

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА «ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ЭНЕРГЕТИКИ»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
[Signature] Т.Ф. Манцера
«06» 06 2022 г.

**РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА**

**РАЗВИТИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ В
ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ РЕСПУБЛИКИ
БЕЛАРУСЬ**

Специальность 1-27 01 01 – «Экономика и организация производства»

Направление специальности 1-27 01 01-10 – «Экономика и организация
производства (энергетика)»

Обучающийся группы 10607118 [Signature] 01.06.22 М.А. Черный

Руководитель [Signature] 02.06.22 Д.А. Лапченко

Консультанты

по разделу конструкторско-технологическая часть [Signature] 14.04.22 В.Д. Тихно

по разделу охрана труда [Signature] 25.03.22 Л.П. Филянович

Ответственный за нормоконтроль [Signature] 26.05.22 А.В. Левковская

Объем проекта:
пояснительная записка – 100 страниц;
графическая часть – 40 листов;
магнитные (цифровые) носители – 1 единиц.

Минск 2022

РЕФЕРАТ

Дипломный проект: 100 с., 23 рис., 17 табл., 62 источника, 4 прил.

ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС, ЭНЕРГОПЕРЕХОД, БЕЗУГЛЕРОДНАЯ ЭНЕРГЕТИКА, ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ, ВОДОРОДНАЯ ЭНЕРГЕТИКА, ЦИФРОВИЗАЦИЯ, РАСПРЕДЕЛЕННАЯ ГЕНЕРАЦИЯ, «УМНЫЕ» СЕТИ

Предметом исследования является развитие перспективных технологий в энергетике Республики Беларусь.

Объект исследования – энергетический сектор, определяющий развитие топливно-энергетического комплекса Республики Беларусь.

Цель исследования – на основе изучения перспективных энергетических технологий обосновать целесообразность комплексного использования возобновляемых источников энергии и «умных» сетей в энергетике Республики Беларусь.

В процессе исследования было проведено углубленное теоретическое изучение различных перспективных энергетических технологий, проведен анализ тенденций развития энергетики в мире и выделены основные перспективные направления в развитии энергетики Беларуси. Результатом является экономическая оценка реализации проекта цифровой подстанции и обоснование эффективности комплексного использования возобновляемых источников энергии и «умных» сетей на примере проекта ветроэлектростанции, предусматривающего строительство цифровой подстанции. Проведен расчет схемы автономной фотоэлектрической системы для снабжения цеха, рассмотрены вопросы охраны труда.

Элементом практической значимости является приведенная методика экономической оценки эффективности применения цифровых подстанций.

Областью возможного практического применения результатов исследования является энергетический сектор Беларуси.

Расчетно-аналитический материал, приведенный в дипломном проекте, отражает область освоения перспективных энергетических технологий в топливно-энергетическом комплексе Республики Беларусь, все заимствованные из литературы и других источников теоретические и методологические положения и концепции сопровождаются ссылками.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Макаров А.А. Прогноз развития энергетики мира и России / А.А. Макаров, Т.А. Митрова, В.А. Кулагин. – М. : ИНЭИ РАН, 2019. – 210 с.
2. Каменков, В.С. Правовое регулирование будущего энергоперехода / В.С. Каменков. – Минск : Энергоэффективность. – 2022. – № 3 (293). – С. 7-9.
3. Солнечная энергетика : учебное пособие для вузов / В.И. Виссарионов [и др.]. – М. : Издательский дом МЭИ, 2008. – 320 с.
4. Германович, В. Альтернативные источники энергии и энергосбережение / В. Германович, А. Турилин. – СПб. : Наука и Техника, 2014. – 320 с.
5. Нечаев, И.С. Особенности и проблемы развития ветровой энергетики / И.С. Нечаев, Д.Е. Шонина // Молодой ученый. – 2019. – № 15. – С. 44-46.
6. Новое рождение ветроэнергетики [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://magazine.neftegaz.ru/articles/vozobnovlyaemye-istochniki-energii/387004-novoe-rozhdenie-vetroenergetiki/>. – Дата доступа : 12.04.2022.
7. Биоэнергетика: возрождение [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://altenergiya.ru/bio/bioenergetika-vozrozhdenie.html>. – Дата доступа : 12.04.2022.
8. Гидроэнергетика [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.krugosvet.ru/enc/nauka_i_tehnika/tehnologiya_i_promyshlennost/GIDROENERGETIKA.html. – Дата доступа : 12.04.2022.
9. Радченко, Р.В. Водород в энергетике : учебное пособие / Р.В. Радченко, А.С. Мокрушин, В.В. Тюльпа. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2014. – 229 с.
10. Клямкин, С.Н. Водородная энергетика: достижения и проблемы / С.Н. Клямкин, Б.П. Тарасов // Возобновляемые источники энергии. – 2008. – № 5. – С. 147-157.
11. Атомная энергетика [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://scienceforum.ru/2021/article/2018027023>. – Дата доступа : 12.04.2022.
12. Проблемы утилизации отработанного оборудования зеленой энергетике [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://habr.com/ru/company/mvideo/blog/599687/>. – Дата доступа : 17.04.2022.
13. Вторая жизнь урана: что делают в современном мире с отработанным ядерным топливом [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://hightech.fm/2019/10/21/nuclear-second>. – Дата доступа : 17.04.2022.
14. Алексеева, И.В. Проблема хранения энергии и способы ее решения / И.В. Алексеева ; науч. рук. О.А. Пекарчик // Актуальные проблемы

энергетики : материалы 73-й науч.-техн. конф. студентов и аспирантов / БНТУ. – Минск : БНТУ, 2017. – С. 896-898.

15. Цифровизация энергетики. Предпосылки, развитие, прогноз / И.Н. Паскарь [и др.] // Изв. Тульского гос. ун-та. Технические науки. – 2020. – № 8. – С. 44-58.

16. Цифровая трансформация и энергетика [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://energypolicy.ru/czifrovaya-transformacziya-i-energetika/energoperehod/2021/17/13/>. – Дата доступа : 17.04.2022.

17. Ховалова, Т.В. Эффекты внедрения интеллектуальных электроэнергетических сетей / Т.В. Ховалова, С.С. Жолнерчик // Стратегические решения & риск-менеджмент. – 2018. – № 2. – С. 92-101.

18. Электроэнергетика 4.0: перейти на цифру [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://atomicexpert.com/electricenergy40>. – Дата доступа : 17.04.2022.

19. Кузнецов, А.С. Роль smart grids в формировании и реализации электроэнергетической стратегии / А.С. Кузнецов // Экономика и управление. – 2016. – № 3. – С. 60-65.

20. Цифровизация энергетики: международный опыт и взгляд в будущее [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://matveev-igor.ru/articles/415125>. – Дата доступа : 17.04.2022.

21. Текслер, А.Л. Цифровизация энергетики: от автоматизации процессов к цифровой трансформации отрасли / А.Л. Текслер. – 2018. – № 5. – С. 3-6.

22. Интенсивность использования энергии на единицу ВВП при постоянном паритете покупательной способности (ППС) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://yearbook.enerdata.ru/total-energy/world-energy-intensity-gdp-data.html>. – Дата доступа : 21.04.2022.

23. Состояние возобновляемой энергетики: глобальный отчет [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/REN21_GSR2016_KeyFindings_RUSSIAN.pdf. – Дата доступа : 21.04.2022.

24. Ковалев, М.М. Будущее белорусской энергетики на фоне глобальных трендов : монография / М.М. Ковалев, А.С. Кузнецов. – Минск : Изд. центр БГУ, 2018. – 223 с.

25. Топливо-энергетический комплекс Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://zavtrasessiya.com/index.pl?act=PRODUCT&id=181>. – Дата доступа : 22.04.2022.

26. Энергетический баланс Республики Беларусь : статистический сборник. – Минск : Нац. стат. комитет Респ. Беларусь, 2021. – 148 с.

27. Белорусская АЭС как точка роста [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://belchemoil.by/news/analitika/beloruskaya-aes-kak-tochka-rosta>. – Дата доступа : 22.04.2022

28. Подготовить научные предложения и информационно-аналитические материалы по нивелированию ключевых проблем энергетики Республики Беларусь с проведением анализа зарубежного опыта по преодолению аналогичных проблем : отчет о НИР (заключ.) / НИЭИ Министерства экономики Республики Беларусь ; рук. Г.В. Германович. – Минск, 2020. – 258 с. – Инв. № 20201480.

29. Как отразится на экологии перевод белорусских котельных на мазут [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://greenbelarus.info/articles/10-01-2020/kak-otrazitsya-na-ekologii-perevod-belarusskikh-kotelnykh-na-mazut>. – Дата доступа : 22.04.2022.

30. Производство электрической энергии [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.belenergo.by/content/deyatelnost-obedineniya/proizvodstvo-elektricheskoy-energii/>. – Дата доступа : 22.04.2022.

31. Информация о результатах реализации Государственной программы «Энергосбережение» на 2016-2020 годы [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://energoeffekt.gov.by/programs/govporgram20162020/20210618_itogi2016-2020. – Дата доступа : 22.04.2022.

32. Возобновляемая энергетика становится самым быстро развивающимся видом генерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://belchemoil.by/news/analitika/vozobnovlyaemaya-energetika-stanovitsya-samym-bystro-razvivayushhimsya-vidom-generacii>. – Дата доступа : 22.04.2022.

33. Об утверждении Концепции энергетической безопасности Республики Беларусь [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Республики Беларусь, 23 дек. 2015 г., № 1084 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь. – Режим доступа : <https://etalonline.by/document/?regnum=c21501084>. – Дата доступа : 29.04.2022.

34. Программа комплексной модернизации производств энергетической сферы на 2021-2025 годы [Электронный ресурс] : постановление Министерства энергетики Республики Беларусь, 5 апр. 2021 г., № 19 // Энергодokument. Нормативные технические документы по электроэнергетике. – Режим доступа : <https://energodoc.by/document/view?id=4225>. – Дата доступа : 29.04.2022.

35. Цифровизация объектов Белорусской энергосистемы успешно развивается [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://minenergo.gov.by/press/novosti/tsifrovizatsiya-obektov-beloruskoy-energo-sistemy-uspeshno-razvivaetsya>. – Дата доступа : 29.04.2022.

36. Интегрирование ВИЭ в энергетические сети [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://itexn.com/8503_integrirovanie-vije-v-jenergeticheskie-seti-umnye-seti-smart-grids.html. – Дата доступа : 03.05.2022.
37. Кузьменкова, В.Д. Цифровизация электроэнергетической промышленности / В.Д. Кузьменкова // Естественно-гуманитарные исследования. – 2019. – № 26 (4). – С. 115-119.
38. Симонов, А.М. Разработка проекта цифровой подстанции : магистерская диссертация : 13.04.02 / А.М. Симонов. – Тольятти, 2019. – 99 с.
39. Анализ и моделирование затрат ветровой электростанции на производство энергии / Б.Г. Тучинский [и др.] // Альтернативная энергетика и экология. – 2012. – № 07 (111). – С. 68-76.
40. Результаты работы ветроэнергетических установок в Республике Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://eneca.by/novosti/energetika-i-energoeffektivnost/rezultaty-raboty-vetroenergeticheskikh-ustanovok-v-respublike-belarus>. – Дата доступа : 03.05.2022.
41. О возобновляемых источниках энергии [Электронный ресурс] : закон Республики Беларусь, 27 дек. 2010 г., № 204-З // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь. – Режим доступа : <https://etalonline.by/document/?regnum=N11000204>. – Дата доступа : 03.05.2022.
42. Национальный банк Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.nbrb.by/statistics/monetarypolicyinstruments/refinancingrate>. – Дата доступа : 03.05.2022.
43. Солнечная электростанция: устройство, компоненты [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://reenergo.ru/blog/solnechnaya-elektrostantsiya-ustrojstvo-komponenty/>. – Дата доступа : 12.04.2022.
44. Фотоэлектрические системы : пособие / А.П. Достанко [и др.]. – Минск : БГУИР, 2014. – 67 с.
45. Фотоэлектрическое преобразование солнечной энергии / В. Поулек [и др.]. – М. : ГНУ ВИЭСХ, 2013. – 324 с.
46. Саврасов, Ф.В. Варианты построения автономных систем электроснабжения с использованием фотоэлектрических устройств / Ф.В. Саврасов // Науковедение. – 2013. – № 6. – С. 1-13.
47. Фотоэлектрические системы: перспективы, состав, параметры [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://chipdoc.ru/lite/106.html>. – Дата доступа : 12.04.2022.
48. Радкевич, В.Н. Электроснабжение промышленных предприятий : учебное пособие / В.Н. Радкевич, В.Б. Козловская, И.В. Колосова. – Минск : ИВЦ Минфина, 2015. – 589 с.

49. Четошникова, Л.М. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии : учебное пособие / Л.М. Четошникова. – Челябинск : Изд-во ЮУрГУ, 2010. – 69 с.

50. Козловская, В.Б. Определение расхода электроэнергии на освещение промышленных предприятий / В.Б. Козловская, В.Н. Радкевич // Изв. вузов и энергетических объединений СНГ. Энергетика. – 2008. – № 4 – С. 5-11.

51. Электрическая часть электрических станций и подстанций : учебное пособие / В.Н. Мазуркевич [и др.]. – Минск : БНТУ, 2017. – 62 с.

52. Бессель, В.В. Изучение солнечных фотоэлектрических элементов : учебно-методическое пособие / В.В. Бессель, В.Г. Кучеров, Р.Д. Мингалеева. – М. : Изд. центр РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2016. – 90 с.

53. Тепломеханическое оборудование электростанций и тепловых сетей. Правила по обеспечению безопасности при эксплуатации : ТКП 608-2017 (33240). – Введ. 14.06.2017. – Минск : Экономэнерго, 2017. – 184 с.

54. Лазаренков, А.М. Охрана труда в энергетической отрасли : учебник / А.М. Лазаренков, Л.П. Филянович, В.П. Бубнов. – Минск : ИВЦ Минфина, 2010. – 655 с.

55. Правила технической эксплуатации теплоустановок и тепловых сетей потребителей : ТКП 458-2012 (02230). – Введ. 26.12.2012. – Минск : БЕЛТЭИ, 2012. – 46 с.

56. Правила техники безопасности при эксплуатации теплоустановок и тепловых сетей потребителей : ТКП 459-2012 (02230). Введ. 26.12.2012. – Минск : БЕЛТЭИ, 2012. – 21 с.

57. Об утверждении типовой инструкции по охране труда при выполнении работ внутри колодцев, цистерн и других емкостных сооружений [Электронный ресурс] : постановление Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь, 30 дек. 2008 г. № 214 : в ред. постановления Министерства труда и соц. защиты от 30.03.2011 № 23 // Нац. правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа : [https://pravo.by/pdf/2011-61/2011-61\(128-141\).pdf](https://pravo.by/pdf/2011-61/2011-61(128-141).pdf). – Дата доступа : 12.03.2022.

58. О вопросах в области теплоснабжения [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Республики Беларусь, 11 сент. 2019 г. № 609 : в ред. постановления Совета Министров от 26.10.2021 № 611 // Нац. правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа : <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C21900609&p1=1>. – Дата доступа : 23.03.2022.

59. Об утверждении правил по обеспечению промышленной безопасности в области газоснабжения Республики Беларусь [Электронный ресурс] : постановление Министерства по чрезвычайным ситуациям

Республики Беларусь, 2 фев. 2009 г., № 6 : в ред. постановления МЧС от 23.02.2018 № 7 // Нац. правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа : <https://pravo.by/document/?guid=3961&p0=W209p0013>. – Дата доступа : 23.03.2022.

60. Газораспределение и газопотребление : СН 4.03.01-2019. – Введ. 26.12.2019. – Минск : Стройтехнорм, 2019. – 110 с.

61. Челноков, А.А. Охрана труда : учебник / А.А. Челноков, И.Н. Жмыхов, В.Н. Цап. – Минск : Вышэйшая школа, 2010. – 481 с.

62. Об утверждении Инструкции о порядке обеспечения работников средствами индивидуальной защиты [Электронный ресурс] : постановление Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь, 30 дек. 2008 г., № 209 : в ред. постановления Министерства труда и соц. защиты от 27 июня 2019 г. № 30 // Нац. правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа : [https://pravo.by/document/?guid=2012&oldDoc=2009-68/2009-68\(044-055\).pdf&oldDocPage=1](https://pravo.by/document/?guid=2012&oldDoc=2009-68/2009-68(044-055).pdf&oldDocPage=1). – Дата доступа : 23.03.2022.