Павловская  
ст. преподаватель


Консультанты:

по разделу «Экономическая часть»

  
подпись, дата

Е.П. Корсак  
ст. преподаватель

по разделу «Водно-химический комплекс ТЭС»

  
подпись, дата

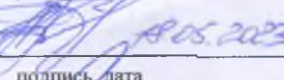
Н.В. Пантелей  
ст. преподаватель

по разделу «Автоматизация технологических  
процессов и АСУ ТЭС»

  
подпись, дата

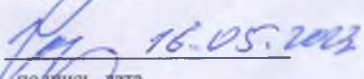
Г.Т. Кулаков  
д.т.н., профессор

по разделу «Электрическая часть ТЭС»

  
подпись, дата

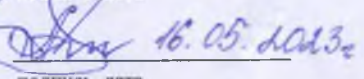
Я.В. Потачиц  
ст. преподаватель

по разделу «Охрана окружающей среды»

  
подпись, дата

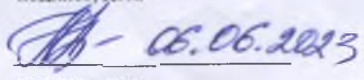
Н.Б. Карницкий  
д.т.н., профессор

по разделу «Охрана труда»

  
подпись, дата

О.В. Абметко  
ст. преподаватель

Ответственный за нормоконтроль

  
подпись, дата

Н.В. Пантелей  
ст. преподаватель

Объем проекта:

Расчетно-пояснительная записка 189 страниц;

графическая часть – \_\_\_\_\_ листов;

магнитные (цифровые) носители – \_\_\_\_\_ единиц

Минск 2023

## РЕФЕРАТ

Дипломный проект: 169 с., 53 рис., 35 табл., 33 источника.

РЕКОНСТРУКЦИЯ, ТУРБИНА, ПАРОГЕНЕРАТОР, КОНДЕНСАТОР, АСУ, ТЕПЛОМЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПЛАН,

Объектом исследования является промышленно-отопительная ТЭЦ мощностью 320 МВт.

Цель проекта – проведение анализа вибрационных характеристик турбоагрегата.

В процессе проектирования выполнены следующие исследования:

- расчёт принципиальной тепловой схемы ПТ-60/75-130/13;
- укрупнённый расчёт котлоагрегата ТГМ-84-140 позволил определить объем воздуха и продуктов сгорания в различных поверхностях нагрева, энтальпии выбранного газа для различных температур, расход газа и мазута;
- выбор вспомогательного тепломеханического оборудования;
- описание схемы технического водоснабжения;
- водно-химический комплекс ТЭС;
- проектирование и расчёт электрической части ТЭЦ в объёме схемы главных электрических соединений, расчёт токов короткого замыкания в наиболее опасных точках и выбор электрических аппаратов;
- выбор и описание основных систем автоматического регулирования технологических процессов на ТЭЦ;
- расчёт вредных выбросов при работе станции на мазуте и газе;
- требования охраны труда к котельному и турбинному отделениям ТЭЦ, правила эксплуатации энергетического оборудования;
- перечислены и изучены основные меры безопасности при устройстве, монтаже и эксплуатации оборудования, регламентируемые ТКП, установленными органами технадзора;
- генеральный план ТЭЦ разработан в соответствии с заданными условиями и включает в себя административные, основные и вспомогательные сооружения.

Исходя из показателей качества исходной воды выбрана схема и метод ВПУ, произведен расчет входящих в нее фильтров на различных ступенях очистки. Анализ расчетов позволил определить расход реагентов на регенерацию фильтров и учесть расход воды на собственные нужды ХВО.

В процессе проектирования выполнены следующие исследования:

- диагностика вибраций
- норма допустимой вибрации
- анализ вибрационных характеристик при пуске турбины
- пуск турбоагрегата

В ходе работы подтверждено, что приведенный в дипломном проекте расчетно-аналитический материал объективно отражает состояние исследуемого процесса (разрабатываемого объекта), все заимствованные из литературных и других источников теоретические и методологические положения и концепции сопровождаются ссылками на их авторов.



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1 Нагорнов, В.Н. Организация производства и управление предприятием: Методическое пособие для студентов специальности «Тепловые электрические станции» / В.Н. Нагорнов, И.А. Бокун. – Минск: БНТУ, 2015. – 75 с.

2 Григорьев, В.А. Тепловые и атомные электрические станции: Справочник / Под общ. ред. В.А. Григорьева, В.М. Зорина. – 2-е изд., перераб. – Москва: Энергоатомиздат, 1989. – 608 с.: ил.

3 Рыжкин В.Я. Тепловые электрические станции: Учебник для вузов / Под ред. В.Я. Рыжкина, В.Я. Гиршфельда. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Энергоатомиздат, 1987. – 328с.: ил.

4 Леонков, А.М. Дипломное проектирование. Тепловые и атомные электрические станции / А.М. Леонков, А.Д. Качан. – Минск: Вышэйшая школа, 1991. – 195с.: ил.

5 Качан, А.Д. Режимы работы и эксплуатации ТЭС. – Минск: Высшая школа, 1978. – 288с.

6 Седнин, А.В. Тепловые электрические станции. Расчет тепловой схемы и выбор вспомогательного оборудования: Учебно-методическое пособие по выполнению курсового и дипломного проектирования / А.В. Седнин [и др.]. – Минск: БНТУ, 2007. – 80с.

7 Бойко, Е.А. Тепловые электрические станции (Паротурбинные энергетические установки ТЭС): Справочное пособие / Е.А. Бойко, К.В. Баженов, П.А. Грачев. – Красноярск: КГТУ, 2006. – 152с.: ил.

8 Кузнецов, Н.В. Тепловой расчет котельных агрегатов (нормативный метод): / Под ред. Н.В. Кузнецова, В.В. Митора. – 2-е изд., перераб. – Москва: «Энергия», 1973. – 296с.: ил.

9 Карницкий, Н.Б. Теплогенерирующие установки: Учебно-методическое пособие / Н.Б. Карницкий, Б.М. Руденков, В.А. Чиж. – Минск: БНТУ, 2016. – 120 с.

10 Роддатис, К.Ф. Котельные установки: Учебное пособие для студентов энергетических специальностей вузов. – Москва: «Энергия», 1977. – 432 с.: ил.

11 Рихтер, Л.А. Вспомогательное оборудование тепловых электростанций: Учебное пособие для вузов / Л.А. Рихтер, Д.П. Елизаров, В.М. Лавыгин. – Москва: Энергоатомиздат, 1987. – 216 с.: ил.

12 Трухний, А.Д. Стационарные паровые турбины / Под ред. А.Д. Трухний, В. Г. Феймана. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Энергоатомиздат, 1990. – 640 с.: ил.

13 Ривкин, С.Л. Термодинамические свойства воды и водяного пара: Справочник / С.Л. Ривкин, А.А. Александров. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Энергоатомиздат, 1984. – 80 с.: ил.

14 Чиж, В.А. Водоподготовка и водно-химические режимы ТЭС и АЭС: Учебно-методическое пособие по курсовому и дипломному проектированию / В.А. Чиж [и др.]. – Минск: БНТУ, 2015. – 105 с.

15 Копылов, А.С. Водоподготовка в энергетике: Учебное пособие для вузов / А.С. Копылов, В.М. Лавыгин, В.Ф. Очков. – Москва: Издательство МЭИ, 2003. – 309 с.: ил.

16 Живилова, Л.М. Автоматизация водоподготовительных установок и управление водно-химическим режимом ТЭС: Справочное пособие / Л.М. Живилова, В.В. Максимов. – Москва: Энергоатомиздат, 1986. – 216 с.

17 Булат, В.А. Электрическая часть электрических станций и подстанций: Учебно-методическое пособие для практических занятий в 2ч. / В.А. Булат [и др.]. – Минск: БНТУ, 2014. – 115 с.

18 Мазуркевич, В.Н. Электрическая часть станций и подстанций: Методические указания к курсовому проектированию / В.Н. Мазуркевич, Л.Н. Свита, И.И. Сергей. – Минск, БНТУ, 2004. – 81 с.

19 Рожкова, Л.Д. Электрооборудование станций и подстанций: Учебник для техникумов / Л.Д. Рожкова, В.С. Козулин. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Энергоатомиздат, 1987. – 648 с.: ил.

20 Неклепаев, Б.Н. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для дипломного проектирования / Б.Н. Неклепаев, И.П. Крючков. – 4-е изд. – Москва: Энергоатомиздат, 1989. – 608 с.

21 Плетнёв, Г.П. Автоматизация технологических процессов и производств теплоэнергетики: Учебник для студентов вузов / Г.П. Плетнёв. – 4-е изд. – Москва: Издательский дом МЭИ, 2007. – 352 с.: ил.

22 Теория автоматического управления: учебно-методическое пособие для студентов специальностей 1-53 01 04 «Автоматизация и управление теплоэнергетическими процессами», 1-43 01 04 «Тепловые электрические станции», 1-43 01 08 «Паротурбинные установки атомных электрических станций», 1-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов и производств» / Г.Т. Кулаков [и др.]; под общ. ред. Г.Т. Кулакова. – Минск: БНТУ, 2017. – 133 с.

23 Кулаков, Г.Т., Кравченко, В.В. Электронный учебно-методический комплекс по учебной дисциплине «Автоматизированные системы управления технологическими процессами электростанций» для специальности 1-53 01 04 «Автоматизация и управление теплоэнергетическими процессами», под общ. ред. Г.Т. Кулакова. – Минск: БНТУ, 2017. – 105 с.

24 Ротач, В.Я. Теория автоматического управления: Учебник для вузов / В.Я. Ротач. – 5-е изд., перераб. и доп. – Москва: Издательский дом МЭИ, 2008. – 396 с.: ил.

25 Золотарева, В.А. Охрана природы: Методическое пособие для студентов специальности «Тепловые электрические станции» / В.А. Золотарева, Н.Б. Карницкий, В.А. Чиж. – Минск: БГПА., 1990. – 155 с.

26 Карницкий, Н.Б. Природоохранные технологии на ТЭС: ЭУМК для специальности «Тепловые электрические станции» / Н.Б. Карницкий, В.А. Чиж, А.В. Нерезько. – Минск: БНТУ, 2017. – 331 с.

27 Лазаренков, А.М. Охрана труда в энергетической отрасли: Учебник для вузов / А.М. Лазаренков, Л.П. Филянович, В.П. Бубнов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск: БНТУ, 2011. – 672 с.

28 Стерман, Л.С. Тепловые и атомные электростанции: Учебник для вузов / Л.С. Стерман [и др.]. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Энергоиздат, 1982. – 456 с.: ил.

29 Кузьмин, В.Г. Организация, планирование и управление в энергетике: Учебник для вузов – Москва: Высшая школа, 1982. – 40

30 Фрер Ф., Орттенбургер Ф. Введение в электронную технику регулирования. - Издательство Энергия, 1973. – 192 с.

31 Aidan, O'Dusyer. Handbook of PI and PID Controller Tuning Rules / O'Dusyer Aidan. 3<sup>rd</sup> Edition. Dublin: Institute of Technology; Ireland, Imperial College Press, 2009. 529 p.

32 Кулаков Г.Т., Кулаков А.Т., Кравченко В.В., Кухоренко А.Н., Артёмов К.И., Ковриго Ю.М., Голинко И.М., Баган Т.Г., Бунке А.С. Теория автоматического управления теплоэнергетическими процессами: учеб. пособие / Г.Т. Кулаков (и др.); под ред. Г.Т. Кулакова. – Минск: Вышэйшая школа, 2017. – 238 с., ил.

33 Теория автоматического управления : учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по специальностям «Автоматизация и управление теплоэнергетическими процессами», «Паротурбинные установки атомных электрических станций», «Проектирование и эксплуатация атомных электрических станций», «Тепловые электрические станции», «Автоматизация технологических процессов и производств (энергетика)» / [Г. Т. Кулаков и др.] ; под ред. Г. Т. Кулакова. – Минск : Вышэйшая школа, 2022. – 197 с.: ил., табл., схемы.