

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ  
Институт энергетики

ИНСТИТУТ СИСТЕМ ЭНЕРГЕТИКИ ИМ. Л.А. МЕЛЕНТЬЕВА  
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

НАЦИОНАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ  
ПРИ МИНИСТЕРСТВЕ ЭНЕРГЕТИКИ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

ИНЖЕНЕРНАЯ АКАДЕМИЯ АРМЕНИИ

КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Научная библиотека

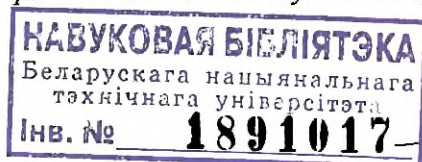
БНТУ



# УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ЭНЕРГЕТИКИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ: состояние и перспективы

Сборник докладов II Международной научной конференции  
(Минск, 3–6 октября 2022 г.)

*Под редакцией  
доктора экономических наук Т. Г. Зориной*



020 (4)

Минск  
«Беларуская навука»  
2023

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Предисловие</b> .....	3
--------------------------	---

### ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

<i>Ахметова И. Г., Валеева Ю. С.</i> Технологизация отраслей энергетики, повышение энерго-, ресурсоэффективности и энергосбережения на примере Республики Татарстан .....	6
<i>Akhetova I. G., Valeeva Yu. S.</i> Technologization of energy industries, increasing energy and resource efficiency and energy saving on the example of the Republic of Tatarstan .....	6
<i>Зорина Т. Г.</i> Устойчивое энергетическое развитие как основной драйвер трансформации энергетики Республики Беларусь .....	19
<i>Zoryna T. G.</i> Sustainable energy development as the main driver of power engineering transformation in the Republic of Belarus .....	19
<i>Кудрявцева О. В., Яковлева Е. Ю.</i> Низкоуглеродное развитие в непростые времена: энергетика и промышленность .....	36
<i>Kudryavtseva O. V., Yakovleva E. Yu.</i> Low-carbon development in challenging times: energy and industry .....	36
<i>Массель Л. В., Массель А. Г.</i> Методологический подход к исследованиям устойчивости энергетических систем на основе концепции ситуационного управления .....	39
<i>Massel L. V., Massel A. G.</i> Methodological approach to research of energy systems resilience based on the concept of situational management .....	39

### ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ЭНЕРГЕТИКИ

<i>Быкова Е. В., Кириллова Т. И.</i> Опыт разработки шаблонов для оценки эмиссий загрязнителей по протоколу РПВЗ и представления на специализированном сайте .....	58
<i>Bykova E. V., Kirillova T. I.</i> Experience in developing templates for assessing pollutant emissions under the PRTR protocol and presenting them on a specialized website .....	58
<i>Ворожцова Т. Н.</i> Онтологический анализ факторов влияния объектов энергетики на социо-экологическую систему .....	77
<i>Vorozhtsova T. N.</i> Ontological analysis of the factors of energy facilities influence to the socio-ecological system .....	77
<i>Гапанович Е. В., Савич-Шемет О. Г., Гавриленко И. И.</i> Геоэкологические аспекты длительной эксплуатации силовых кабелей с бумажной маслопропитанной изоляцией (БМПИ) .....	84
<i>Gapanovich E. V., Savich-Shemet O. G., Gavrilenko I. I.</i> Geoeological aspects of long-term operation of power cables with insulating layer of oil-impregnated paper .....	85
<i>Кузьмин В. Р., Массель Л. В.</i> Оценка ущербов от загрязнения окружающей среды объектами энергетики в исследованиях устойчивости энергетических и экологических систем .....	92
<i>Kuzmin V. R., Massel L. V.</i> Damage assessment of energy objects' environmental pollution in research of resilience of energy and ecological systems .....	93

<i>Любчик О. А.</i> Сравнительная характеристика угроз и рисков энергетической безопасности в отдельных странах – экспортерах и странах – импортерах энергоресурсов . . . . .	101
<i>Liubchik O. A.</i> Comparative characteristics of energy security threats and risks in several energy resources exporting and importing countries . . . . .	102
<i>Minasyan S. A., Shahbazyan Kh. A.</i> Assessment of the impact of structural changes on the country's energy security (on the example of the Republic of Armenia). . . . .	108
<i>Минасян С. А., Шахбазян Х. А.</i> Оценка влияния структурных изменений на энергетическую безопасность страны (на примере Республики Армения) . . . . .	108
<i>Панасюк В. В.</i> Региональные аспекты рисков и угроз энергетической безопасности Республики Беларусь . . . . .	115
<i>Panasjuk V. V.</i> Risk and threats to energy security of the Republic of Belarus . . . . .	115
<i>Чалбаш О. Х.</i> Система выработки рекомендаций для безопасности энергетических объектов . . . . .	127
<i>Chalbash O. X.</i> System for developing recommendations for the safety of energy facilities. . . . .	128

### ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГИКА

<i>Александрович С. А., Цегалко Е. В.</i> Анализ барьеров на пути внедрения технологий низкоуглеродного теплоснабжения в жилищном секторе. . . . .	138
<i>Aliksandrovich S. A., Tsegalko E. V.</i> Analysis of barriers to implementation of low-carbon heating technologies in the residential sector. . . . .	138
<i>Илюшин П. В.</i> Проблемные вопросы увеличения доли электростанций на основе возобновляемых источников энергии в структуре генерирующих мощностей и способы их решения. . . . .	145
<i>Ilyushin P. V.</i> Problematic issues of increasing the share of power plants based on renewable energy sources in the structure of generating capacities and ways to solve them. . . . .	145
<i>Камалиева Р. Ф., Филимонова А. А.</i> Улавливание углекислого газа при производстве водорода и работе топливного элемента . . . . .	155
<i>Kamalieva R. F., Filimonova A. A.</i> Carbon dioxide capture during production hydrogen and fuel cell operation . . . . .	155
<i>Нефедова Л. В.</i> Современная и перспективная роль объектов возобновляемой энергетики в энергообеспечении регионов России . . . . .	165
<i>Nefedova L. V.</i> Current and prospective role of renewable energy in regions of Russia power supply. . . . .	166
<i>Чернова Н. И., Киселева С. В., Власкин М. С., Григоренко А. В., Рындин К. Г.</i> Ресурсный потенциал производства биомассы микроводорослей для получения биотоплива и секвестрирования антропогенного углерода . . . . .	173
<i>Chernova N. I., Kiseleva S. V., Vlaskin M. S., Grigorenko A. V., Ryndin K. G.</i> Resource potential of microalgae biomass production for biofuel production and anthropogenic carbon sequestration . . . . .	173
<i>Гайнутдинова Д. Ф., Гайнутдинов Ф. Р.</i> Водород как основа низкоуглеродной экономики . . . . .	181
<i>Gainutdinova D. F., Gainutdinov F. R.</i> Hydrogen as the basis of a low-carbon economy . . . . .	181
<i>Каменская Е. О.</i> Использование возобновляемых источников энергии в Республике Беларусь . . . . .	183
<i>Kamenskaya E. O.</i> The use of renewable energy sources in the Republic of Belarus . . . . .	183
<i>Лабкович О. Н., Погирницкая С. Г.</i> Повышение эффективности работы малой ветроустановки при малой скорости ветра. . . . .	186
<i>Labkovich O. N., Pogirnitskaya S. G.</i> Improving the efficiency of a small wind turbine at low wind speeds . . . . .	186

<i>Новик А. В., Бибик А. А.</i> Повышение уровня подготовки специалистов в рамках направления «Альтернативная энергетика» . . . . .	189
<i>Novik A. V., Bibik A. A.</i> Increasing the level of training of specialists within the direction "Alternative energy" . . . . .	190
<i>Червинский В. Л., Дюров В. В., Э. Э. Роа.</i> Особенности повышения энергоэффективности малых ветроэнергоустановок . . . . .	193
<i>Charvinski V. L., Dyurov V. V., H. E. Roa.</i> Specifics of increasing the energy efficiency of small wind power plants . . . . .	193
<i>Червинский В. Л., Трацевский А. В., Трацевский Н. А.</i> Особенности повышения энергоэффективности солнечных электрических станций . . . . .	196
<i>Charvinski V. L., Tratcevski A. V., Tratcevski N. A.</i> Features of increasing the energy efficiency of solar power plants . . . . .	196

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЭНЕРГЕТИКЕ

<i>Беляева Г. И., Зиганшин М. Г.</i> Численные исследования аэродинамики потоков в мультициклонах в составе комплексного воздухоочистительного устройства . . . . .	199
<i>Belyaeva G. I., Ziganshin M. G.</i> Numerical studies of flow aerodynamics in multicyclones as part of an integrated air cleaning device . . . . .	199
<i>Будникова И. К.</i> Моделирование и анализ надежности региональных систем электроснабжения. . . . .	204
<i>Budnikova I. K.</i> Modeling and analysis of reliability of regional power supply systems . . . . .	204
<i>Гимадиев Р. Ш.</i> Моделирование деформирования провода электропередачи с учетом изгибной жесткости . . . . .	209
<i>Gimadiyev R. Sh.</i> Modeling the deformation of a power wire taking into account flexural stiffness . . . . .	209
<i>Маршалова Г. С., Лира М. С., Данильчик Е. С.</i> Численное исследование влияния поперечного шага на теплоотдачу двухрядных трубных пучков аппаратов воздушного охлаждения в режиме свободной конвекции . . . . .	215
<i>Marshalova G. S., Lira M. S., Danil'chik E. S.</i> Numerical simulation of the transverse tube installation steps effect on the heat transfer of air-cooled apparatuses consisting on double-row tube bundles under free convection . . . . .	216
<i>Новаш И. В., Романюк Ф. А., Румянцев В. Ю., Румянцев Ю. В.</i> Моделирование режимов энергосистемы в реальном времени как инструмент исследования развития энергетической системы Республики Беларусь . . . . .	225
<i>Novash I. V., Romanyuk F. A., Rumyantsev V. Yu., Rumyantsev Yu. V.</i> Real-time simulation of power system modes as a research tool for the development of the energy system of the Republic of Belarus. . . . .	226
<i>Прусов С. Г., Юркевич О. И.</i> Экономические последствия цифровизации систем учета электрической энергии: экономическая эффективность, влияние на уровень тарифов на электрическую энергию . . . . .	234
<i>Prusov S. G., Yurkevich O. I.</i> Economic consequences of digitalization of electricity metering systems: economic efficiency, impact on the level of electricity tariffs. . . . .	234
<i>Норхожаева Н. Н., Камалов Н. К., Екубова С. Р.</i> Математическая модель расчета переходных процессов синхронной машины двухосного возбуждения . . . . .	244
<i>Norkhozhaeva N. N., Kamalov N. K., Yokubova S. R.</i> Mathematical model for calculation of transient processes of a synchronous machine of two-axis excitation . . . . .	244

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭНЕРГЕТИКЕ

<i>Гальперова Е. В.</i> Цифровизация в секторе зданий – один из путей декарбонизации энергетики .....	248
<i>Galperova E. V.</i> Digitalization in the buildings sector is a one of the ways to decarbonize the energy sector .....	248
<i>Гаськова Д. А., Массель Л. В., Массель А. Г.</i> Применение интеллектуальных технологий киберситуационной осведомленности для повышения устойчивости энергетических систем .....	255
<i>Gaskova D. A., Massel L. V., Massel A. G.</i> Application of intelligent technologies of cyber situational awareness to increase the resilience of energy systems .....	255
<i>Пестерев Д. В.</i> Интеграция онтологического и когнитивного моделирования в исследованиях устойчивости энергетических и социо-экологических систем .....	262
<i>Pesterev D. V.</i> Integration of ontological and cognitive modeling in studies of sustainability of energy and socio-ecological systems .....	263
<i>Зацаринная Ю. Н., Валева Г. Р.</i> Технологии цифровизации в сфере энергетики. ....	270
<i>Zatsarinnaya Y. N., Valeeva G. R.</i> Digitalization technologies in the energy sector. ....	270
<i>Ковалева Т. Д., Шкиренко А. А., Гецман Е. М.</i> Использование единой информационной модели в энергетике .....	272
<i>Kovaleva T. D., Shkirenko A. A., Hetsman E. M.</i> Using common information model in the energy sector .....	272
<i>Фаррахова А. М., Валиуллина Д. М.</i> Интеллектуальный цифровой управляемый разъединитель .....	275
<i>Farrakhova A. M., Valiullina D. M.</i> Intelligent digital controlled disconnecter .....	275

## ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

<i>Бошняга В. А., Суслов В. М., Стратан И. П., Добря И. В.</i> Особенности работы кабельной распределительной сети 6–35 кВ в установившемся режиме с изолированной и компенсированной нейтралью при однофазном замыкании на землю .....	279
<i>Bosneaga V. A., Suslov V. M., Stratan I. P., Dobrea I. V.</i> Features of operation of cable distribution network 6–35 kV in steady mode with isolated and compensated neutral with single-phase earth fault .....	279
<i>Будникова И. К., Заманов Р. И.</i> Повышение надежности систем электроснабжения на объектах нефтедобывающей отрасли .....	293
<i>Budnikova I. K., Zamanov R. I.</i> Improving the reliability of power supply systems at oil production facilities .....	293
<i>Вісова Е. V., Kirillova T. I., Vasilieva I. V., Moraru L. P.</i> Analysis of the quality of building short-term forecasts of energy balances .....	299
<i>Быкова Е. В., Кириллова Т. И., Васильева И. В., Морару Л. П.</i> Анализ качества построения краткосрочных прогнозов энергетических балансов .....	300
<i>Валева Г. Р., Зацаринная Ю. Н.</i> Организация ремонта объектов энергетики. Принципы планирования. ....	315
<i>Valeeva G. R., Zatsarinnaya Y. N.</i> Organization of repair of energy facilities. Planning principles .....	315
<i>Камалов И. Р.</i> Методы определения мест обрыва и короткого замыкания на воздушных линиях электропередачи .....	318
<i>Katalov I. R.</i> Methods for determination of open and short circuit points on overhead power lines .....	318

<i>Камалов И. Р.</i> Контрольно-измерительное оборудование – мониторинг подстанций и других энергообъектов . . . . .	321
<i>Kamalov I. R.</i> Control and measuring equipment – monitoring of substations and other power facilities . . . . .	321
<i>Полецук Л. Л., Шевченко В. Н.</i> «Интеллектуальная» энергоэффективность как вектор системной политики энергосбережения . . . . .	323
<i>Poleshchuk L. L., Shevchenok V. N.</i> «Intelligent» energy efficiency as a vector of the system policy of energy saving . . . . .	324

## МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ

<i>Айвазян А. Г., Барсегян А. Р., Давтян В. С.</i> О некоторых экологических рисках развития малой гидроэнергетики в Армении . . . . .	329
<i>Ayvazyan A. G., Barseghyan A. R., Davtyan V. S.</i> On some environmental risks of small hydropower development in Armenia . . . . .	329
<i>Кузенкова Д. С., Бландинский В. Ю.</i> Разработка жидкосолевого петли реактора МБИР. . .	336
<i>Kuzenkova D. S., Blandinskiy V. Yu.</i> Molten salt loop development of the MBIR reactor . . . . .	336
<i>Рудченко Г. А.</i> Компаративный анализ моделей электроэнергетических рынков зарубежных стран в контексте формирования национального рынка электроэнергии Республики Беларусь. . . . .	342
<i>Rudchenko G. A.</i> Comparative analysis of models of electric power markets of foreign countries in the context of the formation of the national electricity market of the Republic of Belarus . . .	343
<i>Liu Xueyao, Zhai Zhuang.</i> The paths of sustainable energy development in regions of China . . .	351
<i>Лю Сюэяо, Чжай Чжунан.</i> Пути устойчивого развития энергетики в регионах Китая . . .	351
<i>Yang Zhuxi.</i> The sustainable development of China's energy . . . . .	358
<i>Ян Чжуси.</i> Устойчивое развитие энергетики Китая . . . . .	358

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ

<i>Вардан Г. А.</i> Электромембранный способ получения гипохлорита натрия . . . . .	364
<i>Vardan G. A.</i> Electromembrane method for producing sodium hypochlorite . . . . .	364
<i>Вардан Г. А., Барсегян Р. Н., Мартоян Г. А.</i> Извлечение скандия из красного шлама . . . . .	369
<i>Vardan G. A., Barseghyan R. N., Martoyan G. A.</i> Recovery of scandium from red mud. . . . .	369
<i>Касимов Ф. Ш., Ниязов Ш. К.</i> Методика обработки результатов экспериментальных исследований дневного количества накопленного в емкоприемнике полезного тепла плоских солнечных водонагревательных коллекторов . . . . .	374
<i>Kasimov F. Sh., Niyazov Sh. K.</i> Method of processing of the experimental studies result of the day amount of useful heat accumulated in the capacitive receiver of flat-plate solar water-heating collectors . . . . .	375
<i>Малько М. В., Василевич С. В., Добрего К. В., Дегтерев Д. В., Асадчий А. Н.</i> Исследование каталитической активности минеральных материалов в реакции разложения пиролизной смолы. . . . .	378
<i>Malko M. V., Vasilevich S. V., Dobrego K. V., Degterov D. V., Asadchyi A. N.</i> Study of catalytic activity of mineral materials in the pyrolysis resin decomposition reaction. . . . .	379
<i>Саверченко В. И.</i> Сокращение затрат углеводородного топлива на отопительные нужды . . . . .	390
<i>Saverchenko V. I.</i> Decreasing of expenses of hydrocarbon fuels for housewarming needs . . . . .	390

<i>Скрипко А. Н., Шевчик Н. Е., Барайшук С. М., Баев В. Г.</i> Искусственная модификация грунта для создания и ремонта низкоомных заземляющих устройств . . . . .	398
<i>Skripko A. N., Shevchik N. E., Baraishuk S. M., Baev V. G.</i> Artificial soil modification for the construction and repair of low-resistance grounding devices . . . . .	398
<i>Хафизов Л. А., Камалиева Л. И., Куракина О. Е.</i> Тепловизионное диагностирование конденсаторов связи . . . . .	403
<i>Khafizov L. A., Kamaliev L. I., Kurakina O. E.</i> Thermal image diagnosis communication capacitors . . . . .	403
<i>Маслахова М. Н., Роженцова Н. В.</i> Высшие гармоники и их негативное влияние на работу электроустановок . . . . .	406
<i>Maslakhova M. N., Rozhentsova N. V.</i> Higher harmonics and their negative effect on the operation of electrical installations . . . . .	407

## ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

<i>Маршалова Г. С.</i> Сравнительный анализ эксплуатации аппаратов воздушного охлаждения в режимах вынужденной, свободной и смешанной конвекции . . . . .	409
<i>Marshalova G. S.</i> Comparison analysis of the air-cooled apparatus operation in forced, free and mixed convection . . . . .	409
<i>Popescu V. S., Vasileivich S. V., Balan M. M., Volconovici O. L., Balan T. V., Kurlov I. S.</i> Seed drying installation with low electricity consumption . . . . .	416
<i>Попеску В. С., Василевич С. В., Балан М. М., Волконовичи О. Л., Балан Т. В., Курлов И. С.</i> Установка для сушки семян с низким потреблением электроэнергии . . . . .	416
<i>Prusov S. G., Chayabutra W.</i> Activities to achieve carbon neutrality in Belarus: introduction of XPLATE™ technology, advancement in digitalization of emission and fuel consumption accounting systems . . . . .	422
<i>Прусов С. Г., Чаябутра В.</i> Мероприятия по достижению углеродной нейтральности в беларуси: внедрение технологии XPLATE™, цифровизация систем учета выбросов и расхода топлива . . . . .	422
<i>Федюхин А. В.</i> Разработка научных основ для применения воздухо-аккумулирующих станций в качестве накопителей электрической энергии . . . . .	431
<i>Fedyukhin A. V.</i> Development of scientific basis for the application of compressed air-storage systems as electric energy storage devices . . . . .	432
<i>Хакимов С. Х.</i> Критерии эффективности электропривода по затраченной энергии на совершение работы . . . . .	438
<i>Khakimov S. H.</i> Criteria for the efficiency of the electric drive according to the energy expended to perform the work . . . . .	438
<i>Хусаинова Л. Л., Хусаинова А. Ф., Воркунов О. В.</i> Совершенствование метода электромагнитного контроля высоковольтного оборудования . . . . .	443
<i>Khusainova L. L., Khusainova A. F., Vorkunov O. V.</i> Improvement of the method of electromagnetic control of high-voltage equipment . . . . .	443
<i>Баштовой В. Г., Рекс А. Г., Загадская А. А.</i> Гидродинамические аспекты магнитоуправляемого переноса тепла в магнитожидкостных системах с межфазной границей раздела сред . . . . .	448
<i>Bashtovoj V. G., Reks A. G., Zagadskaya A. A.</i> Hydrodynamic aspects of magneto-controlled heat transfer in fluid systems with interface . . . . .	448
<i>Добрего К. В.</i> Перспективы использования накопителей электроэнергии в энергетических системах . . . . .	452
<i>Dobrego K. V.</i> Prospects for the use of electricity storage in power systems . . . . .	452