

<https://doi.org/10.21122/1029-7448-2022-65-5-385-397>

УДК 338.27

Типологизация и анализ значимости рисков и угроз энергетической безопасности Республики Беларусь с учетом интеграции Белорусской АЭС в энергосистему

Т. Г. Зорина¹⁾, В. В. Панасюк²⁾, С. Г. Прусов¹⁾

¹⁾Институт энергетики НАН Беларуси (Минск, Республика Беларусь),

²⁾Академия управления при Президенте Республики Беларусь
(Минск, Республика Беларусь)

© Белорусский национальный технический университет, 2022
Belarusian National Technical University, 2022

Реферат. В статье исследованы наиболее значимые риски и угрозы энергетической безопасности в условиях интеграции Белорусской АЭС в энергосистему республики. Представлен анализ существующих методических подходов к оценке энергетической безопасности. Проведена типологизация рисков по двум критериям: стадиям технологического процесса и источникам рисков. В результате выделены риски производственные, финансовые и информационные (вызываемые информационными технологиями). На основе экспертного опроса специалистов РУП-облэнерго и ГПО «Белэнерго» осуществлено ранжирование рисков и выявлены наиболее значимые из них. При этом установлено, что самыми серьезными производственными рисками являются: износ основных средств; снижение загрузки собственных генерирующих мощностей и надежности работы генерирующего оборудования и сети; отключения, приводящие к нарушению функционирования объектов обеспечения жизнедеятельности населения. К наиболее важным финансовым рискам относятся: рост стоимости основных топливно-энергетических ресурсов; дефицит оборотных средств и инвестиций; отсутствие источников финансирования на реконструкцию тепловых сетей; снижение платежеспособности потребителей; предоставление значительному количеству субъектов хозяйствования скидок с тарифов. По мнению респондентов, существенное значение среди информационных рисков имеют: отказы или сбои в работе объектов информатизации, непосредственно управляющих генерирующим оборудованием электростанций, оборудованием распределительных устройств электростанций, оборудованием подстанций; хакерские кибератаки; недостаточный уровень квалификации персонала, отсутствие заинтересованности сотрудников во внедрении информационных технологий. Предлагаемые идентификация угроз и ранжирование рисков на всех этапах энергетического производства могут использоваться для разработки мероприятий по укреплению энергобезопасности страны и оценки их влияния на социально-экономическое развитие.

Ключевые слова: энергетическая безопасность, энергосистема, риски и угрозы энергетической безопасности, классификация рисков, экспертный опрос

Для цитирования: Зорина, Т. Г. Типологизация и анализ значимости рисков и угроз энергетической безопасности Республики Беларусь с учетом интеграции Белорусской АЭС в энергосистему / Т. Г. Зорина, В. В. Панасюк, С. Г. Прусов // *Энергетика. Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ*. 2022. Т. 65, № 5. С. 385–397. <https://doi.org/10.21122/1029-7448-2022-65-5-385-397>

Адрес для переписки

Зорина Татьяна Геннадьевна
Институт энергетики
НАН Беларуси
ул. Академическая, 15/2,
220072, г. Минск, Республика Беларусь
Тел.: +375 17 352-05-09
tatiana.zorina@gmail.com

Address for correspondence

Zoryna Tatsiana G.
Institute of Power Engineering
of the National Academy of Sciences of Belarus
15/2, Akademicheskaya str.,
220072, Minsk, Republic of Belarus
Tel.: +375 17 352-05-09
tatiana.zorina@gmail.com

Typologation and Analysis of the Significance of Risks and Threats to the Energy Security of the Republic of Belarus Taking into Account the Integration of Belarusian NPP in the Energy System

T. G. Zorina¹⁾, V. V. Panasyuk²⁾, S. G. Prusov¹⁾

¹⁾Institute of Power Engineering of the National Academy of Sciences of Belarus (Minsk, Republic of Belarus),

²⁾Academy of Public Administration under the Aegis of the President of the Republic of Belarus (Minsk, Republic of Belarus)

Abstract. The article examines the most significant risks and threats to energy security in the conditions of integration of the Belarusian NPP into the energy system of the Republic of Belarus. The article also presents an analysis of existing methodological approaches to the assessment of energy security. The risk typology was carried out according to two criteria: the stages of the technological process and the sources of risks. As a result, production, financial and information risks (caused by information technologies) are highlighted. On the basis of an expert survey of specialists of republican unitary energy enterprises and of “Belenergo” State Production Association, a ranking of risks was carried out and the most significant of them were identified. It was determined that the most significant production risks are: depreciation of fixed assets; reduction in the utilization of own generating capacities and reliability of the generating equipment and network; outages that lead to disruption of the functioning of facilities for ensuring the vital activity of the population. The most important financial risks include: the increase in the cost of basic fuel and energy resources; shortage of working capital and investments; lack of sources of financing for the reconstruction of heating networks; reduction of consumer solvency; provision of discounts from tariffs to a significant number of business entities. According to respondents, among information risks the most important ones are the following: failures in the operation of informatization facilities that directly control the generating equipment of power plants, equipment of switchgears of power plants, equipment of substations; hacker cyberattacks; insufficient level of qualification of personnel, lack of interest of employees in the introduction of information technologies. The proposed threat identification and risk ranking at all stages of energy production can be used to develop measures to strengthen the country's energy security and assess their impact on socio-economic development of the Republic of Belarus.

Keywords: energy security, energy system, risks and threats to energy security, risk classification, expert survey

For citation: Zoryna T. G., Panasyuk V. V., Prusov S. G. (2022) Typologation and Analysis of the Significance of Risks and Threats to the Energy Security of the Republic of Belarus Taking into Account the Integration of Belarusian NPP in the Energy System. *Energetika. Proc. CIS Higher Educ. Inst. and Power Eng. Assoc.* 65 (5), 385–397. <https://doi.org/10.21122/1029-7448-2022-65-5-385-397> (in Russian)

Введение

Важность обеспечения энергетической безопасности исследовалась как отечественными, так и зарубежными учеными. Ее оценка с акцентом на вопросы финансово-экономического и экологического характера выполнена Институтом экономики Уральского отделения Российской академии наук (РАН) [1]. Согласно подходам, разработанным А. Г. Воробьевым,

Е. А. Мякотой, А. В. Путиловым, при определении энергетической безопасности особое внимание уделяется электроэнергетической системе [2], а в исследованиях Института систем энергетики имени Л. А. Мелентьева Сибирского отделения РАН проведены анализ и классификация угроз энергобезопасности [3]. В работах белорусских ученых А. А. Михалеви́ча, Т. Г. Зориной, И. Т. Богдан, Б. И. Попова, О. А. Любчик, Е. П. Корсак рассмотрены основные методы оценки и формирования системы угроз энергетической безопасности в Республике Беларусь [4–6]. Заслуживает внимания исследование отечественных авторов по применению индикативного подхода с предварительным определением и классификацией угроз энергобезопасности и их оценкой посредством отдельных показателей и интегральных индексов [7], где угрозы сгруппированы в блоки энергетической самостоятельности, диверсификации видов и надежности поставок энергоресурсов, а также энергетической эффективности их конечного потребления. Аналогичный подход изложен в работе прибалтийских ученых [8].

Ряд зарубежных авторов (например, Хельсио Блум, Луис Ф. Л. Легей) при этом считают, что энергетическая безопасность не является ни новой концепцией, ни новым понятием. Однако из-за новых проблем она требует более широкого подхода, охватывающего стороны и спроса (безопасность предложения), и предложения (безопасность спроса), а также учитывающего ситуацию нехватки энергии и избыточные возможности. Кроме того, такой подход должен предусматривать как частные (рынки), так и государственные (политика и регулирование) инициативы [9].

В вопросах энергетической безопасности исследователи из Китайской Народной Республики [10] исходят из интерпретации ее концептуальных рамок, состоящих из семи измерений. Для оценки энергетической безопасности рассчитаны 28 показателей. Затем нечеткие множества используются для указания важности измерений и показателей, а гибридная модель GRA-TOPSIS вводится для оценки эффективности энергетической безопасности. Кроме того, проводится качественный анализ первопричин с помощью диаграммы «почему – почему» для выявления факторов, влияющих на энергетическую безопасность.

Следует отметить, что различные угрозы лежат в основе рисков энергобезопасности. С учетом специфики выявленных основных рисков предлагается проводить идентификации угроз с классификацией их на производственные, финансовые и информационные (вызываемые применением информационных технологий) на всех стадиях энергетического производства. Риски бывают внутренними (контролируемо зависят от деятельности предприятий энергетики) и внешними (не контролируются энергетиками и не зависят от их деятельности). Повышению энергобезопасности страны также способствует выполнение мероприятий по интеграции в энергосистему вводимой на полную мощность Белорусской АЭС [11, 12].

Основная часть

В целях эффективной разработки направлений укрепления энергобезопасности и оценки их влияния на устойчивое социально-экономическое развитие регионов республики необходимо провести идентификацию угроз и ранжирование рисков с учетом их значимости на всех этапах энергопроизводства. Для этого предложена классификация существующих рисков энергетической безопасности на основе двух критериев: стадий технологического процесса и источников рисков. Согласно данной классификации, источники рисков на каждой стадии технологического процесса (генерация, передача, распределение) неизменны и могут быть объединены в следующие группы: производственные, финансовые, информационные (вызываемые использованием информационных технологий).

Для оценки степени угроз энергетической безопасности проведен письменный опрос 30 специалистов соответствующих подразделений (производственно-технических отделов, финансово-экономических служб и ИТ-специалистов) шести РУП-облэнерго и ГПО «Белэнерго». Респондентам было предложено провести ранжирование видов рисков (производственные, финансовые, информационные) на каждой стадии энергопроизводства с указанием соответствующих значений (от 1 до 3), при этом наиболее важному виду риска присваивалось значение «1», наименее важному – «3». Аналогичным образом оценивались конкретные риски, относящиеся к тому или иному виду (от 1 до 6–13 в зависимости от количества рисков в группе).

В ходе анализа результатов получена информация о важности каждой группы рисков (рис. 1). Так, по мнению экспертов, на стадиях генерации и передачи значение различных групп рисков одинаковое. При этом наиболее важными являются производственные риски, а наименее важными – риски, вызываемые информационными технологиями. Для стадии распределения производственные и финансовые риски равнозначны и важны, меньшая значимость отводится информационным рискам.

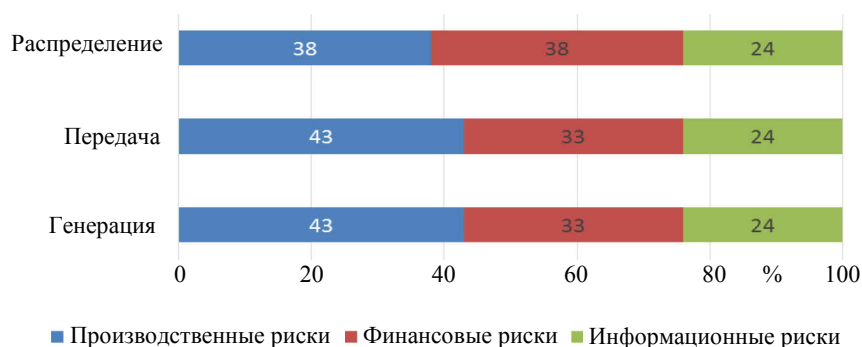


Рис. 1. Распределение групп рисков энергетической безопасности по стадиям энергопроизводства

Fig. 1. Distribution of energy security risk groups by stages of energy production

Результаты анализа значимости отдельных производственных рисков энергетической безопасности на стадии генерации представлены на рис. 2. К числу наиболее важных отнесены: износ основных средств (17 %); снижение загрузки собственных генерирующих мощностей, в том числе ТЭЦ по теплофикационному циклу в связи с вводом БелАЭС и отсутствием экспорта электроэнергии в сопредельные страны (13 %); снижение надежности работы оборудования (увеличение отказов) (13 %). Менее важными названы низкий коэффициент использования установленной мощности по районным котельным (ввиду сокращения промышленных потребителей тепловой энергии, высоких темпов газификации, создания децентрализованных источников теплоснабжения) (6 %) и негативное воздействие на окружающую среду (5 %).

Генерация – производственные риски



Рис. 2. Важность производственных рисков энергетической безопасности на стадии генерации

Fig. 2. The importance of production risks of energy security at the generation stage

Значимость отдельных финансовых рисков на стадии генерации отражена на рис. 3. Наиболее важными признаны: рост стоимости основных топливно-энергетических ресурсов, удельный вес которых составляет 70–80 % в затратах на топливо (21 %); снижение прибыльности РУП-облэнерго ввиду уменьшения загрузки собственных генерирующих мощностей (в том числе из-за отсутствия экспорта электроэнергии в сопредельные страны) и некупаемости ранее введенных объектов в связи с вводом БелАЭС (недостаточность фонда перераспределения для обеспечения минимальной необходимой прибыли при вводе БелАЭС) (17 %). Наименее важными являются: различная рентабельность областных энергосистем, обусловленная различными среднеотпускными тарифами на энергию и различной себестоимостью ее производства из-за отличий в структуре генерации (8 %); высокие затраты на содержание вспомогательных ремонтных цехов при моральном и физическом старении их производственных мощностей и применяемых технологий (8 %); высокие затраты на содержание автотранспорта и спецмеханизмов при относительно низких коэффициентах выпуска и сезонности использования некоторых групп подвижного состава (5 %).

Генерация – финансовые риски



Рис. 3. Важность финансовых рисков энергетической безопасности на стадии генерации
 Fig. 3. The importance of financial risks of energy security at the generation stage

На рис. 4 представлены риски на стадии генерации, вызванные информационными технологиями. По мнению респондентов, наибольшее значение здесь имеют отказы или сбои в работе объектов информатизации, непосредственно управляющих генерирующим оборудованием электростанций (11 %) и оборудованием распределительных устройств электростанций (12 %), а наименьшее значение – отказы или сбои в работе объектов информатизации, непосредственно управляющих оборудованием контроля вредных выбросов в атмосферу (3 %).

Генерация – информационные риски



Рис. 4. Важность рисков энергетической безопасности, вызываемых информационными технологиями, на стадии генерации
 Fig. 4. The importance of energy security risks caused by information technologies at the generation stage

На стадии передачи наиболее важными производственными рисками (рис. 5) являются износ основных средств (17 %) и снижение надежности работы сети из-за погодных условий (14 %), а наименее важными – увеличение доли потерь в случае снижения объемов промышленного производства из-за недозагрузки трансформаторных мощностей (6 %) и рост нагрузочных потерь при транспортировке электроэнергии по линиям в зависимости от удаленности потребителей в связи с приростом межсистемных перетоков между областными энергосистемами, так как основным источником электроэнергии будет являться БЕЛАЭС (5 %).

Передача – производственные риски



Рис. 5. Важность производственных рисков энергетической безопасности на стадии передачи

Fig. 5. The importance of industrial energy security risks at the transfer stage

Результаты анализа финансовых рисков на стадии передачи представлены на рис. 6. К числу наиболее значимых отнесены: дефицит оборотных средств и инвестиций, в том числе внешних, направляемых на модернизацию объектов электросетевой инфраструктуры и для расчета за ранее реализованные проекты за счет иностранных кредитных линий (принимаются во внимание также колебания валютных курсов) (27 %); отсутствие источников финансирования на реконструкцию тепловых сетей в объеме 4 % от восстановительной стоимости для обеспечения нормативного срока службы в 25 лет (22 %). Наименее значимыми названы высокие затраты на содержание вспомогательных ремонтных цехов при моральном и физическом старении их производственных мощностей и применяемых технологий (10 %) и высокие затраты на содержание автотранспорта и спецмеханизмов при относительно низких коэффициентах выпуска и сезонности использования некоторых групп подвижного состава (9 %).

Значимость рисков, вызванных информационными технологиями на стадии передачи, отражена на рис. 7. Среди них наиболее важными являются отказы или сбои в работе объектов информатизации, непосредственно управляющих оборудованием подстанций (13 %), а наименее важными – несовместимость срока эксплуатации технических средств автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) и основного технологического оборудования (6 %), несоответствие (отсталость) средств информационной безопасности внедренным информацион-

ным решениям (6 %), отсутствие на предприятиях энергетики специализированных подразделений, непосредственно отвечающих за информационную безопасность (5 %).

Передача – финансовые риски

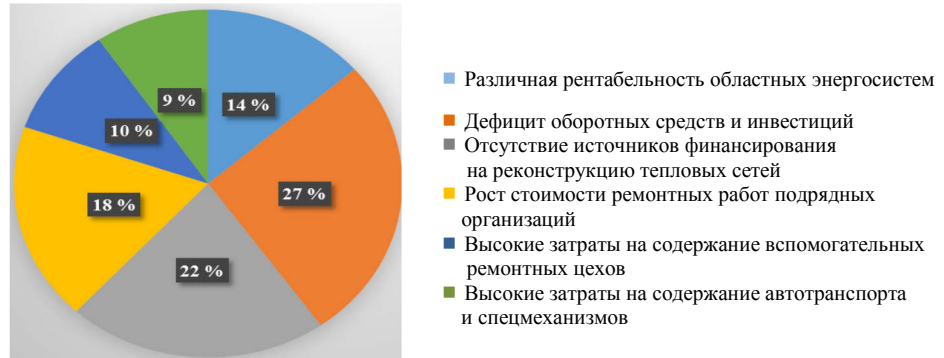


Рис. 6. Важность финансовых рисков энергетической безопасности на стадии передачи

Fig. 6. The importance of financial risks of energy security at the transfer stage

Передача – информационные риски



Рис. 7. Важность рисков энергетической безопасности,

вызываемых информационными технологиями, на стадии передачи

Fig. 7. The importance of energy security risks caused by information technologies at the transfer stage

На рис. 8 приведены производственные риски на стадии распределения. Наибольшее значение, по мнению респондентов, имеют отключения, приводящие к нарушению функционирования объектов обеспечения жизнедеятельности населения (водо-, газо-, тепло-, электроснабжения, водоотведения) – социальный аспект риска (14 %) и износ основных средств (13 %), а наименьшее – высокий уровень затрат на обслуживание распределительной сети (4 %) и отсутствие 100%-го покрытия электронными приборами учета потребителей (4 %).

Распределение – производственные риски

Рис. 8. Важность производственных рисков энергетической безопасности на стадии распределения

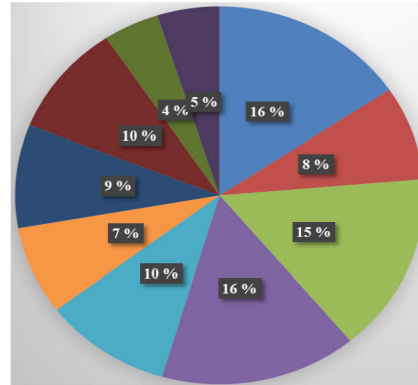
Fig. 8. The importance of industrial energy security risks at the distribution stage

Наиболее важными финансовыми рисками энергетической безопасности на стадии распределения (рис. 9) считаются: дефицит оборотных средств и инвестиций, в том числе внешних, на модернизацию объектов распределительной электросетевой инфраструктуры (16 %); снижение платежеспособности потребителей в регионе (16 %); предоставление значительному количеству субъектов хозяйствования скидок с тарифов (15 %). Наименее важны такие риски, как высокие затраты на содержание автотранспорта и спецмеханизмов при относительно низких коэффициентах выпуска и сезонности использования некоторых групп подвижного состава (5 %), а также высокие затраты на содержание вспомогательных ремонтных цехов при моральном и физическом старении их производственных мощностей и применяемых технологий (4 %).

Значимость рисков, вызванных информационными технологиями, на стадии распределения показана на рис. 10. Так, наиболее важными из них называются: отказы или сбои в работе объектов информатизации, непосредственно управляющих оборудованием подстанций (комплектных трансформаторных и распределительных подстанций) (13 %); хакерские кибератаки (взлом, внедрение вредоносных программ-шифровальщиков и блокировок, шантаж) (12 %); недостаточный уровень квалификации персонала, отсутствие заинтересованности сотрудников во внедрении информационных технологий, что приводит к отказам, ошибкам и сбоям в работе оборудования по вине ИТ-персонала (12 %). Наименьшее значение имеют цифровая зависимость от технологий, особенно иностранных, и их поставщиков (отказы в работе оборудования в связи с непредоставлением поставщиком программно-технических комплексов соответствующих паролей для доступа к программному обеспечению, возможность удаленного контроля и влияния на

работу оборудования, снятие данных поставщиком, промышленный шпионаж) (6 %), а также несоответствие (отсталость) средств информационной безопасности внедренным информационным решениям (4 %).

Распределение – финансовые риски



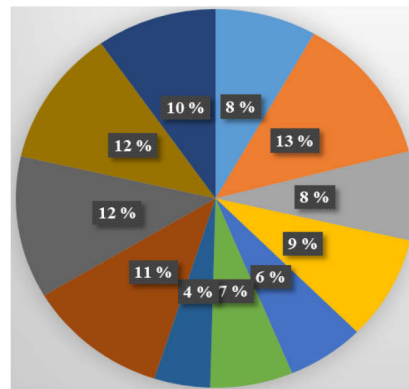
- Дефицит оборотных средств и инвестиций
- Недостаточность источников финансирования по модернизации приборного парка учета
- Предоставление значительному количеству субъектов хозяйствования скидок с тарифов
- Снижение платежеспособности потребителей
- Рост тарифов на покупку электроэнергии от блок-станций
- Рост цен на комплектные и мачтовые трансформаторные подстанции, электронные приборы учета, сплит-системы
- Отсутствие влияния областных энергосистем на уровень установленных тарифов
- Рост стоимости ремонтных работ подрядных организаций

- Высокие затраты на содержание вспомогательных ремонтных цехов
- Высокие затраты на содержание автотранспорта и спецмеханизмов

Рис. 9. Важность финансовых рисков энергетической безопасности на стадии распределения

Fig. 9. The importance of financial risks of energy security at the distribution stage

Распределение – информационные риски



- Низкий уровень автоматизации (цифровизации) распределительной сети
- Отказы или сбои в работе объектов информатизации, непосредственно управляющих оборудованием подстанций
- Отказы или сбои в работе объектов информатизации, непосредственно управляющих энергообъектами центральной диспетчерской службы
- Разнородность использования программных и аппаратных средств на вновь построенных АСУ ТП
- Цифровая зависимость от технологий и их поставщиков
- Несовместимость срока эксплуатации технических средств АСУ ТП и основного технологического оборудования

- Несоответствие средств информационной безопасности внедренным информационным решениям
- Некачественное исполнение проекта по первичной разработке алгоритма управления техпроцессом
- Хакерские кибератаки
- Недостаточный уровень квалификации персонала
- Отсутствие на предприятиях энергетики специализированных подразделений, непосредственно отвечающих за информационную безопасность

Рис. 10. Важность рисков энергетической безопасности, вызываемых информационными технологиями, на стадии распределения

Fig. 10. The importance of energy security risks caused by information technologies at the distribution stage

Таким образом, проведенное исследование позволило сделать следующие основные выводы. Поскольку основополагающей целью функционирования энергосистемы Республики Беларусь является обеспечение бесперебойного и надежного энергоснабжения потребителей, респонденты выделили в качестве наиболее весомых производственные риски на всех стадиях энергетического производства. Это свидетельствует о том, что в настоящее время в областных энергосистемах уделяется внимание преимущественно им.

В результате цифровой трансформации энергетики появилась новая группа рисков – информационные риски, вызываемые информационными технологиями. Они оценены достаточно высоко (их доля составляет 24 %). Это говорит о необходимости совершенствования Концепции энергетической безопасности Республики Беларусь в части включения в нее угроз, вызываемых информационными технологиями, и соответствующих индикаторов для их оценки.

Ранжирование финансовых рисков, связанных с инвестиционной составляющей и затратами на ремонтно-эксплуатационное обслуживание по основным технологическим стадиям энергетического производства, представлено в табл. 1. В данном случае у специалистов РУП-облэнерго наибольшие опасения вызывают вопросы достаточности финансирования системообразующей электрической сети и теплотрасс (стадия передачи).

Таблица 1

Значимость финансовых рисков, связанных с инвестиционной составляющей и ремонтно-эксплуатационным обслуживанием

The importance of financial risks associated with the investment component and repair-and-maintenance services

Наименование риска	Наименование стадии		
	Генерация	Передача	Распределение
Инвестиционные риск-факторы, %	16	49	31
Риск-факторы, связанные с ремонтно-эксплуатационным обслуживанием, %	23	37	19
Итого, %	39	86	50

Проведенное исследование показывает актуальность дальнейшего изучения степени влияния каждой группы рисков на энергобезопасность Республики Беларусь и разработки на этой основе направлений устойчивого развития энергосистемы в условиях цифровой трансформации.

ВЫВОДЫ

1. Проведена классификация существующих рисков энергетической безопасности в Республике Беларусь на основе двух критериев: стадий технологического процесса энергетического производства (генерация, передача, распределение) и неизменных источников рисков. В результате все риски объединены в следующие группы: производственные, финансовые,

информационные. Основой классификации послужили систематизированные по вышеназванным критериям результаты анализа, полученные в ходе экспертного опроса специалистов шести РУП-облэнерго и ГПО «Белэнерго».

2. Предлагаемые идентификация угроз и ранжирование рисков энергобезопасности с учетом их значимости на всех этапах энергетического производства могут использоваться для разработки мероприятий по укреплению энергобезопасности страны и оценки их влияния на социально-экономическое развитие регионов Республики Беларусь.

ЛИТЕРАТУРА

1. Борталевич, С. И. Методические основы оценки энергетической безопасности регионов / С. И. Борталевич // *Экономический анализ: теория и практика*. 2012. № 38. С. 33–37.
2. Воробьев, А. Г. Подходы к оценке энергетической безопасности региона (на примере Челябинской области) / А. Г. Воробьев, Е. А. Мякота, А. В. Путилов // *Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз*. 2010. № 4. С. 71–80.
3. Ворожкова, Т. Н. Онтологическая модель угроз энергетической безопасности / Т. Н. Ворожкова, Н. И. Пяткова // *Информационные и математические технологии в науке и управлении*. 2017. № 3. С. 35–41.
4. Михалевич, А. А. Состояние и перспективы развития энергетики в мире и Беларуси / А. А. Михалевич // *Устойчивое развитие энергетики Республики Беларусь – состояние и перспективы*: сб. ст. Междунар. науч. конф., Минск, 1–2 окт. 2020 г. Минск, 2020. С. 44–51.
5. Богдан, И. Т. Стратегия устойчивого развития энергетики Республики Беларусь / И. Т. Богдан, Т. Г. Зорина // *Устойчивое развитие энергетики Республики Беларусь – состояние и перспективы*: сб. ст. Междунар. науч. конф., Минск, 1–2 окт. 2020 г. Минск, 2020. С. 104–112.
6. Корсак, Е. П. Формирование системы угроз энергетической безопасности Республики Беларусь / Е. П. Корсак // *Энергетика. Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ*. 2019. Т. 62, № 4. С. 388–398. <https://doi.org/10.21122/1029-7448-2019-62-4-388-398>.
7. Попов, Б. И. Многокритериальный анализ решений как метод оценки уровня энергетической безопасности Республики Беларусь / Б. И. Попов, Т. Г. Зорина, О. А. Любчик // *Устойчивое развитие энергетики Республики Беларусь – состояние и перспективы*: сб. ст. Междунар. науч. конф., Минск, 1–2 окт. 2020 г. Минск, 2020. С. 287–295.
8. Analysis of Energy Security Level in the Baltic States Based on Indicator Approach / J. Augutis [et al.] // *Energy*. 2020. Vol. 199. 117427. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.117427>.
9. Blum, X. The Challenging Economics of Energy Security: Ensuring Energy Benefits in Support of Sustainable Development / X. Blum, L. F. L. Legey // *Energy Economics*. 2012. Vol. 34, Iss. 6. P. 1982–1989. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2012.08.013>.
10. Measuring and Improving Regional Energy Security: a Methodological Framework Based on Both Quantitative and Qualitative Analysis / L. Zhang [et al.] // *Energy*. 2021. Vol. 227. P. 120534. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.120534>.
11. Об утверждении комплексного плана развития электроэнергетической сферы до 2025 года с учетом ввода Белорусской атомной электростанции [Электронный ресурс]: пост. Совета Министров Респ. Беларусь от 1 марта 2016 г. № 169. Режим доступа: <https://minenergo.gov.by/wp-content/uploads/%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BB%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%BD%D1%8B%D0%B9-%D0%9F%D0%BB%D0%B0%D0%BD.pdf>. Дата доступа: 25.02.2022.
12. Михалевич, А. А. Моделирование работы Белорусской энергосистемы с учетом ввода АЭС / А. А. Михалевич, В. А. Рак // *Энергетика. Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ*. 2021. Т. 64, № 1. С. 5–14. <https://doi.org/10.21122/1029-7448-2021-64-1-5-14>.

REFERENCES

1. Bortalevich S. I. (2012) Methodological Foundations for Assessing the Energy Security of Regions. *Ekonomicheskii Analiz: Teoriya i Praktika = Economic Analysis: Theory and Practice*, (38), 33–37 (in Russian).
2. Vorobyov A. G., Myakota E. A., Putilov A. V. (2010) Approaches to Assessing the Energy Security of the Region (on the Example of the Chelyabinsk Region). *Ekonomicheskie i Sotsial'nye Peremeny: Fakty, Tendentsii, Prognoz = Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*, (4), 71–80 (in Russian).
3. Vorozhtsova T. N., Pyatkova N. I. (2017) Ontological Model of Threats to Energy Security. *Informatsionnye i Matematicheskie Tekhnologii v Nauke i Upravlenii = Information and Mathematical Technologies in Science and Management*, (3), 35–41 (in Russian).
4. Mikhalevich A. A. (2020) The State and Prospects of Energy Development in the World and Belarus. *Ustoichivoe Razvitie Energetiki Respubliki Belarus' – Sostoyanie i Perspektivy: Sb. St. Mezhdunar. Nauch. Konf., Minsk, 1–2 Okt. 2020 g.* [Sustainable Development of Energy of the Republic of Belarus – State and Prospects: Collection of International Articles. Scientific. Conf., Minsk, 1–2 Oct. 2020]. Minsk, 44–51 (in Russian).
5. Bogdan I. T., Zoryna T. G. (2020) Strategy of Sustainable Energy Development of the Republic of Belarus. *Ustoichivoe Razvitie Energetiki Respubliki Belarus' – Sostoyanie i Perspektivy: sb. st. Mezhdunar. Nauch. Konf., Minsk, 1–2 Okt. 2020 g.* [Sustainable Development of Energy of the Republic of Belarus – State and Prospects: Collection of International Articles. Scientific. Conf., Minsk, 1–2 Oct. 2020]. Minsk, 104–112 (in Russian).
6. Korsak E. P. (2019) Formation of the System of Threats to Energy Security of the Republic of Belarus. *Energetika. Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii i Energeticheskikh Ob'edinenii SNG = Energetika. Proceedings of CIS Higher Education Institutions and Power Engineering Associations*, 62 (4), 388–398. <https://doi.org/10.21122/1029-7448-2019-62-4-388-398> (in Russian).
7. Popov B. I., Zoryna T. G., Lyubchik O. A. (2020) Multicriteria Analysis of Solutions as a Method of Assessing the Level of Energy Security of the Republic of Belarus. *Ustoichivoe Razvitie Energetiki Respubliki Belarus' – Sostoyanie i Perspektivy: Sb. St. Mezhdunar. Nauch. Konf., Minsk, 1–2 okt. 2020 g.* [Sustainable Development of Energy of the Republic of Belarus – State and Prospects: Collection of International Articles. Scientific. Conf., Minsk, 1–2 Oct. 2020]. Minsk, 287–295 (in Russian).
8. Augutis J., Krikštolaitis R., Martišauskas L., Urbonienė S., Urbonas R., Ušpurienė A. B. (2020) Analysis of Energy Security Level in the Baltic States Based on Indicator Approach. *Energy*, 199, 117427. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.117427>.
9. Blum X., Legey L. F. L. (2012) The Challenging Economics of Energy Security: Ensuring Energy Benefits in Support of Sustainable Development. *Energy Economics*, 34 (6), 1982–1989. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2012.08.013>.
10. Zhang L., Bai, W., Xiao, H., Ren, J. (2021) Measuring and Improving Regional Energy Security: a Methodological Framework Based on Both Quantitative and Qualitative Analysis. *Energy*, 227, 120534. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.120534>.
11. On the Approval of the Comprehensive Plan for the Development of the Electric Power Sector Until 2025 Taking into Account the Commissioning of the Belarusian Nuclear Power Plant: Resolution of the Council of Ministers of Republic of Belarus No 169 of March 1, 2016. Available at: <https://minenergo.gov.by/wp-content/uploads/%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BB%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%BD%D1%8B%D0%B9-%D0%9F%D0%BB%D0%B0%D0%BD.pdf>. (Accessed 25 February 2022) (in Russian).
12. Mikhalevich A. A., Rak U. A. (2021) Belarus Power Engineering System Modeling Taking into Account the Nuclear Power Plant Commissioning. *Energetika. Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii i Energeticheskikh Ob'edinenii SNG = Energetika. Proceedings of CIS Higher Education Institutions and Power Engineering Associations*, 64 (1), 5–14. <https://doi.org/10.21122/1029-7448-2021-64-1-5-14> (in Russian).