

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА «ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ЭНЕРГЕТИКИ»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

 Т. Ф. Манцерова

«10» 06 2026 г.

РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

ВНЕДРЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ  
В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Специальность 1–27 01 01 10 «Экономика и организация энергетики»

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

Обучающийся  
группы 10607122

 29.04.2026 А. С. Мелькова

Руководитель

 29.04.2026 Е. П. Корсак

Консультанты

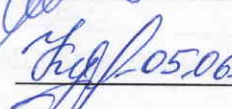
по разделу конструкторско-  
технологическая часть

 21.05.26 Е. А. Дерюгина

по разделу охрана труда

 29.06.2026 Ю. Н. Фасевич

Ответственный за нормоконтроль

 05.06.2026 А. В. Левковская

Объем проекта:

пояснительная записка – 115 страниц;

графическая часть – 10 листов;

магнитные (цифровые) носители – 1 единиц.

Минск 2026

## РЕФЕРАТ

Дипломный проект: 115 с., 33 рис., 26 табл., 50 источников, 5 прил.

ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ, ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА, ТЭЦ,  
ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ, ЭКОНОМИЯ ТОПЛИВА, ЦИФРОВИЗАЦИЯ,

Объектом исследования является филиал «Минская ТЭЦ-4» РУП «МИНСКЭНЕРГО» как площадка для внедрения цифрового двойника

Целью данного проекта является разработка и обоснование внедрения цифрового двойника на филиал «Минская ТЭЦ-4» РУП «МИНСКЭНЕРГО», а также оценка эффективности этого проекта.

Предметом исследования являются цифровые двойники, как инструмент цифровизации электроэнергетики Республики Беларусь, применяемые с целью оптимизации работы предприятий.

В процессе выполнения дипломного проекта были рассмотрены современные технологии цифровизации, среди которых цифровые двойники выступают как универсальное решение, применяемое на всех стадиях производства электроэнергии, имеющее выраженный экономический эффект.

Практическое применение данного решения исследовалось на примере филиала «Минская ТЭЦ-4» РУП «МИНСКЭНЕРГО». В рамках проекта предложено внедрение цифрового двойника на базе имеющейся математической модели энергоблока.

Студент-дипломник подтверждает, что приведенный в дипломной проекте расчетно-аналитический материал объективно отражает состояние исследуемого процесса, а все заимствованные из литературных источников теоретические, методологические и методические положения и концепции сопровождаются ссылками на их авторов.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ТГК-1: Новейшие технологии индустрии 4.0 для максимально эффективного управления энергетическими активами: [отчёт]. – [Санкт-Петербург], 2026. – URL: <https://www.tgc1.ru/digital-solutions/> (дата обращения: 25.04.2026).
2. Толковый словарь терминов и понятий по вопросам цифровой трансформации. – URL: <https://elib.bsu.by/bitstream/123456789/236902/1/%D0%A1%D0%BB%D0%BE.pdf> (дата обращения: 25.04.2026).
3. Мелькова, А. С. Применение цифрового подхода к управлению в бизнес-процессах энергетики / А. С. Мелькова, М. А. Сильванович, М. Р. Пильковская// VII Международный форум молодых управленцев: сб. материалов, Минск, 12 марта 2025 г. / Акад. упр. при Президенте Респ. Беларусь; под общ. ред. О. Н. Солдатовой [и др.]. – Минск, 2025. – С. 546–549.
4. Прохоров, А. Цифровой двойник. Анализ, тренды, мировой опыт / А. Прохоров, М. Лысачев; науч. ред. А. Боровков. – М.: АльянсПринт, 2020. – 401 с.
5. ISO 23247-1:2021. Automation systems and integration — Digital twin framework for manufacturing — Part 1: Overview and general principles [Electronic resource]. – [Geneva]: ISO, 2021. – URL: <https://www.iso.org/standard/75066.html> (date of access: 03.05.2026).
6. ГОСТ Р 57700.37-2021. Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий. Общие положения = Computer models and simulation. Digital twins of products. General provisions. – М. Российский институт стандартизации, 2021. – III, 16 с.
7. Мелькова А. С. Использование технологии "интернет вещей (IoT)" в энергетике / А. С. Мелькова, М. Р. Пильковская, науч. руководитель Е. П. Корсак// Экономика и управление: социальный, экономический и инженерный аспекты / Сборник научных статей по материалам VI Международной научно-практической конференции (23-24 ноября 2023 г., г. Брест) / – Брест: Изд. БрГТУ, 2023 – Т. 2. – с. 230-233.
8. Научная Россия [сайт]. – Москва, 2026. – URL: <https://old.scientificrussia.ru/articles/ucenye-iz-leti-razrabotali-cifrovoj-dvojniki-dla-optimizacii-raboty-solnecnyh-svetoteplovyh-elektrostantsij> (дата обращения: 03.05.2026).
9. MITNETZ STROM digitizes [Electronic resource]: how a digital twin keeps transformers in good shape / Maschinenfabrik Reinhausen // ONLOAD: the Reinhausen-Magazine. – 2024. – 16 Dec. –

URL: <https://onload.reinhausen.com/en/12-2024/transformer-retrofit-digitization/> (date of access: 03.05.2026).

10. Никитина, Е. А. [файл]: [электрон. ресурс]. – 2019. – URL: [https://xn----glcfcctdci4bhow0as6psb.xn--p1ai/wp-content/uploads/2019/09/005\\_nikitina-ees\\_-4-46\\_2019.pdf](https://xn----glcfcctdci4bhow0as6psb.xn--p1ai/wp-content/uploads/2019/09/005_nikitina-ees_-4-46_2019.pdf) (дата обращения: 03.05.2026).

11. Газета.ru [сайт]. – Москва 1999-2026. – URL: <https://www.gazeta.ru/business/news/2024/07/04/23384635.shtml> (дата обращения: 03.05.2026).

12. Аскирко, Т. Более 500 станков в единой сети: БЕЛАЗ создает цифровую экосистему завода / Т. Аскирко // BUTIKAVTO – URL: [https://butikavto.by/news/bolee\\_500\\_stankov\\_v\\_edinoj\\_seti\\_belaz\\_sozdaet\\_tsifrovuyu\\_ekosistemu\\_zavoda](https://butikavto.by/news/bolee_500_stankov_v_edinoj_seti_belaz_sozdaet_tsifrovuyu_ekosistemu_zavoda) – Дата публ.: 15.04.2026г.

13. Мосеев, В. Как цифровые двойники меняют жизнь мегаполисов / В. Мосеев // СДЖ – URL: [https://butikavto.by/news/bolee\\_500\\_stankov\\_v\\_edinoj\\_seti\\_belaz\\_sozdaet\\_tsifrovuyu\\_ekosistemu\\_zavoda](https://butikavto.by/news/bolee_500_stankov_v_edinoj_seti_belaz_sozdaet_tsifrovuyu_ekosistemu_zavoda) – Дата публ.: 07.11.2025г.

14. NBI [сайт]. – Москва, 2026. – URL: <https://nbiservice.ru/products/emas-opt/emas-opt-optimizaciya-proizvodstvennyh-processov/> (дата обращения: 03.05.2026).

15. РОСАТОМ [сайт]. – Москва, 2026. – URL: <https://old.scientificrussia.ru/articles/ucenye-iz-leti-razrabotali-cifrovoj-dvojniki-dla-optimizacii-raboty-solnecnyh-svetoteplovyh-elektrostantsij> (дата обращения: 03.05.2026).

16. DATA BRIDGE MARKET RESEARCH: Global Digital Twin Market Size, Share, and Trends Analysis Report – Industry Overview and Forecast to 2032 [cfqn]. – 2026. – URL: <https://www.databridgemarketresearch.com/reports/global-digital-twin-market> (дата обращения: 03.05.2026).

17. digital-build.ru [сетевое издание]. – Москва, 2026. – URL: <https://digital-build.ru/news/czifrovoj-dvojniki-yanczy-pomogaet-minimizirovat-posledstviya-navodnenij/> (дата обращения: 03.05.2026).

18. EDF [сайт]. – 2026. – URL: <https://www.edf.fr/en/pulse/ventures-portfolio-metroscope> (дата обращения: 03.05.2026).

19. Clarion Events [сайт]. – 2026. – URL: <https://www.edf.fr/en/pulse/ventures-portfolio-metroscope> (дата обращения: 03.05.2026).

20. New Civil Engineer [сайт]. – 2026. – URL: <https://www.edf.fr/en/pulse/ventures-portfolio-metroscope> (дата обращения: 03.05.2026).

21. Ведомости/технологии [сайт]. – 2026. – URL: [https://www.vedomosti.ru/technologies/industries\\_and\\_markets/articles/2023/12/04/1008781-promishlennost-stavit-na-tsifru](https://www.vedomosti.ru/technologies/industries_and_markets/articles/2023/12/04/1008781-promishlennost-stavit-na-tsifru) (дата обращения: 03.05.2026).
22. ХАБР [сайт]. – 2006-2026. – URL: [https://www.vedomosti.ru/technologies/industries\\_and\\_markets/articles/2023/12/04/1008781-promishlennost-stavit-na-tsifru](https://www.vedomosti.ru/technologies/industries_and_markets/articles/2023/12/04/1008781-promishlennost-stavit-na-tsifru) (дата обращения: 03.05.2026).
23. ТРЕНДЫ [сайт]. – 1995–2026. – URL: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/652feccd9a794700ab369546> (дата обращения: 03.05.2026).
24. HITACHI ENERGY [сайт]. – 2025. – URL: <https://www.hitachienergy.com/news-and-events/customer-stories/zhangbei> (дата обращения: 03.05.2026).
25. Радио РБК [сайт]. – 2026. – URL: [https://www.rbc.ru/technology\\_and\\_media/05/03/2025/67c69b119a7947caad8c0e55?utm\\_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F](https://www.rbc.ru/technology_and_media/05/03/2025/67c69b119a7947caad8c0e55?utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F) (дата обращения: 03.05.2026).
26. ДЖЭТ РОСАТОМ [сайт]. – Москва, 2026. – URL: [https://get-sim.ru/napravleniya/energetika/?tab=2#energetics\\_tabs](https://get-sim.ru/napravleniya/energetika/?tab=2#energetics_tabs) (дата обращения: 03.05.2026).
27. ENERGY EXPO [сайт]. – Москва, 2026. – URL: <https://energyexpo.by/> (дата обращения: 03.05.2026).
28. Мелькова А. С., Цифровизация энергетического комплекса Республики Беларусь / Мелькова А. С., Сильванович М. А., Пильковская М. Р., науч. руководитель Е. П. Корсак // Международная молодежная научная конференция Тинчуринские чтения – 2025 «Энергетика и цифровая трансформация/ Материалы Международной молодежной научной конференции. / ред Э.Ю. Абдуллазянова. [и др.]. — Казань: Изд. центр КГЭУ, – Т. 3. с.321-324.
29. Шамко, Д. В Беларуси создан цифровой двойник газовой отрасли / Д. Шамко // SB.BY – URL: <https://www.sb.by/articles/v-belarusi-sozdan-tsifrovoy-dvoynik-gazovoy-otrasli-aytigaz-.html> – Дата публ.: 22.11.2023г.
30. О Государственной программе «Устойчивая энергетика и энергоэффективность» на 2026–2030 годы: постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 31 декабря 2025 г. № 819 : в ред. от 21 января 2026 г. // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=W22238791> (дата обращения: 14.05.2026).
31. Программа комплексной модернизации производств энергетической сферы на 2021 – 2025 годы. – URL: <https://minenergo.gov.by/wp>

content/uploads/2021/%D0%9F%D0%9A%D0%9C%D0%AD%202025%D1%81.pdf (дата обращения: 23.05.2026).

32. Артеага, В. Цифровизация энергетической отрасли Беларуси — итоги и прогнозы / В. Артеага // SB.BY — URL: <https://www.sb.by/articles/energiya-progressa-energosphera-cifrovizaciya.html> — Дата публ.: 19.12.2025г.

33. О Государственной программе «Цифровая Беларусь» на 2026–2030 годы: постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 30 декабря 2025 г. № 793: в ред. от 10 января 2026 г. // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. — URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C22500793> (дата обращения: 16.05.2026).

34. Лидеры цифровой экономики [сайт]. — 1995–2026. — URL: <https://digitalleaders.by/> (дата обращения: 03.05.2026).

35. РУП «МИНСКЭНЕРГО»: афиц. сайт Рэсп. Беларусь. — Минск, 2026. — URL: <https://web.minskenergo.by/> (дата обращения: 07.05.2026).

36. МОНИТОР ЭЛЕКТРИК [сайт]. — 2026. — URL: <https://monitel.ru/products/СК-11/> (дата обращения: 07.05.2026).

37. Rabota.by [сайт]. — 2026. — URL: [https://rabota.by/search/vacancy?hhtmFrom=main&hhtmFromLabel=vacancy\\_search\\_line&search\\_field=name&search\\_field=company\\_name&search\\_field](https://rabota.by/search/vacancy?hhtmFrom=main&hhtmFromLabel=vacancy_search_line&search_field=name&search_field=company_name&search_field) (дата обращения: 07.05.2026).

38. Praca.by [сайт] — 2000-2026 — URL: [https://praca.by/search/vacancies/?search%5Bquery%5D=%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B8%D1%81%D1%82&search%5Bq\\_par%5D%5Bheadline%5D=0](https://praca.by/search/vacancies/?search%5Bquery%5D=%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B8%D1%81%D1%82&search%5Bq_par%5D%5Bheadline%5D=0) (дата обращения: 07.05.2026)

39. LinkedIn<https://ru.linkedin.com/> [сайт] — 2026 — <https://ru.linkedin.com/> (дата обращения: 07.05.2026).

40. Министерство труда и социальной защиты Республик Беларусь [сайт] — 2026 — URL: <https://president.gov.by/ru/statebodies/nacionalnyy-bank-respubliki-belarus> дата обращения: 07.05.2026).

41. Вестник АРМАТУРОСТРОИТЕЛЯ [сайт]. — 2026 — URL: [https://www.rbc.ru/technology\\_and\\_media/05/03/2025/67c69b119a7947caad8c0e55?utm\\_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F](https://www.rbc.ru/technology_and_media/05/03/2025/67c69b119a7947caad8c0e55?utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F) (дата обращения: 07.05.2026).

42. Департамент по энергоэффективности Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь: [сайт]. — Минск, 2026. — URL: [https://energoeffect.gov.by/supervision/framework/information/20250424\\_sprav-2](https://energoeffect.gov.by/supervision/framework/information/20250424_sprav-2) (дата обращения: 07.05.2026).

43. Национальный банк Республики Беларусь: [сайт]. – Минск, 2000-2026. – URL: <https://www.nbrb.by/statistics/monetarypolicyinstruments/refinancingrate> (дата обращения: 07.05.2026).

44. Положение о системе управления охраной труда Министерства энергетики: утверждено Постановлением М-ва энергетики Респ. Беларусь 30.12.19 – Минск: Министерство энергетики Республики Беларусь, 2019 – 19

45. Филянович, Л.П., Фасевич Ю.Н. Учебно практическое пособие для студентов энергетического факультета «Электрозащитные средства»// Л.П. Филянович, Ю.Н. Фасевич, Е.В. Мордик. – Минск: БНТУ, 2021.

46. Лазаренков, А.М., Фасевич Ю.Н. Учебно практическое пособие для студентов заочной формы обучения специальностей механико-технологического факультета при выполнении контрольной работы по дисциплине "Охрана труда" [Электронный ресурс] / А. М. Лазаренков, Ю. Н. Фасевич; Белорусский национальный технический университет, Кафедра "Охрана труда". – Минск: БНТУ, 2019. – 124с.

47. Электронный учебно-методический комплекс по дисциплине «Охрана труда»/ Лазаренков А.М., Кот Т.П., Пантелеенко Е.Ф., Фасевич Ю.Н. – Регистр. № БНТУ ЭУМК МТФ 35 547. Регистр. свид-во НИРУП «ИППС» № 186 2022905 от 02.07.2020 г.

48. Лазаренков, А. М. Пожарная безопасность: учебное пособие по дисциплине «Охрана труда» [Электронный ресурс] / А. М. Лазаренков, Ю. Н. Фасевич. – Электрон. дан. – Минск: БНТУ, 2019. — 125 с.

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

50. Охрана труда и пожарная безопасность: учеб. пособие / А. М. Лазаренков, Ю. Н. Фасевич; под общ. ред. А. М. Лазаренкова. — Минск: ИВЦ Минфина, 2025. — 636 с.