

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ энергетический  
КАФЕДРА Тепловые электрические станции

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

Н.Б. Карницкий

“05” 06 2024 г.

**РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА**

**Проект двухблочной АЭС с тихоходной турбиной**

Специальность 1-43 01 08 Паротурбинные установки атомных электрических станций

Обучающийся  
группы 10608119

[Подпись] 15.04.2024  
подпись, дата

В.А. Чернов

Руководитель

[Подпись] 30.05.2024  
подпись, дата

В.В. Сорокин

Консультанты:

по разделу «Экономическая часть»

[Подпись] 22.04.2024  
подпись, дата

Е.П. Корсак

по разделу «Водно-химический комплекс АЭС»

[Подпись] 31.05.2024  
подпись, дата

И.А. Некало

по разделу «Автоматизация технологических  
процессов и АСУ АЭС»

[Подпись] 21.05.2024  
подпись, дата

Г.Т. Кулаков

по разделу «Электрическая часть АЭС»

[Подпись] 27.04.2024  
подпись, дата

К.И. Артёменко

по разделу «Охрана окружающей среды»

[Подпись] 11.04.2024  
подпись, дата

Н.Б. Карницкий

по разделу «Охрана труда»

[Подпись] 16.04.2024  
подпись, дата

О.В. Абметко

Ответственный за нормоконтроль

[Подпись] 04.06.2024  
подпись, дата

Е.В. Пронкевич

Объем проекта:

Расчетно-пояснительная записка – 173 страниц;

графическая часть – 11 листов;

магнитные (цифровые) носители – — единиц

Минск 2024

## РЕФЕРАТ

Дипломный проект: 173 страниц, 54 рисунка, 35 таблиц, 34 источника.

### ПРОЕКТ ДВУХБЛОЧНОЙ АЭС С ТИХОХОДНОЙ ТУРБИНОЙ, РЕАКТОР ВВЭР-1000, ПАРОТУРБИННАЯ УСТАНОВКА К-1000-60/1500-1, ТЕПЛОВАЯ СХЕМА, РЕКОНСТРУКЦИЯ ПАРОСБРОСНОГО УСТРОЙСТВА КОМПЕНСАТОРА ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ВОДОРОДНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Объектом разработки является проект строительства атомной электростанции мощностью 2000 МВт на территории Республики Беларусь. Проектируется двухконтурная АЭС на базе реакторов ВВЭР-1000 с установкой конденсационных турбин К-1000-60/1500-1, работающих на насыщенном паре, производимом парогенераторами горизонтального типа.

Целью проекта является изучение всех аспектов строительства станции: экономическое обоснование строительства, выбор основного и вспомогательного оборудования тепловой и электрической частей станции, вопросы охраны труда и охраны окружающей среды, выбор топливного хозяйства, описание системы технического водоснабжения, описание водно-химического режима станции.

В ходе выполнения проекта были произведены следующие исследования (разработки): произведен расчет принципиальной тепловой схемы блока и укрупненный расчет парогенератора, были выбраны конденсационные, питательные и циркуляционные насосы, а также теплообменные аппараты, были рассмотрены вопросы автоматизации технологических процессов и АСУ.

Приведенный в дипломном проекте расчетно-аналитический материал объективно отражает состояние сконструированного объекта, все заимствованные из литературных и других источников теоретические и методологические положения и концепции сопровождаются ссылками на их авторов.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Государственное производственное объединение электроэнергетики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.energo.by/> – Дата доступа: 12.05.2022
2. Методическое пособие по дисциплине «Экономика ядерной энергетики» для студентов специальностей 1-43 01 08 – «Паротурбинные установки атомных электрических станций» М [Электронный ресурс]/Кафедра «Экономика и организация энергетики», сост. Нагорнов В.Н. – Электронные данные. – БНТУ, 2016.
3. Атомные электрические станции. Курсовое проектирование: учебное пособие / Седнин А.В., Карницкий Н.Б., Богданович М.Л. – Минск: Высшая школа, 2010. – 150 с. с ил.
4. Сорокин, В.В. Парогенераторы атомных электрических станций: методические указания по выполнению курсового проекта для студентов специальности 1-43 01 08 «Паротурбинные установки атомных электрических станций» / В.В. Сорокин, Н.Б. Карницкий. - Минск: БНТУ, 2013. – 72 с.
5. Тепловые и атомные электрические станции: справочник. В 4 книгах / под общ. ред. В.А. Григорьева, В.М. Зорина. — 2-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – К. 4. – 608 с.
6. 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.
7. Водоподготовка и водно-химический режимы ТЭС и АЭС: учебное пособие. / В. А. Чиж, Н. Б. Карницкий, А. В. Нерезько. – Минск: Высшая школа, 2010. – 351 с.
8. 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. — М. : Энергоатомиздат, 1989. — 608 с.
9. Булат, В. А. Электрическая часть электрических станций и подстанций: учебно-методическое пособие для практических занятий: в 2 ч. Ч.1 / В.А. Булат [и др.]. — Минск: БНТУ, 2014. – 53 с.
10. Рожкова, Л.Д. Электрооборудование электрических станций и подстанций / Л.Д. Рожкова, В.С. Козулин. — М.: Энергия, 1980. – 704 с.
11. 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 «Электро-снабжение (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.

12. Кулаков, Г.Т. Инженерные экспресс-методы расчета промышленных систем регулирования. –Мн.: Высшая школа, 1984 г., 192 с.
13. Кулаков, Г.Т. Анализ и синтез систем автоматического регулирования. – Мн.: Технопринт, 2003 г., 134 с.
14. Кулаков, Г.Т., Кулаков А. Т. Теория автоматического управления. Учебно-методическое пособие. – Минск: БНТУ, 2017. – 133 с.
15. Теория автоматического управления теплоэнергетическими процессами: учебное пособие / Г.Т. Кулакова [и др.]; под редакцией Г.Т. Кулакова. – Минск: Высшэйшая школа, 2017. - 238 с.
16. Демченко, В.А. Автоматизация и моделирование технологических процессов АЭС и ТЭС: Уч. Пособие / В.А. Демченко - Одесса: Астропринт, 2001. – 308 с.
17. Лазаренков, А. М. Охрана труда в энергетической отрасли: учебник/ А.М. Лазаренков, Л.П. Филянович, В.П. Бубнов. — Минск: ИВЦ Минфина, 2011 — 666 с.
18. Нормы и правила по обеспечению ядерной и радиационной безопасности «Общие положения обеспечения безопасности атомных электростанций», утвержденные постановлением МЧС Республики Беларусь от 13.04.2020 №15.
19. АЭС с реакторами типа ВВЭР-1000. От физических основ эксплуатации до эволюции проекта / С. А. Андрущечко, А. М. Афров, Б. Ю. Васильев, В. Н. Генералов, К. Б. Косоуров, Ю. М. Семченков, В. Ф. Украинцев. – М.: Логос, 2010. – 604 с. + цв. вклейки.
20. International Atomic Energy Agency (IAEA), Mitigation of hydrogen hazards in water cooled power reactors, IAEA-TECDOC-1196. – Vienna, 2001.
21. Shapiro Z. M., Moffette T. R. Hydrogen Flammability Data and Application to PWR Loss-of-Coolant Accident, WAPD-SC-545, Westinghouse Electric Corp. – Bettis Plant, Pittsburgh, 1957; The Theoretical Possibilities and Consequences of Major Accidents in Large Nuclear Power Plants, WASH-740, Atomic Energy Comission, 1957.
22. Солдатов Г. Е., Голоднова О. С. О путях снижения риска пожаров в машинных залах АЭС // Атомкон. – 2009. – № 2 (3).
23. Kempself I. D., et al. Hydrogen Explosions – an Example of Hazard Avoidance and Control, IChemE, Symp. Series № 148, 523-539, 2001.
24. Berman N. M., (Ed.) Proc. of the Workshop on the Impact of Hydrogen on Water Reactor Safety. NUREG/CR-2017, SAND 81-0661. – Sandia National Labs, Albuquerque, NM, 1981.
25. Camp A. L. et al. Light Water Reactor Hydrogen Manual, NUREG/CR-2726, SAND 82-113. – Sandia National Labs, Albuquerque, NM, 1983.
26. Della Loggia E. (editor). Hydrogen behavior and mitigation in water-cooled nuclear power reactors. ISBN 92-826- 3364-0, ECSC-EEC-EAEC, Brussels, Luxembourg – 1992

27. Arnould F. Et al. State of Art on Hydrogen Passive Autocatalytic Recombiner, European Union PARSOAR Project // Proceedings of the 9th International Conference on Nuclear Energy (ICONE). – Nice, France, 2001.

28. Mitigation of hydrogen hazards in severe accidents in nuclear power plants, IAEA-TECDOC-1661, 2011.

29. Gupta S., Kanzleiter T., Poss G. Passive autocatalytic recombiners (PAR) and the resulting hydrogen deflagration behavior in LWR containment // The 16th International Topical Meeting on Nuclear Reactor Thermal Hydraulics (NU-RETH16), At Hyatt Regency Chicago. – Chicago, IL, USA, 2015

30. Gupta S., et al. THAI test facility for experimental research on hydrogen and fission product behavior in light water reactor containments // Nuclear Engineering and Design. – 2015. – vol. 294.

31. Liang Z., Gardner L., Clouthier T., Thomas B. Experimental study of effect of ambient flow condition on the performance of as passive autocatalytic recombinder // Nuclear Engineering and Design. – 2016. – vol. 301.

32. Bentaib A., Meynet N., Bleyer A., Overview on hydrogen risk research and development activities: methodology and open issues // Nuclear Engineering and Technology. – 2015.

33. Правила обеспечения водородной взрывозащиты на атомных электростанциях с реакторами типа ВВЭР: нормы и правила по обеспечению ядерной и радиационной безопасности: постановление М-ва по чрезвычайным ситуациям Респ. Беларусь, 11 мая 2010 г., № 19 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://gosatomnadzor.mchs.gov.by/upload/iblock/05e/postanovlenie\\_mchs\\_19.pdf](https://gosatomnadzor.mchs.gov.by/upload/iblock/05e/postanovlenie_mchs_19.pdf) – Дата доступа: 22.05.2023.

34. Сидоров В.Г., Астафьева В.О., Крылов Ю.В., Титов К.С., Кухтевич В.О., Семашко С.Е., Митрюхин А.Г. «Управление тяжелыми авариями на реакторных установках проекта АЭС-2006 (Ленинградская АЭС-2), Атомная энергия, т. 133, вып. 3, сентябрь 2022 с. 144-150.