



АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФИЗИКИ, ЭЛЕКТРОНИКИ И ЭНЕРГЕТИКИ (АПФЭЭ-2024)

Электронный сборник материалов
II Международной научно-
практической конференции
(Новополоцк, 14 ноября 2024 г.)

Текстовое электронное издание

Новополоцк / 2025

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ЕВФРОСИНИИ ПОЛОЦКОЙ»

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ФИЗИКИ, ЭЛЕКТРОНИКИ И ЭНЕРГЕТИКИ
(АПФЭЭ-2024)**

Электронный сборник материалов
II Международной научно-практической конференции
(Новополоцк, 14 ноября 2024 г.)

Текстовое электронное издание

Новополоцк
Полоцкий государственный университет
имени Евфросинии Полоцкой
2025

УДК 53.06;621-3;378.4

Рекомендован к изданию методической комиссией
факультета компьютерных наук и электроники
Полоцкого государственного университета имени Евфросинии Полоцкой
(протокол № 5 от 23.12.2024 г.)

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

д-р техн. наук, проф., проф. кафедры электронной техники и технологии Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники *В.Л. ЛАНИН*;
д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой технологии и оборудования машиностроительного производства Полоцкого государственного университета имени Евфросинии Полоцкой
Н. Н. ПОПОК.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

В. А. БОГУШ, д-р техн. наук, проф. (председатель);
Р. П. БОГУШ, д-р техн. наук, доц.;
В. Г. ЗАЛЕССКИЙ, д-р физ.-мат. наук, доц.;
В. К. ЖЕЛЕЗНЯК, д-р техн. наук, проф.;
Ю. П. ГОЛУБЕВ, канд. техн. наук, доц.;
С. В. БОСЛОВЯК, канд. экон. наук, доц. (отв. за выпуск)

Актуальные проблемы физики, электроники и энергетики (АПФЭЭ-2024) [Сайт] : эл. сб. материалов II Междунар. науч.-практ. конф., Новополоцк, 14 нояб. 2024 г. / Полоц. гос. ун-т им. Евфросинии Полоцкой; редкол.: В. А. Богуш (пред.) [и др.]. – Новополоцк, 2025. – URL: <https://elib.psu.by/handle/123456789/38041>.

ISBN 978-985-531-899-7.

Представлены результаты новейших научных исследований в области физики, электроники и энергетики, а именно: методы и технологии применения компьютерного моделирования для решения инженерно-физических задач и при подготовке специалистов; развития технологий инфракрасного слежения за объектами; программная инженерия; изучение влияния химического состава и структуры на свойства веществ; применения информационных технологий в энергетике; защита информации и технологии информационной безопасности; проблемы и инновационные технологии подготовки специалистов инженерно-технического профиля.

*Сборник включен в Государственный регистр информационного ресурса.
Регистрационное свидетельство № 3292331561 от 20.01.2023.*

Сборник входит в Российский индекс научного цитирования.

211440, ул. Блохина, 30, г. Новополоцк,
Витебская обл., Республика Беларусь,
тел. 8 (0214) 59 95 72, e-mail: fkne@psu.by

№ госрегистрации 3292331561
ISBN 978-985-531-899-7

©Полоцкий государственный университет
имени Евфросинии Полоцкой, 2025

Для создания текстового электронного издания «Актуальные проблемы физики, электроники и энергетики (АПФЭЭ-2024)» использованы текстовый процессор Microsoft Word и программа Adobe Acrobat XI Pro для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF.

**Актуальные проблемы
физики, электроники и энергетики
(АПФЭЭ-2024)**

Электронный сборник материалов
III Международной научно-практической конференции
(Полоцк, 29 марта 2024 г.)

Техническое редактирование и верстка *С. Е. Рясовой*.
Компьютерный дизайн: *отдел по связям с общественностью*.

Подписано к использованию 21.02.2025.

Объем издания: 16 Мб. Заказ 049.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования «Полоцкий государственный университет
имени Евфросинии Полоцкой».

Свидетельство о государственной регистрации
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/305 от 22.04.2014, перерегистрация от 24.08.2022.

ЛП № 02330/278 от 08.05.2014.

211440, ул. Блохина, 29,
г. Новополоцк,
Тел. 8 (0214) 59-95-41, 59-95-44
<http://www.psu.by>

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ	9
ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ	9

Секция I.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ И ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ

Гвоздиков Е. В., Журавлёв Ю. Н. Изучение колебательных инфракрасных и комбинационных спектров, спектров отражения и диэлектрической функции щелочноземельных нитратов $Ba_2NO_3(OH)_3$ и $Sr_2NO_3(OH)_3$	10
Хадкевич К. И., Сковородко М. А. К вопросу моделирования процессов соударения частиц.....	16
Dronina L. A., Kovalchuk N. G., Papou V. A., Patapovich A. V., Prischepa S. L. Time response characteristics of photodetector based on graphene/n-Si heterojunction	20
Плетюхов В. А., Кузьмич А. М. Массивные калибровочно-инвариантные поля в теории релятивистских волновых уравнений	24
Демидчик А. В. Влияние легирования оловом на электрические свойства быстрозатвердевшего сплава $Bi_{0,89}Sb_{0,11}$	28
Шепелевич В. Г., Кушнер Т. Л., Гладковский В. И., Пинчук А. И., Максимов Ю. В. Зеренная структура сплава Al-1,5 масс. % Pb	32
Ворсин Н. Н., Гладыщук А. А., Кушнер Т. Л., Тарасюк Н. П., Чугунов С. В. Моделирование р-і-n фотодиодов на основе AlGaIn	36
Филиппов В. В., Родионова А. А. Математическое моделирование квантовых состояний в пленочных ферромагнитных наноструктурах	41
Милосердов А. И., Лысов Н. Ю., Дмитриев Д. Д., Жунь В. И., Шмелев А. Я. Влияние неоднородности разрядного промежутка на газодинамические процессы в барьерном озонаторе	47
Солдатенко П. Н., Антонович Д. А. Мультиразрядная панель на основе плазменного источника заряженных частиц.....	52
Солдатенко П. Н., Антонович Д. А. Исследование характеристик пучков заряженных частиц, формируемых в мультиразрядной панели на основе плазменного источника заряженных частиц.....	55
Дмитриев Д. Д., Лысов Н. Ю., Милосердов А. И., Жунь В. И., Шмелев А. Я. Моделирование параметров разрядной области генератора озона с распределенными параметрами.....	61
Вабищев Н. В., Волков И. А., Тищенко Э. А., Киселев С. Р. Моделирование как метод исследования физических процессов.....	66
Вабищев С. А., Вабищев Н. В., Абрамов С. А., Бринкевич Д. И., Просолович В. С., Колос В. В., Зубова О. А. Оптические и прочностные свойства пленок негативного фоторезиста AZ nLOF 5510 на монокристаллическом кремнии.....	72
Вабищев С. А., Ольховская И. М., Вабищев Н. В. Перспективы применения цифровой обработки видео в физическом эксперименте	78
Жусель Д. В., Кадушкевич А. О. Физические функции защиты наземных беспилотников от воздействия влажности воздуха и осадков	83
Вабищев С. А., Черняев А. В. Численное моделирование движения тела в вязкой среде методом конечных объемов	88
Рубин А. Н., Боровкова Е. С. Исследование уровня шума и звукоизолирующих свойств материалов.....	94

Серый А. И. Об уравнении бета-равновесия электронно-нуклонного вещества в ферми-газовом приближении при низких температурах вблизи порога нейтронизации	98
Макоед И. И., Петрусевич А. М., Зыбайло Е. К., Римский Г. С. Моделирование электрокалорического эффекта в феррите висмута	102
Макоед И. И., Петрусевич А. М., Зыбайло Е. К., Римский Г. С. Моделирование магнитокалорического эффекта в катионзамещенном феррите висмута	107
Бувевич Т. В., Бувевич А. Э. Оптимизации режима лазерной обработки при перфорации кожи.....	113

Секция II.

ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

Матрунчик Ю. Н., Дубатовка В. В., Гарбар А. Е., Дубинчук И. Н., Кардаш В. А. Роботизация процесса контроля пограничной территории	118
Сковородко М. А., Антонович Д. А. К расчету параметров пространственной и угловой фокусировки электронного пучка	123
Янушкевич В. Ф., Кизина О. А., Раскин В. И. Исследование свойств анизотропной среды с помощью амплитудно-частотно-модулированных сигналов	128
Абраменко С. Н., Ковалевич А. А. Модернизация станка для производства тороидальных трансформаторов ООО «Юджэн»	132
Янушкевич В. Ф., Иванова К. И., Раскин В. И. Исследование поверхностного импеданса анизотропной среды с помощью частотно-модулированных сигналов	136
Ланин В. Л., Слижёва А. В., Ковалёв Д. Ю. Модификация паяльных паст углеродными наночастицами	140
Алексеева Т. А. Управлением комплексом параметров качества обработки на основе статистического анализа	146
Корячко М. В., Пшонкин Д. Е., Проскуненкова А. Д., Доронина К. Е. Динамика теплового разрушения структур Al-Ti-Si и Al-Si при импульсном воздействии	151
Питолин В. Е., Исаков А. В. Разработка алгоритма управления уровнем воды в баке	156
Алиева С. П. Адаптивное формирование диаграммы направленности антенной решетки навигационного диапазона L1.....	160
Құдайбергген Абзал Мұратұлы, Джунуспаев Ильяс Айдосұлы Актуальные проблемы в сфере электронных систем и технологий в Казахстане	165
Лушакова М. С., Тихон О. И., Мадвейко С. И. Исследование влияния режимов работы СВЧ и НЧ генераторов на возбуждение плазмы комбинированного разряда	169
Барковская К. Н., Мадвейко С. И. Моделирование аргоновой плазмы внутри СВЧ резонатора.....	174
Телеш Е. В., Гутенко Н. Д., Перепечко Е. Ю. Синтез тонких пленок оксида алюминия прямым осаждением из ионных пучков	179
Телеш Е. В., Шевчик Е. В., Курбако Е. Г. Новый метод формирования фторуглеродных покрытий	183
Тычина М. А., Дехтеронок К. С. Игровая индустрия в контексте цифровой экономики: проблемы и перспективы компьютерных игр на современном рынке	188
Хакимзянова С. И., Никишина Г. В. Программная реализация системы поиска предметов для незрячих на базе Arduino и nRF24L01+: энергосберегающие алгоритмы и функции управления	193
Хакимзянова С. И., Никишина Г. В. Система радиоуправляемых меток для поиска предметов: концепция и реализация решения для незрячих пользователей.....	197
Бородуля Д. А., Янушкевич В. Ф. Альтернативная система обнаружения подавителя радиосигналов для автомобильной сигнализации	201
Ковалевская М. В., Довгяло Д. А. Безопасность сетей в стандарте IEEE 802.11	206

Ковалевский В. В., Довгяло Д. А. Энергетические параметры канала WiMAX	210
Брич М. А., Горбачёв Н. М., Грозберг Ю. Г., Козначеев И. А., Адамович А. Л. Особенности микроволновой обработки суспензий органических материалов в автотермическом режиме	216
Чертков В. М., Адамовский Е. Р., Богуш Р. П. Распределение ресурсов базовой станции LTE сети в модели когнитивной системы связи	221
Иванова К. И., Янушкевич В. Ф. Способы уменьшения времени обучения искусственного интеллекта	225
Довгяло Д. А., Тихонович В. А. Особенности проектирования дросселей переменного тока	229
Молодечкина Т. В., Бурдик Е. С. Особенности применения конструктивных покрытий на основе полимерной матрицы	233
Наливайко О. Ю. Использование пленок поликристаллического кремния, легированных в процессе роста фосфором, для создания субмикронных интегральных микросхем	237
Наливайко О. Ю., Карась О. В., Дорохович К. А., Жигулин Д. В. Плазмохимическое травление оксида кремния при формировании контактных окон с высоким аспектным соотношением	243
Янушкевич В. Ф. Способ геэлектроразведки углеводородных залежей	247

Секция III.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВРЕМЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Ткаченко Т. М., Митюк В. И., Гурбанович Ан. В., Панкратов Н. Ю., Михалкович О. М., Болодон В. Н. Материалы для термоманнитных датчиков	251
Комнатный Д. В. Пучки электромагнитных волн в беспроводной передаче электрической энергии	255
Вершинин А. С. Сравнение силовых трансформаторов 6-10/0,4 кВ с разными схемами соединения обмоток	259
Голубев Д. В., Елфимов С. А., Нестеренко А. А., Матвиенко Р. М. Применение твердой полимерной изоляции для оборудования распределенной энергетики	264
Адамович А. Л., Прозоров В. В. Электростатический расчет опорного изолятора в приложении FEMM	270
Адамович А. Л., Прозоров В. В. Моделирование распределения напряженности электрического поля в изоляции из сшитого полиэтилена одножильного кабеля с дефектами изоляции	273
Морозова О. Ю. Переход на новый вид резервного и аварийного топлива на пиковых котельных гомельского теплофикационного комплекса	276
Иванов А. В., Черненко Л. Л. Разработка программы для проектирования молниезащиты наземных объектов	280
Высоцкий М. Э. Допустимые токовые нагрузки трёхжильных кабелей напряжением 10 кВ с броней	286
Свидерская О. В. Современное состояние и перспективы развития энергосистемы Республики Беларусь до 2040 года	291
Велитченко М. Н., Манцорова Т. Ф. Особенности определения критериев для оценки уровня энергетической безопасности	297
Касатая П. Е., Фальченко А. Д., Манцорова Т. Ф. Использование больших данных и искусственного интеллекта для оптимизации производства и распределения энергии в Республике Беларусь	301
Наталевич М. В., Касатая П. Е., Манцорова Т. Ф. Анализ потерь при транспорте энергии в филиалах РУП-ОБЛЭНЕРГО	306
Кушнер Т. Л., Максимук Е. А. Важнейшие компоненты энергетики Республики Беларусь	311

Будник В. С., Кашко И. А., Лабунев В. А. Влияние модификации малыми концентрациями аминокислотных соединений на морфологические и оптические свойства металлоорганических перовскитов	316
Mohamad Jamal Adi, Yanushkevich V. F., Kizina A. A. Modern methods of producing hydrogen for the needs of hydrogen energy	321

Секция IV.

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ

Барковская М. М., Гладковский В. И., Кушнер Т. Л., Пинчук А. И., Савчук О. Ф., Савчук К. А. Системный подход к повышению качества подготовки специалистов инженерного профиля с помощью комплексных задач по физике	327
Filchenkova T. M. Organization of the educational process in higher education institutions using blended learning technology for graduate students.....	331
Шилкина В. О., Тимощенко Е. В. Включение Arduino в изучения видов соединений.....	335
Шидловская Е. В., Вабищевич Н. В. Эффективные методы и приемы активизации познавательной деятельности	338
Ali Askar, Mukhambetzhana A. M. The effectiveness of using neural networks and machine learning in teaching physics.....	343
Макеева Е. Н. Опыт реализации практико-ориентированной подготовки инженерных кадров энергетического профиля	348
Яковлева Е. Ю., Борисевич М. В., Яковлев Р. А., Опара А. А. Аббревиация в терминологии по энергетике и защите окружающей среды: анализ на примере английского языка.....	353
Лебедева Н. А., Белю Л. П. Использование технологий исследовательского обучения для подготовки будущих инженеров.....	358
Боровкова Е. С., Окунев Д. О. Роль инженерных классов в профориентационной работе	363
Небелюк В. В. Преемственность как дидактическая основа подготовки специалистов инженерно-технического профиля	366
Вустина З. Д., Пауков В. Д., Путро А. В., Пыльченко Г. С., Петрович О. Н. Инновационные технологии в образовательных коммуникациях: telegram-боты как цифровые инструменты для студентов и преподавателей	373
Ташлыкова-Бушкевич И. И., Жуковский П. Н., Павловец М. М., Герус А. Ю., Самута С. А., Бурдук Д. А. Преподавание физики в вузах инженерно-технического профиля с использованием аудиторно-внеаудиторной работы	377
Галенко Е. Н., Зерница Д. А., Волков А. В., Воробей У. В. Современные способы представления объёмных объектов для развития пространственного воображения студентов	383
Мателенок А. П., Вакульчик В. С., Завистовская Т. И., Башун С. Ю. Междисциплинарный подход к проблеме повышения эффективности обучения математике студентов технических специальностей.....	387
Клепацкий Д. В., Савицкий М. О., Мателенок А. П. Математическое моделирование динамических процессов в курсе «Численные методы» для студентов технических специальностей как средство формирования физико-математической культуры	391
Ковалева В. В., Калинина В. А., Емельянова В. А., Мателенок А. П. Применение математического моделирования профессионально ориентированных задач для повышения эффективности обучения математике студентов химико-технологических специальностей.....	396
Марченко И. В. Интегрированные лабораторные работы по модулю «Технологии анализа данных» для будущих инженеров-программистов.....	400

Гладкий С. Н., Гладкий К. С. Классификация творческо-конструкторских умений и моделирование процесса их формирования у будущих учителей технического труда	405
Нурматова С. Б. Искусственный интеллект в образовании: перспективы применения в высших учебных заведениях	410
Кириенко А. С., Ходюченко А. В. Тенденции развития дополнительного образования студентов в период обучения в высших учебных заведениях Республики Беларусь	415
Онуфриенко М. С., Завистовский С. Э. Модернизация раздела «Технология обработки металлов»	419
Маматов Нормурат Маматович Факторы повышения результативности научно-исследовательских работ студентов	421
Кириенко А. С., Маркович М. А. Комплекс педагогических аспектов подготовки специалистов в области технологического образования	426
Худяков А. Ю. Формирование технико-технологических компетенций у будущих учителей технического труда	431

Секция V.

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ

Иванов А. П., Кисель А. В., Белоусова Е. С. Макет виртуальной лаборатории PnetLab для изучения кибератаки VLAN Hopping	435
Денисов А. В., Солдатенко П. Н. Обнаружение и предотвращение атак типа «Человек посередине»	440
Жигунов Г. Б., Довгяло Д. А. Работа республиканского центра обработки данных и республиканской платформы облачных систем	443
Бойправ О. В., Лобунов В. В. Гибкие электромагнитные экраны СВЧ- и ИК-диапазонов длин волн для защиты средств обработки информации от воздействия внешних помех	447
Гладинов А. Д. Коэффициенты отражения и передачи покрытий систем Al-Fe-Ni и Al-Cu-Fe-Ni гибких экранов электромагнитного излучения	450
Фильченков П. А., Бойправ О. В. Подходы для проведения аудита безопасности информационных систем учреждений здравоохранения	454
Садовский В. А., Рябенко Д. С. Методы защиты речевой информации от утечки по техническим каналам	459
Божко Р. А., Пулко Т. А. Законодательная база безопасности информационных сетей	464
Бурачёнок И. Б., Цыбульский Ф. П. Журналы событий Windows как значимый источник цифровых следов	469
Бурачёнок И. Б., Сыч А. И., Бурачёнок В. А. Применение нейросетей в системе управления корпоративной парковкой	474
Семенец В. Е., Шпаков И. А., Мателенок А. П. Оценка потенциала IT-инфраструктуры школы для использования ИКТ в учебном процессе	479
Юревич Т. И., Кухта С. В., Мателенок А. П. Моделирование процессов управления инцидентами с использованием систем массового обслуживания	483
Вильчинская Е. В., Бисюков Т. А., Петров С. Н. Изучение возможностей крупных языковых моделей для анализа угроз информационной безопасности	487
Бутько А. И., Изоитко М. В., Малышкин В. А., Русецкий И. С. Промышленная безопасность: применение технологий дополненной реальности в программно-аппаратном комплексе	492
Железняк В. К., Раханов К. Я., Лавров С. В., Филиппович А. Г., Барановский М. М., Харченко С. В. Методология оценки по единому критерию защищенности от утечки аналогового и дискретизованного речевого сигнала в широкополосных каналах передачи	497

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

БОГУШ Вадим Анатольевич – ректор Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, доктор физико-математических наук, профессор

ГОЛУБЕВ Юрий Петрович – ректор Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина, кандидат технических наук, доцент

ЗАЛЕССКИЙ Виталий Геннадьевич – директор Государственного научного учреждения «Физико-технический институт НАН Беларуси», доктор физико-математических наук, доцент

МАМАТОВ Нормурат Маматович – проректор по научной работе Университета науки и технологий (Республика Узбекистан), доктор философских наук, профессор

САЕНКО Игорь Борисович – главный научный сотрудник лаборатории проблем компьютерной безопасности Санкт-Петербургского Федерального центра Российской академии наук, доктор технических наук, профессор

КРЕТОВ Денис Владимирович – первый проректор Липецкого государственного педагогического университета имени П. П. Семенова-Тян-Шанского, кандидат педагогических наук, доцент

БОГУШ Рихард Петрович – заведующий кафедрой вычислительных систем и сетей Полоцкого государственного университета имени Евфросинии Полоцкой, доктор технических наук, доцент

ЖЕЛЕЗНЯК Владимир Кириллович – профессор Полоцкого государственного университета имени Евфросинии Полоцкой, доктор технических наук, профессор

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

Председатель:

РОМАНОВСКИЙ Юрий Яцентович – ректор Полоцкого государственного университета имени Евфросинии Полоцкой, кандидат физико-математических наук, доцент

Сопредседатель:

БУРАЯ Ирина Владимировна, проректор по научной работе Полоцкого государственного университета, кандидат педагогических наук, доцент

Члены комитета:

Кизина О. А. (секретарь), Янушкевич В. Ф., Молодечкина Т. В., Бословяк С. В., Вабищевич С. А., Бурачёнок И. Б., Кириенко А. С., Довгяло Д. А.