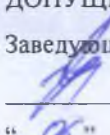


БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ энергетический  
КАФЕДРА Тепловые электрические станции

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

 Н.Б. Карницкий


“ 06 ” 06 2023 г.

**РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА**

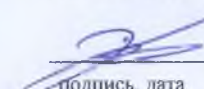
**Проект мини-ТЭЦ с разработкой методов уменьшения вредных выбросов**

Специальность 1-43 01 04 Тепловые электрические станции

Обучающийся  
группы 10604218

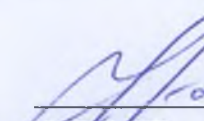
 15.05.2023 К.А. Картузов  
подпись, дата

Руководитель

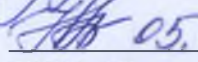
 06.06.2023 Г.Т. Кулаков  
подпись, дата д.т.н., профессор

Консультанты:


по разделу «Экономическая часть»

 29.05.2023 Е.П. Корсак  
подпись, дата ст. преподаватель

по разделу «Водно-химический комплекс ТЭС»

 05.06.2023 Н.В. Пантелей  
подпись, дата ст. преподаватель

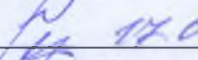
по разделу «Автоматизация технологических процессов и АСУ ТЭС»

 22.05.2023 Г.Т. Кулаков  
подпись, дата д.т.н., профессор

по разделу «Электрическая часть ТЭС»

 05.06.2023 Я.В. Потачиц  
подпись, дата ст. преподаватель


по разделу «Охрана окружающей среды»

 14.05.2023 Н.Б. Карницкий  
подпись, дата д.т.н., профессор

по разделу «Охрана труда»

 18.04.2023 О.В. Абметко  
подпись, дата ст. преподаватель

Ответственный за нормоконтроль

 06.06.2023 Н.В. Пантелей  
подпись, дата ст. преподаватель

Объем проекта:

Расчетно-пояснительная записка – 133 страниц;

графическая часть – 8 листов;

магнитные (цифровые) носители – — единиц

Минск 2023

## РЕФЕРАТ

Дипломный проект: с.133, рис.35, табл.31, источников 44

### ПРОЕКТ МИНИ-ТЭЦ, ПАРОВОЙ КОТЕЛ, ТЕПЛОВАЯ СХЕМА, ТУРБИНА, ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

В процессе проектирования выполнены следующие исследования: выбрано основное оборудование (турбина Р-3,5-12/1,2, были выбраны паровые котлы ДКВР-10 в количестве двух штук и ДЕ-25 также две штуки. В качестве ПВК были приняты три котла ПТВМ-50); рассчитана принципиальная тепловая схема энергоустановки; произведён укрупнённый расчёт котлоагрегата ДКВР-10 и ДЕ-25 для газообразного и жидкого топлива; на основании произведенных расчётов выбрано вспомогательное оборудование; произведено описание топливного хозяйства мини-ТЭЦ; выбрана и рассчитана система технического водоснабжения; согласно принятым тепловым нагрузкам, типу оборудования и особенности потребления тепла рассчитана химическая часть в объёме водоподготовки и водно-химического режима; произведен выбор генераторов, силовых трансформаторов и расчет величин токов короткого замыкания и в соответствии с ними выбраны электрические аппараты мини-ТЭЦ; выбраны и описаны основные системы автоматического регулирования технологических процессов на мини-ТЭЦ; в разделе охрана окружающей среды выполнены расчёты вредных выбросов при работе станции на основном и резервном топливе, рассчитаны дымовые трубы; рассмотрен ряд вопросов по охране труда на мини-ТЭЦ; представлена компоновка главного корпуса; разработан генеральный план станции; в качестве специального задания было рассмотрено регулирование выбросов вредных веществ с дымовыми газами паровых котлов и рассчитаны параметры регулирования регулятора.

В ходе работы подтверждено, что приведенный в дипломном проекте расчётно-аналитический материал объективно отражает состояние разрабатываемого объекта, все заимствованные из литературных или других источников теоретические и методические положения и концепции сопровождаются ссылками на их авторов.

Основными целями данного дипломного проекта являются: обеспечение промышленных потребителей электричеством, паром и тепловой водой, обеспечение теплофикационных нужд близлежащего населения.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тепловые и атомные электрические станции. Дипломное проектирование: учебное пособие для вузов / А.М. Леонков [и др.]. – Минск : Выш. школа, 1990. – 336 с.
2. Трухний, А.Д. Теплофикационные паровые турбины и турбоустановки : учебное пособие для вузов / А.Д. Трухний, Б.В. Ломакин. – М.: Издательство МЭИ, 2002. – 540 с.
3. Седнин, В.А. Тепловые электрические станции. Расчет тепловой схемы и выбор вспомогательного оборудования: учебно-методическое пособие по выполнению курсового и дипломного проектирования / А.В. Седнин, П.Ю. Марченко, Ю.Б. Попова. – Минск : БНТУ, 2007. – 92 с.
4. Соловьев, Ю.П. Вспомогательное оборудование паротурбинных электростанций / Соловьев Ю.П. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 200 с.
5. Тепловые электрические станции: учебник для вузов / В.Д. Буров [и др.] - М. : Издательский дом МЭИ, 2009. — 466 с.
6. Энергетический аудит. Проведение энергетического обследования Молодечненской мини-ТЭЦ филиала «Молодечненских электрических сетей». – Минск 2020. – 243 с.
7. Инструкция по эксплуатации установки турбогенераторной ТГ-3,5-Р-12/1,2.
8. Жихар, Г.И. Котельные установки тепловых электростанций: учебное пособие / Г. И. Жихар. - Минск: Вышэйшая школа, 2015. - 523 с.
9. Щегляев, А.В. Паровые турбины / А.В. Щегляев. Минск: Энергоатомиздат, 1993. - 384 с.
10. Стерман, Л.С. Тепловые и атомные электростанции / Л.С. Стерман, В.М. Лавыгин, С.Г. Тишин. – Москва: Издательский дом МЭИ, 2008. - 416 с.
11. Жихар, Г.И. Котельные установки тепловых электростанций: учебное пособие / Г. И. Жихар. - Минск: Вышэйшая школа, 2015. - 523 с.
12. Жихар, Г.И. Котельные установки ТЭС: теплотехнические расчеты: учебное пособие / Г.И. Жихар. - Минск: Вышэйшая школа, 2017. - 224 с.
13. Теплофизические свойства воды и водяного пара / А.А. Александров, С.Л. Ривкин. - Минск: Энергия, 1980. – 80 с.
14. Чиж, В.А. Водоподготовка и водно-химические режимы ТЭС и АЭС / В.А. Чиж, Н.Б. Карницкий, А.В. Нерезько. – Минск: Вышэйшая школа, 2010.–351 с.
15. Чиж, В.А. Водоподготовка и водно-химические режимы теплоэлектростанций: учебно-методическое пособие для студентов дневной и заочной форм обучения специальностей 1-43 01 04 «Тепловые электрические станции» и 1-43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика» / В.А. Чиж, Н.Б. Карницкий. - Минск: БНТУ, 2004. - 100 с.
16. Маргулова, Т.Х. Водные режимы тепловых и атомных электрических станций / Т.Х. Маргулова, О.И. Мартынова. - Минск: Вышэйшая школа, 1987. – 320 с.

17. Неклепаев, Б.Н. Электрическая часть электростанций и подстанций: справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: учебное пособие для вузов/ Б.Н. Неклепаев, И.П. Крючков. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 608 с.

18. Булат, В.А. Электрическая часть электрических станций и подстанций: учебно-методическое пособие для практических занятий для студентов специальностей 1-43 01 01 «Электрические станции», 1-43 01 02 «Электроэнергетические системы и сети», 1-43 01 03 «Электроснабжение (по отраслям)», 1-43 01 04 «Тепловые электрические станции», 1-43 01 08 «Паротурбинные установки атомных электрических станций», 1-43 01 09 «Релейная защита и автоматика»: в 2 ч. Ч.1 / В.А. Булат [и др.]. – Минск: БНТУ, 2014 – 53 с.

19. Мазуркевич, В.Н. Электрическая часть электрических станций и подстанций: учебно-методическое пособие для практических занятий для студентов специальностей 1-43 01 01 «Электрические станции», 1-43 01 02 «Электроэнергетические системы и сети», 1-43 01 03 «Электроснабжение (по отраслям)», 1-43 01 04 «Тепловые электрические станции», 1-43 01 08 «Паротурбинные установки атомных электрических станций», 1-43 01 09 «Релейная защита и автоматика»: в 2 ч. Ч. 2 / В.Н. Мазуркевич [и др.]. – Минск: БНТУ, 2017 – 62 с.

20. Кулаков, Г.Т. Анализ и синтез систем автоматического регулирования: учеб. пособие / Кулаков Г.Т. – Минск: УП «Технопринт», 2003. – 135 с.

21. Теория автоматического управления: уч. пособие для студентов специальности «Автоматизация технологических процессов и производств» / Г.Т. Кулаков [и др.]. - Минск: БНТУ, 2017. - 133 с.

22. Кузьмицкий, И.Ф. Теория автоматического регулирования: учебное пособие / И.Ф.Кузьмицкий, Г.Т.Кулаков – Минск: БГТУ, 2010. – 574 с.

23. Плетнев, Г.П. Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике: учебник для студентов вузов / Г.П. Плетнев. – Москва: Издательский дом МЭИ, 2007. - 344 с.

24. Рихтер, Л.А. Охрана водного и воздушного бассейнов от выбросов ТЭС / Л.А. Рихтер, Э.П. Волков. – Минск: Энергоиздат, 1981. – 296 с.

25. Стриха, И.И. Экологические аспекты энергетики: Атмосферный воздух: учебное пособие / И.И. Стриха, Н.Б. Карницкий. - Минск: УП «Технопринт», 2001. - 375 с.

26. Лазаренков, А. М. Охрана труда в энергетической отрасли: 2-е изд., доп и перераб. / А. М. Лазаренков, Л. П. Филянович, В. П. Бубнов. – Минск: ИВЦ Минфина, 2011. – 672 с.

27. Санитарные нормы и правила «Требования к микроклимату рабочих мест в производственных и офисных помещениях»: постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь, 30 апреля 2013 г., № 33 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://minzdrav.gov.by>.

28. СН 2.04.03-2020 «Естественное и искусственное освещение». – Введ. 2020-03-24 постановлением Министерства архитектуры и строитель-

ва № 70. – Минск 2021: РУП «Стройтехнорм». – 86 с. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tnpa.by>.

29. Санитарные нормы, правила «Шум на рабочих местах, в транспортных средствах, в помещениях жилых и общественных зданий и на территории жилой застройки»: постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 16.11.2011 № 115 // Министерство здравоохранения Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – URL:<http://minzdrav.gov.by>.

30. ТКП 458-2012 (02230) Правила технической эксплуатации теплоустановок и тепловых сетей потребителей. – Введ. 2013-03-01. – Минск: Минэнерго, 2013. – 91 с.

31. ТКП 459-2012 (02230) Правила техники безопасности при эксплуатации теплоустановок и тепловых сетей потребителей. – Введ. 2013-03-01. – Минск: Минэнерго, 2013. – 36 с.

32. ТКП 474-2013 «Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности».

33. СН 2.02.05-2020 «Пожарная безопасность зданий и сооружений» – Введ. 2021-04-04 постановлением Министерства архитектуры и строительства № 70. – Минск 2021: РУП «Стройтехнорм». – 70 с. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tnpa.by>.

34. Нагорнов, В.Н. Методические указания к курсовой работе для студентов специальности 1 – 43 01 04 «Тепловые электрические станции» / В.Н. Нагорнов, И.А. Бокун. – Минск: БНТУ, 2011. – 69 с.

35. В. Н. Нагорнов, Методические указания к курсовой работе по курсу «Организация, планирование и управление предприятием» для студентов специальности 10.05 «Тепловые электрические станции». – Минск.: БГПА, 1990 г. – 35 с.

36. А. И. Лимонов, Е.В. Ячная, Методические указания к курсовой работе по курсу «Организация производства и управление предприятием». – Минск.: БНТУ, 2005 г.– 25 с.

37. В. Я. Рыжкин, Тепловые электрические станции. – Минск.: Энергоатомиздат, 1987 г. – 327 с.

38. В.Н. Нагорнов, И.А. Бокун, Методическое пособие по выполнению курсовой работы по курсу «Организация производства и управление предприятием». – Минск.: БНТУ, 2011 г.– 66 с.

39. Электронный учебно-методический комплекс «Экономика предприятия (энергетика)» для специальностей 1-43 01 01 «Электрические станции», 1-43 01 02 «Электроэнергетические системы и сети», 1-43 01 03 «Электроснабжение», 1-43 01 04 «Тепловые электрические станции», 1-43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика» и для направления специальности 1-27 01 01-10 «Экономика и организация производства (энергетика)» [Электронный ресурс] / В. Н. Нагорнов [и др.]; Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Экономика и организация энергетики». – Минск: БНТУ, 2020.

40. Экономика предприятия (энергетики): пособие для студентов специальности 1-27 01 01 «Экономика и организация производства»: в 3 ч. / В.

Н. Нагорнов [и др.]; Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Экономика и организация энергетики». – Минск: БНТУ, 2021. – Ч. 1. – 62 с.

41. Экономика предприятия (энергетики): пособие для студентов специальности 1-27 01 01 «Экономика и организация производства»: в 3 ч. / В. Н. Нагорнов [и др.]; Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Экономика и организация энергетики». – Минск: БНТУ, 2021 – 62 с.

42. О расчетной стоимости 1 тонны условного топлива в 2022 году. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://energoeffect.gov.by/supervision/framework/information/20220317\\_cost1](https://energoeffect.gov.by/supervision/framework/information/20220317_cost1) – Дата доступа: 3.05.2023.

43. Ставка рефинансирования. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.nbrb.by/statistics/monetarypolicyinstruments/refinancingrate> – Дата доступа: 3.05.2023.

44. Средний расчетный срок окупаемости мероприятий по энергосбережению. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://energoeffect.gov.by/programs/forming/spravka/2010-12-29-15-10-34> – Дата доступа: 3.05.2023.