

Е. И. Тымуль
Т. Ф. Манцерова
Е. П. Корсак

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
И УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ В ЭНЕРГЕТИКЕ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

Минск
БНТУ
2024

УДК 620.9–049.5(476)+620.9:005.334(476)

ББК 31–65.9(4Бел)

Т93

Тымуль, Е. И. Энергетическая безопасность и управление рисками в энергетике Республики Беларусь / Е. И. Тымуль, Т. Ф Манцерова, Е. П. Корсак. – Минск : БНТУ, 2024. – 260 с.

В монографии представлены исследования и разработки по вопросам энергетической безопасности и управления рисками в энергетике Республики Беларусь.

Предназначено для использования в практической деятельности предприятий, входящими в состав ГПО «Белэнерго», а также может быть полезно образовательным и научно-исследовательским организациям и в учебно-образовательном процессе.

Рекомендовано к изданию научно-техническим советом
Белорусского национального технического университета
(протокол № 4 от 10.04.2024 г.)

Р е ц е н з е н т ы:

профессор кафедры «Экономика и управление на предприятиях»
учреждения образования «Белорусский государственный
технологический университет»,
д-р экон. наук, доцент *Т. Н. Долинина*;
зав. кафедрой «Управление экономическими системами»
института государственной службы Академии управления
при Президенте Республики Беларусь,
канд. экон. наук, доцент *А. Д. Луцевич*;
заведующий кафедрой «Экономика и логистика»
Белорусского национального технического университета,
член-корреспондент НАН Беларуси, д-р экон наук *Р. Б. Ивуть*

ISBN 978-985-31-0079-2

© Тымуль Е. И., Манцерова Т. Ф.,
Корсак Е. П., 2024

© Белорусский национальный
технический университет, 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1. УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ЭНЕРГЕТИКИ В УСЛОВИЯХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ.....	8
1.1. Устойчивое развитие энергетики как фактор энергетической безопасности страны	8
1.2. Понятие и факторы энергетической безопасности	16
1.3. Энергетическая триллема как вариант оценки энергетической безопасности	43
ГЛАВА 2. ОСНОВНЫЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ УРОВНЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ.....	59
2.1. Методы оценки энергетической безопасности	59
2.2. Методический аспект индикативного анализа оценки уровня энергетической безопасности	85
2.3. Определение уровня энергетической безопасности предприятия энергетики.....	96
2.4. Анализ цифровизации энергосистемы Республики Беларусь в контексте повышения уровня энергетической безопасности	108
2.4.1. Экономическая целесообразность внедрения цифровых технологий в электроэнергетике	108
2.4.2. Опыт цифровизации электроэнергетической системы ЕС	112
2.4.3. Опыт цифровизации электроэнергетической системы ЕАЭС	115
2.4.4. Реализация концепции цифровизации электроэнергетического комплекса Республики Беларусь	128
ГЛАВА 3. ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ РИСКОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ.....	134
3.1. Понятие риска для энергетических предприятий	134
3.2. Классификация рисков энергетических предприятий Республики Беларусь.....	144
3.3. Ключевые индикаторы риска теплоэлектростанций и обоснование их пороговых значений.....	156
3.4. Управленческое воздействие на риски теплоэлектростанций.....	192
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	207
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	210
ПРИЛОЖЕНИЯ	230

ВВЕДЕНИЕ

Развитие любой страны напрямую зависит от стабильного функционирования основных видов экономической деятельности, ключевым из которых является энергетика. Энергетика – это стратегическая отрасль, состояние которой отражается на уровне развития государства в целом. В настоящее время электроэнергетика является наиболее стабильно работающим комплексом белорусской экономики. Предприятиями отрасли обеспечено эффективное, надежное и устойчивое энергоснабжение потребителей республики без аварий и значительного экологического ущерба. Производство энергии является непрерывным сложным технологическим процессом, соответственно обеспечение стабильной работы предприятий энергетики является приоритетной задачей.

Вопрос обеспечения энергетической безопасности государства является приоритетным для большинства стран мира. Для этого странами разрабатывается концепция энергетической безопасности, в которой определены национальные особенности производства и потребления энергии.

Современный этап функционирования энергетики Республики Беларусь характеризуется поступательным реформированием с целью создания оптового рынка энергии, что приведет к развитию конкуренции в сфере генерации и сбыта энергии. Ключевой стадией энергетической производственно-сбытовой цепи является генерация, представленная различными энергетическими источниками, основными из которых являются теплоэлектростанции (ТЭС). Функционирование теплоэлектростанций как самостоятельных хозяйствующих субъектов в условиях рыночной конкуренции неизбежно создаст условия для возрастания уже существующих, а также возникновения новых рисков, что потребует системного подхода к их управлению.

Цель исследования заключается в выработке научно-обоснованного методического инструментария к анализу и практическому решению проблем энергетической безопасности и реализации риск-менеджмента для объектов генерации ГПО «Белэнерго» в условиях риска и неопределенности макроэкономического окружения.

Достижение поставленной цели предполагает необходимость решения в процессе исследования следующих задач:

- изучение традиционных подходов к проблемам национальной и энергетической безопасности, анализ их особенностей, возможностей, преимуществ и недостатков;
- выявление экономического содержания категории энергетической безопасности;
- исследование роли и места энергетической безопасности в системе национальной безопасности страны;
- выявление и анализ внутренних и внешних угроз и вызовов энергетической безопасности в современных условиях;
- разработка научно-обоснованного методического инструментария оценки уровня энергетической безопасности объекта генерации;
- развитие теоретических подходов к управлению рисками энергетических предприятий;
- разработка модели управления рисками теплоэлектростанций;
- разработка методики определения пороговых значений ключевых индикаторов риска теплоэлектростанций.

Объект исследования – методическое обеспечение управления энергетической безопасностью и рисками теплоэлектростанций Республики Беларусь.

Предмет исследования – экономические и организационно-управленческие отношения между субъектами различных уровней, возникающие в процессе формирования и развития этого обеспечения.

Теоретической и методологической основой исследования явились современные концепции и системы научных взглядов на национальную и энергетическую безопасность и управление рисками в энергетике, разработанные научными школами в странах ЕАЭС и за рубежом, принципиальные положения об основах энергетической безопасности, формах и методах ее обеспечения, отраженные в законодательных и нормативных актах Республики Беларусь и в зарубежных странах.

Методический инструментарий работы включает в себя системный подход, метод логико-исторического анализа, метод анализа и синтеза, метод сравнительного анализа, метод научной абстракции, методы дедукции и индукции, статистического анализа, оценки гипотезы и прогнозирования и другие.

В первой части работы раскрываются основные теоретические аспекты и методические основы энергетической безопасности в структуре национальной безопасности. На основании обобщения мнений ведущих отечественных и зарубежных экономистов, собственных теоретических исследований, разработаны теоретические и методические подходы к оценке уровня энергетической безопасности государства в условиях устойчивого развития энергетики; предложен комбинированный подход к содержанию энергетической безопасности; установлен комплекс угроз и вызовов энергетической безопасности Республики Беларусь; дан критический обзор практики применения энергетической трилеммы как метода оценки энергетической безопасности.

Вторая часть работы посвящена основным методическим подходам к оценке уровня энергетической безопасности Республики Беларусь. Проанализированы преимущества и недостатки основных методов оценки уровня энергетической безопасности, дана сравнительная оценка индикаторов основных блоков энергетической безопасности Республики Беларусь и Российской Федерации, выполнен анализ индикаторов основных блоков энергетической безопасности Республики Беларусь, дана оценка уровня энергетической безопасности объекта генерации РУП-Облэнерго.

В третьей части исследования представлены основные направления использования экономико-математических методов оценки рисков энергетических предприятий. На основании обобщения мнений ведущих отечественных и зарубежных ученых, собственных теоретических исследований, разработаны теоретические и методические подходы к формированию системы управления рисками энергетических предприятий в современных условиях. Предложена модель управления рисками и алгоритм ее реализации. Разработан перечень основных индикаторов риска для ТЭС. Разработано программное обеспечение для автоматизации процесса группировки данных по ключевым индикаторам риска энергетических предприятий с целью построения кривой распределения данных и подтверждения нормальности распределения. Выполнен расчет ключевых индикаторов риска для ТЭС.

Состав авторов:

Манцера Т. Ф., канд. экон. наук, доцент, заведующий кафедрой «Экономика и организация энергетики» Белорусского национального технического университета, руководитель авторского коллектива (введение, глава 1, глава 2, заключение);

Тымуль Е. И., магистр экономических наук, старший преподаватель кафедры «Экономика и организация энергетики» Белорусского национального технического университета (глава 3);

Корсак Е. П., магистр экономических наук, старший преподаватель кафедры «Экономика и организация энергетики» Белорусского национального технического университета (глава 1, глава 2).

ГЛАВА 1.

УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ЭНЕРГЕТИКИ В УСЛОВИЯХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

1.1. Устойчивое развитие энергетики как фактор энергетической безопасности страны

Развитие любой страны напрямую зависит от стабильного функционирования основных видов экономической деятельности, в первую очередь, от энергетики. Постоянный рост энергопотребления обеспечивается эффективным развитием технологий производства энергии. Инновационное развитие национальной экономики страны требует стабильного и надежного энергоснабжения различных категорий потребителей, поэтому обеспечение стабильной работы предприятий энергетики является ключевой задачей.

Вопрос обеспечения энергетической безопасности государства является приоритетным для большинства стран мира. Каждая страна в силу своих потенциальных возможностей эффективного использования энергетических ресурсов, мощности энергосистемы, особенности структуры энергопотребления, развития индустриальной базы экономики, реализации социальной политики определяет для себя сущность и содержание энергетической безопасности, повышение уровня которой невозможно без выполнения целей устойчивого развития (ЦУР), поставленных перед государством.

На сегодняшний день при выполнении целей устойчивого развития наблюдается значительный прогресс, однако в целом нужные темпы и масштабы еще не достигнуты. В 2015 году были сформулированы и приняты 17 целей устойчивого развития, сформулирован план по их достижению до 2030 года [1; 2] (рис. 1.1).

Доступ к электроэнергии в беднейших странах начал расширяться, энергоэффективность продолжает повышаться, и в электроэнергетическом секторе активно осваиваются возобновляемые источники энергии.



Рис. 1.1. Глобальные цели устойчивого развития

Источник: [1; 2]

Несмотря на эти положительные результаты, около 800 миллионов человек по-прежнему живут без электричества, и целенаправленное внимание требуется уделять проблеме доступа к экологически чистым видам топлива и технологиям для приготовления пищи. Кроме того, для достижения целей 7 и 13 в области устойчивого развития и других связанных с ними целей Повестки дня, необходимо гораздо более активно внедрять возобновляемые источники энергии, в том числе в сфере транспорта и теплоснабжения.

На сегодняшний день существует большое количество трактовок понятия «устойчивая энергетика», следует отметить, что энергетика играет ключевую роль в экономическом и социальном развитии, а также ее воздействие на окружающую среду.

Устойчивая энергетика должна быть взаимосвязана с целями устойчивого развития, в этой связи предлагается формирование устойчивой энергетики исходя из трех составляющих (рис. 1.2):

- энергетическая безопасность;
- энергетика для качества жизни;
- энергетика и окружающая среда.



Рис. 1.2. Энергетика для устойчивого развития

Источник: собственная разработка автора на основе [3; 4]

Элемент «энергетическая безопасность» рассматривает вопросы обеспечения энергетической безопасности с учетом экономических аспектов в национальном разрезе. Таким образом, энергетическая безопасность при устойчивом развитии энергетики подразумевает обеспечение потребителей энергией необходимой для экономического развития.

Элемент «энергетика для качества жизни» имеет целью улучшение условий жизни путем обеспечения всеобщего доступа к чистой, надежной и недорогой энергии. Эта цель предусматривает обеспечение не только физического доступа к сетям электроснабжения, но и качественного и недорогого доступа к более широкому спектру энергетических услуг. Важное значение имеют меры по установлению цен на энергетические услуги, в том числе на услуги электроснабжения, теплоснабжения, охлаждения и транспорта. Что касается биоэнергии и связанных с ней неясных аспектов, таких как конкуренция за ресурсы для производства продовольствия, то своеобразным индикатором устойчивости энергетики, а также продовольственных систем могут стать цены на продовольствие. Проблема заключается в том, что, помимо экономической доступности, преимущества чистой энергетики в плане повышения качества жизни не отражены в

используемых в настоящее время подходах к математическому моделированию и оптимизации. Кроме того, трудно сбалансировать преимущества чистой энергетики – будь то социальные или экономические – с выбранными вариантами развития энергетики.

Элемент «энергетика и окружающая среда» отражает компромиссы между удовлетворением растущего спроса на энергоснабжение, обеспечением здоровой окружающей среды и чистого воздуха и защитой человечества от изменения климата. Выбросы из энергетического сектора составляют 60 % от общего объема выбросов парниковых газов, таким образом, в этом секторе необходимо принять меры по уменьшению углеродного следа во всей цепочке энергоснабжения и по поддержке усилий в области смягчения последствий изменения климата. Помимо мер, касающихся изменения климата и борьбы с загрязнением воздуха, компонент «Энергетика и окружающая среда» включает и нехитрые темы, такие как соперничество за использование воды в энергетическом секторе, выбросы от транспортных средств и загрязнение воздуха, вызываемое производством и потреблением энергии. Согласно всем сценариям, используемым в настоящем проекте, главной экологической проблемой являются выбросы CO₂.

На сегодняшний день существует две комплексные модели оценки устойчивого развития энергетики GCAM и MESSAGE, опирающиеся на различные методики. Модель оценки глобальных изменений (GCAM) – это равновесная модель, которая приводит рынки в равновесие путем многократных корректировок цен и циклов обратной связи. Модель альтернативных стратегий предложения энергии и их общего воздействия на окружающую среду (MESSAGE) – это оптимизационная модель, исходящая из того, что предложение должно удовлетворять заранее определенный спрос при минимальных системных издержках.

Сочетание этих двух моделей позволило разработать комплексный метод оценки устойчивого развития энергетики, состоящий из трех компонентов концепции устойчивой энергетики, моделированием занимались Международный институт прикладного системного анализа (МИПСА), Тихоокеанская северо-западная национальная лаборатория (ТСЗНЛ) и Институт Фраунгофера (Приложение А).

Модернизация и оптимизация существующей инфраструктуры, основанной на ископаемых видах топлива, имеет важное значение

для обеспечения устойчивого развития, однако ее нельзя осуществлять быстро во избежание социальных потрясений (рис. 1.3). Зависимость многих районов и отраслей от ископаемых видов топлива будет сохраняться, в связи с чем любое постепенное свертывание производства должно тщательно регулироваться. Использование земель для получения энергии из возобновляемых источников и социальные изменения, направленные на сокращение выбросов парниковых газов, также окажут влияние практически на всех и являются еще одним фактором, который необходимо учитывать.

Социальные аспекты жизни стран, зависимых от видов деятельности, связанных с ископаемыми энергоресурсами, и региональная социально-экономическая инфраструктура нуждаются в тщательном регулировании в рамках устойчивой долгосрочной государственной политики.

 ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ	 ЭКОНОМИЧЕСКИЕ РЕАЛИИ	 СОЦИАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
<ul style="list-style-type: none"> • СОДЕЙСТВИЕ ПРОДВИЖЕНИЮ УГЛЕРОДНО-НЕЙТРАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ОСОБЕННО В СЛУЧАЕ ИНТЕНСИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УГЛЕРОДА • ВНЕДРЕНИЕ ПРАКТИКИ РЕГУЛИРОВАНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ И ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ НА ДЕЙСТВУЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ 	<ul style="list-style-type: none"> • РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕМПОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПЕРЕХОДА, ПОСКОЛЬКУ МЕСТНОЙ И НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКЕ НЕОБХОДИМО АДАПТИРОВАТЬСЯ К НОВЫМ УСЛОВИЯМ • ПОТЕНЦИАЛ ДЛЯ НОВЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ВЕДЕНИЯ БИЗНЕСА, ОДНАКО СТРУКТУРНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ НЕОБХОДИМО ТЩАТЕЛЬНО РЕГУЛИРОВАТЬ • ПРОБЛЕМА НАЛИЧИЯ ВАЖЕЛЫХ ЗАИНТЕРЕСОВАННЫХ КРУГОВ. НЕОБХОДИМО НЕЙТРАЛИЗОВАТЬ ОЖИДАЕМОЕ НЕПРИЯТИЕ СО СТОРОНЫ БЕНЕФИЦИАРОВ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ И ЗНАЧИМЫХ ЗАИНТЕРЕСОВАННЫХ ЛЮДЕЙ 	<ul style="list-style-type: none"> • МЕСТНЫЕ СООБЩЕСТВА, ЗАВИСЯЩИЕ ОТ ОТРАСЛЕЙ ПО ДОБЫЧЕ ИСКОПАЕМОГО ТОПЛИВА, СТАЛКИВАЮТСЯ С ТАКИМИ ПРОБЛЕМАМИ, КАК ПОТЕРЯ РАБОЧИХ МЕСТ, ЭКОНОМИЧЕСКИЙ СПАД, РАЗРУШИТЕЛЬНЫЕ КУЛЬТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ • КОНЦЕПЦИЯ "СПРАВЕДЛИВОГО ПЕРЕХОДА" МОЖЕТ СОДЕЙСТВОВАТЬ СТРУКТУРНОМУ ПЛАНИРОВАНИЮ • К ПРЕИМУЩЕСТВАМ ПЕРЕХОДА ОТНОСИТСЯ СОЗДАНИЕ РАБОЧИХ МЕСТ В НИЗКОУГЛЕРОДНЫХ ОТРАСЛЯХ

Рис. 1.3. Экологические, экономические и социальные проблемы энергетического перехода

Источник: [5]

Достигнутые недавно международные соглашения в интересах устойчивого будущего, в частности связанные с энергетикой ЦУР и последующие обязательства, обеспечивают важный контекст для проекта. Согласно Повестке дня на период до 2030 года, страны

должны продолжать предусмотренную их национальными программами согласованную и ускоренную деятельность в области устойчивой энергетики в целях увязывания растущей мировой потребности в энергетических услугах со смягчением воздействия разработки и использования энергетических ресурсов. Актуальное для директивных органов определение «устойчивой энергетики» должно быть увязано с этими важнейшими международными соглашениями [6].

На рис. 1.4 показана взаимосвязь ЦУР при определении концепции «энергетика для устойчивого развития». Непосредственные связи собраны в центре диаграммы. Косвенные связи распределены по ее периметру.



Рис. 1.4. Взаимосвязь ЦУР при определении концепции «энергетика для устойчивого развития»

Источник: собственная разработка автора на основе [1; 2; 6]

В рамках элемента «энергетика и окружающая среда» особое значение, помимо ЦУР 7, имеют следующие: ЦУР 6 «Чистая вода и санитария», ЦУР 12 «Рациональные модели потребления и производства» и ЦУР 13 «Борьба с изменением климата».

Связь ЦУР 6 с энергетикой обусловлена значительным количеством воды, которое потребляет энергетика, например, в процессе

выработки электроэнергии на ГЭС или при использовании воды для охлаждения в процессе производства тепловой энергии. ЦУР 7 представляет собой непосредственно цель в области энергетики из всех 17 ЦУР. Она ориентирована на «обеспечение доступа к недорогим, надежным, устойчивым и современным источникам энергии для всех». Согласно поставленным относительно этой цели задачам, необходимо увеличить долю энергии из возобновляемых источников, удвоить глобальный показатель повышения энергоэффективности, продвигать более чистые технологии использования ископаемого топлива и обеспечить всеобщий доступ к недорогому, надежному и современному энергоснабжению. Кроме того, в рамках задач предусмотрена активизация международного сотрудничества и поощрение инвестиций в исследования и технологии и инфраструктуру в области экологически чистой энергетики.

ЦУР 12 ориентирована на повышение значимости экономики замкнутого цикла. Энергетическая отрасль играет решающую роль в достижении целей, связанных с эффективностью использования ресурсов. Устойчивое использование энергии является важным аспектом ЦУР 12 и ЦУР 7. ЦУР 12 также включает поэтапный отказ от субсидий на ископаемые виды топлива, деформирующих энергетический рынок. Это отрицательно скажется на экономике производства энергии на основе ископаемого топлива и, следовательно, уменьшит воздействие на окружающую среду за счет снижения выбросов парниковых газов. Еще одним связующим моментом является осведомленность и применение мер по энергосбережению и повышению энергоэффективности.

ЦУР 13 обеспечивает связь с национальными обязательствами по смягчению последствий изменения климата – так называемыми «определяемыми на национальном уровне вкладами» (ОНУВ), – которые необходимо будет выполнить до 2030 года. ОНУВ являются центральной частью Парижского соглашения о совместных усилиях по удержанию глобального потепления на уровне значительно ниже 2 °С. На долю энергетической отрасли приходится около двух третей всех выбросов парниковых газов, следовательно, это крайне важная отрасль, которую необходимо включать в любую деятельность по смягчению последствий изменения климата и адаптации к ним.

В рамках элемента «энергетическая безопасность» особо значимыми с точки зрения энергетики являются ЦУР 8 «Достойная работа

и экономический рост», ЦУР 9 «Промышленность, инновации и инфраструктура», ЦУР 11 «Устойчивые города и населенные пункты» и ЦУР 12 «Рациональные модели потребления и производства».

Связь ЦУР 8 и 12 с энергетической безопасностью обусловлена тем, что энергия является важнейшим фактором экономического роста, а ЦУР 12 требует перехода к более устойчивой модели экономического роста на основе совершенствования энергетической отрасли. Необходимо устранить связь между экономическим ростом, с одной стороны, и спросом на энергию и ухудшением состояния окружающей среды – с другой. Ключевые целевые области включают уменьшение экологического следа энергетической отрасли, повышение эффективности использования ресурсов и потребления в энергетической производственно-сбытовой цепочке и улучшение показателей энергоёмкости во всех отраслях экономики.

ЦУР 9 охватывает энергетику, энергоёмкие отрасли промышленности, энергетические инновации и всю энергетическую инфраструктуру. Для достижения ЦУР 9 необходимы энергетический переход к жизнеспособным и устойчивым энергетической инфраструктуре, и использованию ресурсов, а также развитие, распространение и локальная адаптация энергетических технологий.

К ЦУР 11 относятся переход и развитие устойчивой и жизнеспособной городской энергетической инфраструктуры, устойчивое электроснабжение городов, городских и сельских районов, а также электрификация транспорта и разработка экологически чистых видов горючего для транспорта. Еще одним важным аспектом является энергоэффективность зданий. В рамках элемента «энергетика для качества жизни» особо значимыми с точки зрения энергетики являются ЦУР 2 «Ликвидация голода», ЦУР 7 «Недорогая и чистая энергия», ЦУР 11 «Устойчивые города и населенные пункты» и ЦУР 17 «Партнерства».

ЦУР 2 связана с энергетическим сектором через нексус «продовольствие-вода-энергия» ввиду конкуренции за ресурсы с продовольственным сектором. Аграрный сектор является активным потребителем как воды, так и энергии.

Достижение целей устойчивой энергетики является сложной социальной, политической, экономической и технологической задачей.

Стратегии, требующиеся для продвижения по пути перехода к устойчивой энергетике, включают незамедлительное принятие мер

по повышению энергоэффективности, ограничению выбросов парниковых газов посредством сокращения использования ископаемых видов топлива и одновременного внедрения технологий улавливания углерода, а также осуществление инвестиций в возобновляемую и низкоуглеродную энергетику в тех регионах, где ощущается особая нехватка инфраструктуры возобновляемой энергетики, например на Кавказе, в Центральной Азии, Южной и Юго-Восточной Европе. Вплоть до 2050 года масштаб перехода будет значительным и, чтобы избежать серьезного воздействия на климат, мировому сообществу придется заплатить за этот переход весомую цену. Поскольку энергетический переход сопряжен с соответствующими затратами, он создаст во всем регионе новые проблемы в плане ценовой доступности энергии.

1.2. Понятие и факторы энергетической безопасности

Развитие любой страны напрямую зависит от стабильного функционирования основных видов экономической деятельности, в первую очередь, от энергетики. Постоянный рост энергопотребления обеспечивается эффективным развитием технологий производства энергии. Инновационное развитие национальной экономики страны требует стабильного и надежного энергоснабжения различных категорий потребителей, поэтому обеспечение стабильной работы предприятий энергетики является ключевой задачей. Вопрос обеспечения энергетической безопасности государства является приоритетным для большинства стран мира. Каждая страна в силу своих потенциальных возможностей эффективного использования энергетических ресурсов, мощности энергосистемы, особенности структуры энергопотребления, развития индустриальной базы экономики, реализации социальной политики определяет для себя сущность и содержание энергетической безопасности.

На сегодняшний день энергетическая безопасность не является отдельно выделенным компонентом Национальной безопасности страны, а входит в состав экономической безопасности (рис. 1.5).

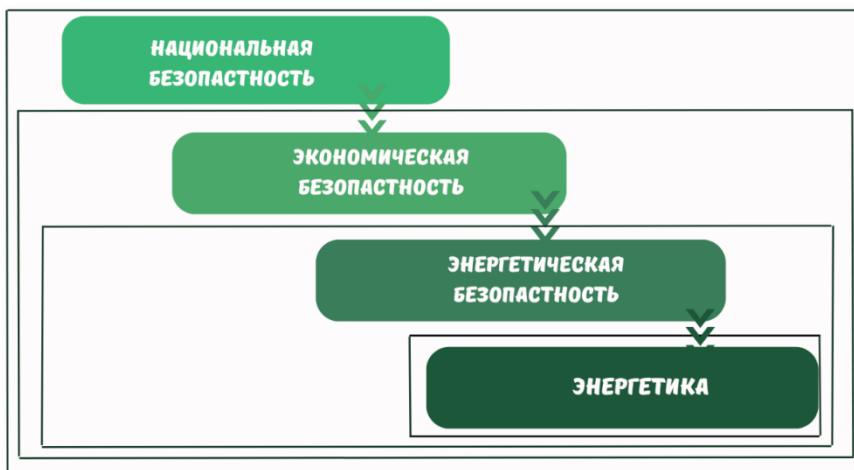


Рис. 1.5. Место энергетической безопасности в структуре национальной безопасности страны

Источник: собственная разработка автора на основе [7; 8]

Основными направлениями энергетической политики, осуществляемой с целью обеспечения энергетической безопасности, являются: использование альтернативных источников энергии с максимальным вовлечением возобновляемых, нетрадиционных и вторичных ресурсов; повышение эффективности использования энергетических ресурсов; обновление основных средств за счет внедрения передовых высокоэкономичных и ресурсосберегающих технологий и оборудования; оптимизация режимов работы энергосистемы; использование геополитического положения республики с максимальной выгодой; дальнейшее совершенствование ценовой, тарифной и налоговой политики; создание и совершенствование законодательно-правовой базы; развитие инновационной деятельности; проведение активной инвестиционной политики; регулирование баланса спроса и предложений на электроэнергию (за счет разумного размещения потребителей энергии, введение экономически оправданных и выгодных для потребителей и энергетиков тарифов на энергоносители) [7].

Понятие «энергетическая безопасность» исследуется многими отечественными и зарубежными учеными. По мнению Мирowego

энергетического совета, энергетическая безопасность определяется как эффективная организация поставки первичной энергии из национальных и зарубежных источников, надежность энергетической инфраструктуры и способность поставщиков энергии удовлетворить текущий и будущий спрос. Мировой энергетический совет определяет энергетическую безопасность как одну из трех современных задач энергетики. В этой связи, была разработана концепция под названием «энергетическая триллема», направленная на поддержку безопасной, доступной и экологичной энергии.

Понятие «безопасность» по толковому словарю С. И. Ожегова трактуется как «состояние, при котором не угрожает опасность, есть защита от опасности» [9] В этой связи обеспечение национальной безопасности является приоритетной задачей государства.

В «Энергетической стратегии России на период до 2020 года», принятой в августе 2003 года, дано следующее определение *«энергетическая безопасность – это состояние защищенности страны, ее граждан, общества, государства, обслуживающей их экономики, от угроз надежному топливо- и энергообеспечению»* [10].

В большинстве случаев, энергетическая безопасность определяется как сущность деятельности по обеспечению энергетической безопасности страны и надежности энергоснабжения по различным видам экономической деятельности и населения.

В нормативно-правовых документах Республики Казахстан дано следующее определение *«энергетическая безопасность, рассматриваемая в системе экономической безопасности как одна из основных ее элементов, подразумевает оптимальное использование ограниченных ресурсов и использование экологических природо-, энерго-, и материалосберегающих технологий, включая добычу и переработку сырья, создание экологически приемлемой продукции, минимизацию, переработку и уничтожение отходов»* [11].

Согласно Национальной энергетической программе Кыргызской Республики на 2008–2010 годы и стратегии развития топливно-энергетического комплекса до 2025 года энергетическая безопасность рассматривается как «важнейшая составляющая национальной безопасности Кыргызской Республики, которая должна обеспечить надежное топливо- и энергообеспечение» [12].

Концепция обеспечения энергетической безопасности Республики Армения, рассматривает энергетическую безопасность *«в качестве комплекса мероприятий и выделяет некоторые внешние и внутренние угрозы энергетической безопасности республики»*.

В «Концепции энергетической безопасности Республики Беларусь», утвержденной Премьер-министром Республики Беларусь в 2015 году, дано, следующее определение *«энергетическая безопасность – состояние защищенности граждан, общества, государства, экономики от угроз дефицита в обеспечении их потребностей в энергии экономически доступными энергетическими ресурсами приемлемого качества, от угроз нарушения бесперебойности энергоснабжения»* [8].

Возникает главный вопрос, рассматривать энергетическую безопасность страны, как самостоятельную составляющую или как часть экономической и экологической сфер. По этому вопросу существует ряд подходов. Американский исследователь Д. Ергин трактует энергетическую безопасность следующим образом *«это... система, состоящая из национальной политики и международных институтов, задача которых – скоординированно реагировать на перебои, нарушения и чрезвычайные ситуации, а также оказывать помощь в поддержании стабильного притока ресурсов»* [13, р. 267].

Исходя из данного определения, можно сделать вывод о том, что энергетическая безопасность выступает не только как составляющая национальной, но и как компонент международной безопасности, так как возникают вопросы геополитического характера.

Академик Е. М. Примаков отмечал: *«Что вкладывается в понятие энергетической безопасности? Прежде всего, не односторонняя гарантия поставок, как трактуют энергетическую безопасность многие западные представители. Безопасность должна обеспечиваться «тройственной» гарантией: поставок со стороны стран–производителей; транспортировки со стороны стран, по территории которых она осуществляется; спроса со стороны стран–потребителей. Все они должны делить ответственность и риски за бесперебойное функционирование глобальной энергетики»* [14].

По мнению А. В. Деденкулова *«Проблема энергетической безопасности чрезвычайно многогранна. Ее объективные характеристики и субъективное восприятие зависят от степени обеспеченности*

страны ископаемыми видами топлива, ее географического положения, уровня жизни и социально-экономического развития, исторических и актуальных внешнеполитических реалий, состояния соответствующей инфраструктуры, пригодности природных условий для развития альтернативной энергетики, наконец, культурных и мировоззренческих особенностей местных элит» [15, с. 241]. Для этого странами разрабатывается концепция энергетической безопасности, в которой определены национальные особенности производства и потребления энергии.

Анализ литературных источников позволил сделать вывод, что понятие энергетической безопасности принципиально отличается в зависимости от того является страна экспортером либо импортером топливно-энергетических ресурсов (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Анализ трактовки понятия «энергетическая безопасность»
различными авторами

Автор, источник	Трактовка понятия «энергетическая безопасность»
1	2
Шестопалов П. В.	Энергетическая безопасность – это способность топливно-энергетического комплекса страны на основе эффективного использования внутренних и внешних ресурсов обеспечивать устойчивое развитие экономики страны, надежное энергоснабжение субъектов хозяйственной деятельности и населения в настоящее время и на перспективу, а также способность реализовывать свою стратегию на мировом рынке.

1	2
Глушакова И. В.	<p>Энергетическая безопасность – такое состояние сбалансированности топливно-энергетического комплекса, которое определяет его возможность надежно обеспечивать потребности экономики энергоресурсами приемлемого качества и доступными по цене в полном объеме, способность в любой момент противодействовать негативному воздействию постоянно эволюционирующих внутренних и внешних угроз, а в случае воздействия таких – способность комплекса к саморазвитию и самосовершенствованию.</p>
Школер Р. А.	<p>Энергетическая безопасность Российской Федерации определена как возможность, с одной стороны, реализовывать свою стратегию на мировых энергетических рынках, а именно диверсифицировать каналы экспорта и контрагентов, увеличивать глубину переработки основных направлений энергетического экспорта, эффективно взаимодействовать с международными объединениями, картелями и странами-транзитерами, обеспечивая бесперебойные поставки в рамках договоренностей, и расширять сферы влияния, выходя на новые рынки; а с другой стороны, развивать энергетическую инфраструктуру и резервные мощности, реализовывать потенциал энергосбережения и экологичности используемых технологий, обеспечивать приток инвестиций в отрасль, диверсифицировать внутренний энергобаланс с целью полного обеспечения нужд национальной экономики энергоресурсами.</p>

Продолжение табл. 1.1

1	2
<p>Дубровин Е., Дубровин И.</p>	<p>Энергетическая безопасность – это внутреннее и внешнее состояние или положение страны, при котором:</p> <ul style="list-style-type: none"> – отсутствуют реальные и потенциальные угрозы энергетическим интересам государства и отдельных потребителей, возникающие в процессе добычи, переработки, транспортировки и использования природных энергоресурсов и получаемых на их основе всех видов энергии, а в случае возникновения угроз – система мер по обеспечению охраны или защиты энергетических интересов с целью устранения или минимизации негативных последствий; – поддерживается требуемый уровень жизнеобеспечения и жизнедеятельности общества и государства за счет оптимизации топливно-энергетического баланса и рационального потребления имеющихся энергоресурсов; – обеспечиваются необходимые условия как для надежного функционирования и развития энергетики, промышленности и транспортного комплекса страны, так и для достойной жизнедеятельности общества и каждого из его членов.
<p>Левинзон С. В.</p>	<p>Энергетическая безопасность – это состояние отсутствия опасностей или защищенность государства и общества от различных угроз достаточному снабжению национальной экономики всеми необходимыми видами энергоресурсов по разумным рыночным ценам на средне- или долгосрочную перспективу.</p>

Продолжение табл. 1.1

1	2
Айзенберг И. Р.	Под энергобезопасностью понимается такое сбалансированное производство, информационно поддержанное распределение и перераспределение глобальных энергетических потоков, которое позволит создать бездефицитное энергетическое пространство для промышленных и непромышленных потребителей на базе ресурсов единого топливно-энергетического комплекса.
Энергетическая стратегия России на период до 2020 года	Энергетическая безопасность – это состояние защищенности страны, ее граждан, общества, государства, обслуживающей их экономики, от угроз надежному топливно- и энергообеспечению.
Нормативно-правовые документы Республики Казахстан	Энергетическая безопасность подразумевает оптимальное использование ограниченных ресурсов и использование экологичных природо-, энерго-, и материалосберегающих технологий, включая добычу и переработку сырья, создание экологически приемлемой продукции, минимизацию, переработку и утилизацию отходов.
Национальная энергетическая программа Кыргызской Республики	Энергетическая безопасность – важнейшая составляющая национальной безопасности Кыргызской Республики, которая должна обеспечить надежное топливно- и энергообеспечение.

1	2
Концепция обеспечения энергетической безопасности Республики Армении	Энергетическую безопасность рассматривается в качестве комплекса мероприятий и выделяет некоторые внешние и внутренние угрозы энергетической безопасности республики.
Концепции энергетической безопасности Республики Беларусь	Энергетическая безопасность – состояние защищенности граждан, общества, государства, экономики от угроз дефицита в обеспечении их потребностей в энергии экономически доступными энергетическими ресурсами приемлемого качества, от угроз нарушения бесперебойности энергоснабжения.

Источник: собственная разработка на основе [7; 16–21].

Наблюдается возрастающий интерес к генезису теории энергетической безопасности как у отечественных, так и у зарубежных ученых.

Каждый из них обращает внимание на те, или иные особенности проявления рисков угроз энергетической безопасности [7; 16–21].

Анализ трактовок понятия «энергетическая безопасность» показал (табл. 1.1), что в них, прежде всего, присутствует направленность на защищенность страны от угроз, их возможное нивелирование, которое может быть обеспечено надежным и качественным энергоснабжением потребителей при соблюдении экологических нормативов.

В современных условиях вопросы обеспечения энергетической безопасности играют ключевую роль. Данные международных статистических исследований показывают, что при существующих темпах по добыче и потреблению топлива, таких ключевых природных запасов как нефть и природный газ, хватит на 50–60 лет.

Анализ литературных источников позволил сделать вывод, что понятие энергетической безопасности принципиально отличается в

зависимости от того является страна экспортером либо импортером топливно-энергетических ресурсов (табл. 1.2).

Таблица 1.2

Трактовка энергетической безопасности для стран-экспортеров и стран-импортеров энергии

Энергетическая безопасность	
стран-экспортеров	стран-импортеров
1	2
сохранение энергетического суверенитета над своими энергетическими ресурсами;	обеспечение бесперебойных и безопасных долгосрочных экономически обоснованных поставок энергетических ресурсов из внешних источников на приемлемых экономических условиях;
предотвращение отрицательных непредвиденных обстоятельств;	обеспечение стабильного и долгосрочного спроса на энергетические ресурсы и поступлений от экспорта энергетических ресурсов;
предотвращение или уменьшение политических, экономических, инвестиционных, технических и иных рисков; вовлечение в топливно-энергетический баланс страны местных ТЭР, в т. ч. ВИЭ; использование атомной энергии;	обеспечение безопасности международных энерготранспортных путей;
участие в освоении нефтяных газовых ресурсов иностранных государств и организация их поставок стране;	обеспечение финансовой устойчивости и экономической эффективности энергетики, обеспечение финансовой устойчивости и экономической эффективности энергетики.

Источник: собственная разработка автора на основе [18].

Ряд стран являются избыточными по наличию данных природных ресурсов, которые в основном являются экспортерами для стран с низкой обеспеченностью собственными первичными энергетическими ресурсами.

Следует отметить, что, как и для стран-импортеров, так и для стран-экспортеров остается актуальный вопрос обеспечения высокого уровня безопасности в контексте повышения ее компонентов, а именно экономической, энергетической, военной и ряда других.

В результате критически проведенного анализа подходов к определению энергетической безопасности в национальном и мировом контексте российским ученым Р. А. Школлером выявлены следующие универсальные элементы энергетической безопасности страны: диверсификация энергетики в широком смысле - диверсификация внутренней структуры энергобаланса, географическая и товарная диверсификация экспортных потоков энергоресурсов; состояние энергетической инфраструктуры и наличие резервных мощностей; инвестиции в развитие энергетического сектора; устойчивость и техническая защищенность национальной энергосистемы; энергоэффективность; экологичность; интегрированность в энергетические системы других стран. По мнению автора, «особенно актуальными специфическими факторам энергетической безопасности для страны, экспортирующей энергоресурсы, оказались: гарантированность обеспечения поставок и безопасность транзита, устойчивые взаимоотношения с импортерами, глубокая интеграция в их национальные энергетические системы, успешное взаимодействие с другими странами-экспортерами, географическая и номенклатурная диверсификация экспорта энергоресурсов» [22].

Угрозы национальной энергетической безопасности Российской Федерации автором классифицированы по следующим типам: экономические, социально-политические, природно-техногенные и управленческие группы факторов риска. Отдельно выделена группа внешних угроз, связанная с действиями других стран. Особое внимание уделено широкому спектру экономических и внешних угроз, в том числе зависимости от транзитных маршрутов, возможным дискриминационным, мерам со стороны стран-потребителей, зависимости энергоснабжения приграничных регионов от зарубежных партнеров и от импорта оборудования.

Отмеченные аспекты позволили Р. А. Школлеру дать следующее определение энергетической безопасности. «Энергетическая безопасность РФ определена как возможность, с одной стороны, реализовывать свою стратегию на мировых энергетических рынках, а именно диверсифицировать каналы экспорта и контрагентов, увеличивать глубину переработки основных направлений энергетического экспорта, эффективно взаимодействовать с международными объединениями, картелями и странами-транзитерами, обеспечивая бесперебойные поставки в рамках договоренностей, и расширять сферы влияния, выходя на новые рынки; а с другой стороны развивать энергетическую инфраструктуру и резервные мощности, реализовывать потенциал энергосбережения и экологичности используемых технологий, обеспечивать приток инвестиций в отрасль, диверсифицировать внутренний энергобаланс с целью полного обеспечения нужд национальной экономики энергоресурсами» [22].

Автором выполнена систематизация разрозненных методик, которая позволила выявить существование двух основных подходов к измерению энергетической безопасности – микроэкономического и макроэкономического (табл. 1.3).

По мнению Мальцевой П. Н. «энергетическая безопасность – важнейшая составляющая экономической и национальной безопасности на различных уровнях ее существования: уровни энергетической безопасности личности (наноуровень), предприятий (микроуровень), собственно региона или отрасли (мезоуровень), страны (макроуровень), а также мира в целом (мегауровень)» [23].

Энергетическая безопасность на мегауровне представляет собой состояние защищенности планеты Земля от глобальных угроз истощения и дефицита топливно-энергетических ресурсов. Для достижения указанного состояния мировое сообщество преследует основную стратегическую цель, заключающуюся в сохранении и сбережении невозполнимых источников энергии для будущих поколений при рациональном текущем потреблении энергии с учетом взаимозаменяемости энергоресурсов [23, с. 33].

Предполагается, что международная энергетическая безопасность может формироваться также на локальном (региональном) международном уровне.

Подходы к измерению энергетической безопасности (по Школлеру Р. А.)

Микроэкономический подход	Макроэкономический подход
<p>Энергетическая безопасность рассматривается с позиций теории принятия решений в условиях неопределенности, то есть моделирует поведение конечного потребителя энергоресурсов с различным отношением к риску. Наиболее эффективным инструментом этого подхода для анализа энергетической безопасности, в особенности применительно к структуре энергетического экспорта, является портфельная теория инвестиций. Ее важным преимуществом является построение множества всех возможных эффективных комбинаций, которое характеризуется невозможностью уменьшения стоимости энергетического портфеля без увеличения сопутствующих ему рисков, и наоборот, уменьшения рисков энергетического портфеля без увеличения его стоимости. Кроме того, портфельный подход учитывает взаимозависимость</p>	<p>Рассматриваются индексные модели, отражающие соотношение различных макроэкономических и энергетических показателей, характеризующих положение страны. Особое внимание уделяется диверсификации, как одной из наиболее важных универсальных характеристик энергетической безопасности страны и легко измеримому показателю со статистической точки зрения. Индексные модели могут быть разделены на два класса: простые индикаторы, отражающих те или иные аспекты энергетической безопасности, и агрегированный индекс энергетической безопасности, который может быть хорошим инструментом таргетирования при формировании энергетической политики. Среди простых индексов наиболее часто используется индекс Херфиндала-Хиршмана, индекс Шеннона-Винера, индекс Джини, индекс Лернера, индексы политической стабильности, индексы состояние ресурсной базы и RPR, цены</p>

рынков различных энергоресурсов, что практически отсутствует в других существующих подходах к измерению энергетической безопасности.

энергоносителей и их волатильность, индексы независимости и уязвимости, индекс чистой импортозависимости (NID), простой и модифицированный индексы концентрации энергетического рынка (ESMC). Среди агрегированных индексов активно используются модификации индекса Шеннона-Винера, ценовой индекс энергобезопасности МЭА (ESIpr;Ce), индекс S/D и OVI - индекс нефтяной уязвимости.

Источник: собственная разработка автора на основе [22].

Сейчас особенно актуальна проблема обеспечения локальной международной безопасности на территориях стран Содружества Независимых Государств (СНГ), которая предполагает нахождение новых форм и направлений координации работ, предусматривающих объединение усилий стран СНГ в целях успешного решения внутренних проблем энерго- и топливообеспечения в настоящее время и с учетом перспектив развития в рамках создания единого энергетического рынка [24–29].

В связи с созданием единого электроэнергетического рынка странами-участницами ЕАЭС встает вопрос о создании единой концепции энергетической безопасности. Для этого необходимо выполнить следующие мероприятия: осуществить переход на разработку сводных энергетических балансов как инструмента оценки, мониторинга и перспектив развития энергетики ЕАЭС; разработать Стратегию энергетической безопасности ЕАЭС; создать механизмы согласования вопросов энергетической безопасности на региональном и международном уровнях [30].

В частности, Мальцева П. М. отмечает, что «на макроуровне энергетическая безопасность предполагает обеспечение устойчивого функционирования топливно-энергетического комплекса, снабжение его продукцией национального хозяйства и достижение стабильности экспортных поставок без ущерба экономике в ТЭР» [23].

Автором выделяются «еще два не актуализированных уровня энергетической безопасности – это наноуровень, характеризующийся необходимостью достижения состояния полной и своевременной обеспеченности энергоресурсами отдельной личности, и микроуровень, предполагающий управление энергетической безопасностью предприятия в целях формирования состояния защищенности от угроз надежному топливно- и энергоснабжению, при котором обеспечивается стабильность его функционирования, финансово-коммерческий успех и социальное развитие. Необходимо отметить, что достижение состояния полного и своевременного обеспечения топливно-энергетическими ресурсами и обеспечения региональной энергетической безопасности на мезоуровне невозможно без учета энергетических потребностей отдельной личности и предприятий, что определяет необходимость управления на различных уровнях». Мальцевой П. Н. предложен вариант государственного управ-

ления энергетической безопасностью (на примере Магаданской области для повышения уровня энергетической безопасности региона [23]).

Понятие энергобезопасности вышло далеко за пределы политической и экономической плоскостей и включает экологические и социальные аспекты, что сближает его с концепцией устойчивого развития. Такое расширенное понимание энергобезопасности закреплено в Плане действия Саммита Группы восьми в Санкт-Петербурге в 2006 году: «...обеспечение эффективного, надежного и экологически безопасного энергоснабжения по ценам, отражающим фундаментальные принципы рыночной экономики, представляет собой вызов для наших стран и всего человечества». Но исследователи идут еще дальше, включая в понятие «энергобезопасность» также геополитические, геологические и технологические аспекты. На рис. 1.6 представлены примеры нескольких комплексных подходов к определению и повышению энергобезопасности.

ПОДХОД 4 "А"	ПОДХОД 4 "R"	ПОДХОД 5 "S"
НАЛИЧИЕ РЕСУРСОВ (AVAILABILITY) ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ	АНАЛИЗ (REVIEW) ПОНИМАНИЕ ПРОБЛЕМЫ	НАДЕЖНОСТЬ (SURETY) УСЛОВИЯ ДОСТУПА
ДОСТУПНОСТЬ (ACCESSIBILITY) ГЕОПОЛИТИЧЕСКИЙ АСПЕКТ	СОКРАЩЕНИЕ (REDUCE) ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕНЬШЕГО КОЛИЧЕСТВА ЭНЕРГИИ	ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ (SYRVIVABILITY) УСТОЙЧИВОСТЬ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ
ЭКОНОМИЧНОСТЬ (AFFORDABILITY) ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АСПЕКТ	ЗАМЕНА (REPLACE) ПЕРЕХОД НА БОЛЕЕ НАДЕЖНЫЕ ЭНЕРГОРЕСУРСЫ	ФИЗИЧЕСКИЕ ПОСТАВКИ (SUPPLY) ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОСТАВОК ЭНЕРГОРЕСУРСОВ
ПРИЕМЛИМОСТЬ (ASSETABILITY) ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ И СОЦИАЛЬНЫЙ АСПЕКТЫ	ОГРАНИЧЕНИЕ (RESTRICT) СДЕРЖИВАНИЕ РОСТА СПРОСА	ДОСТАТОЧНОСТЬ (SUFFICIENCY) НАЛИЧИЕ ТРЕБУЕМОГО КОЛИЧЕСТВА ЭНЕРГИИ
		УСТОЙЧИВОСТЬ (SUSTAINABILITY) СДЕРЖИВАНИЕ РОСТА СПРОСА И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ

Рис. 1.6. Примеры комплексных подходов к определению энергобезопасности
Источник: собственная разработка автора на основе [31]

Существует два основных подхода к определению энергетической безопасности. Согласно первого подхода объектами энергетической безопасности являются только потребители энергии, как на

макро-, мезо- и микроуровнях. Сторонники второго подхода выделяют два основных объекта энергетической безопасности, а именно объекты энергетики и инфраструктуру.

На сегодняшний день для Республики Беларусь компонентами национальной безопасности являются следующие сферы: экономическая, социально-политическая, демографическая, научно-технологическая, информационная, военная и экологическая. Количество компонентов национальной безопасности может как увеличиваться, так и уменьшаться, в зависимости от ряда условий, которые определяют развитие государства.

На наш взгляд, для условий Республики Беларусь наиболее точным является комбинированный подход, при котором объектами энергетической безопасности являются все составляющие технологического цикла, как участники процесса производства энергии, так потребители на всех уровнях (рис. 1.7).



Рис. 1.7. Комбинированный подход к определению объектов энергетической безопасности

Источник: собственная разработка автора [32]

Это позволит для оценки энергетической безопасности учитывать интересы, как производителей энергии, так и потребителей на всех уровнях [32].

Ряд авторов выделяют следующие классификации угроз энергетической безопасности:

- внешние и внутренние;
- природные и техногенные;
- связанные с неоптимальным управлением энергосистемы;
- экономические, политические, социальные и др. [33].

В целом, перечень данной классификации может корректироваться в зависимости от масштабов страны либо региона, наличия первичных источников энергии, объектов генерирующих источников и др. Для Республики Беларусь следует разделить угрозы на внешние и внутренние, которые рассматривают как внутрисударственную защищенность, так и международные аспекты (рис. 1.8).



Рис. 1.8. Стадии снижения энергетической безопасности

Источник: собственная разработка автора [32]

На рис. 1.9 систематизированы общие угрозы энергетической безопасности на всех стадиях энергетической цепи Республики Беларусь.



Рис. 1.9. Общие угрозы энергетической безопасности Республики Беларусь на всех стадиях энергетической цепи

Источник: Собственная разработка автора [32]

Угрозы энергетической безопасности могут носить как отрицательный, так и положительный характер в зависимости от субъекта угрозы, будь то предприятие топливно-энергетического комплекса, либо потребитель энергии.

Для Республики Беларусь выделяются общие угрозы энергетической безопасности, относящиеся ко всем стадиям энергетической цепи. По нашему мнению, их необходимо разделить на две группы, учитывающие: инвестиционные и финансовые угрозы; социальные угрозы. Целесообразно разделить угрозы энергетической безопасности по стадиям энергетической цепи (рис. 1.10). Вызовы энергетической безопасности Республики Беларусь можно разделить на внешние (включающие трансграничные) и внутренние (табл. 1.4).



Рис. 1.10. Возможные угрозы по стадиям энергетической цепи
 Источник: Собственная разработка автора на основе [7; 10]

Дефицит инвестиций в модернизацию основных производственных фондов ТЭК провоцирует ограниченные возможности для привлечения необходимых финансовых ресурсов организациями ТЭК, что не обеспечивает требуемый уровень обновления основного оборудования и вызывает его повышенный износ и увеличение потерь энергии на всех стадиях энергетической цепи.

Недостаточный уровень подготовки высококвалифицированных кадров для ТЭК вызывает отток кадров в другие сферы деятельности с менее напряженным графиком работы, что повышает уровень аварийности объектов энергетики.

Внешние и внутренние вызовы энергетической безопасности Республики Беларусь

ВНЕШНИЕ	ВНУТРЕННИЕ
1	2
1. Низкая диверсификация импорта ТЭР.	1. Низкий уровень энергетической самостоятельности.
2. Противодействие участию белорусских компаний в освоении месторождений, приобретении либо строительстве энергетических объектов за рубежом.	2. Истощение базы нефтяных месторождений.
3. Противодействие иностранных государств (в том числе через контролируемые этими государствами коммерческие компании) диверсификации поставок энергоносителей в Республику Беларусь.	3. Высокая доля природного газа в производстве тепловой и электрической энергии.
4. Ограничение поставок импортируемых энергоносителей от доминирующего поставщика по экономическим и другим причинам.	4. Эксплуатация низкоэффективного оборудования, снижающего конкурентоспособность производимой продукции.

1	2
<p>5. Ограничение поставок энергоресурсов коммерческими компаниями (подконтрольными иностранным государствам), контролирующими объекты ТЭК в Республике Беларусь</p> <p>6. Повышение цен на импортируемые топливные и материальные ресурсы.</p> <p>7. Возникновение на территории Республики Беларусь либо вблизи ее границ масштабных чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, приводящих к ограничению объемов поставок энергоресурсов</p>	<p>5. Недостаточные объемы стратегических резервов ТЭР для обеспечения бесперебойного функционирования ТЭК в условиях сокращения импортируемых объемов ТЭР.</p> <p>6. Прекращение электроснабжения потребителей из-за последствий стихийных природных явлений.</p> <p>7. Снижение конкурентоспособности белорусских нефтепродуктов из-за повышения объемов и губины переработки нефти в сопредельных государствах.</p>
<p>8. Ограничение поставок энергоресурсов вследствие несвоевременности заключения контрактов с их поставщиками, образование просроченной задолженности за импортируемые ТЭР</p>	<p>8. Недостаточный уровень автоматизации процессов управления распределительными сетями.</p>
<p>9. Дестабилизация социально-политической обстановки вокруг существующих и строящихся энергетических объектов.</p>	<p>9. Дестабилизация социально-политической обстановки вокруг существующих и строящихся энергетических объектов.</p>

1	2
<p>10. Высокие цены на энергоресурсы для отдельных организаций, снижающие конкурентоспособность выпускаемой ими продукции на мировых рынках</p> <p>В том числе трансграничные:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Аварии техногенного характера на энергетическом оборудовании. 2. Развитие транзитных коридоров, систем транспортировки энергоресурсов, альтернативных имеющимся в Республике Беларусь, создание возможности ограничения транзитных путей Республики Беларусь. 	<p>10. Использование устаревших технологий и новых средств, обуславливающее высокую энерго- и материалоемкость производства.</p> <p>11. Отсутствие взаимосвязи между издержками и ценой на энергоносители для отдельных групп потребителей.</p> <p>12. Структурная деформированность экономики, преобладание материало- и энергоемких производств, недостаточное развитие сферы услуг, незначительный удельный вес высокотехнологичной наукоемкой продукции и медленное обновление продукции.</p>
	<p>13. Высокие цены на энергоресурсы для отдельных организаций, снижающие конкурентоспособность выпускаемой ими продукции на мировых рынках.</p>

Окончание табл. 1.4

1	2
	<p>14. Низкое удельное потребление электроэнергии на душу населения по сравнению с развитыми странами со сходными климатическими условиями.</p>
	<p>15. Дисбаланс электрических мощностей в ночные часы, обусловленный неравномерностью суточного графика электропотребления республики и работой энергоблоков атомной электростанции (далее – АЭС) в базовом режиме с постоянной нагрузкой.</p>
	<p>16. Аварии техногенного характера на энергетических объектах.</p>
	<p>17. Сверхнормативный износ технологического оборудования</p>

Источник: Собственная разработка автора на основе [7;10]

Обзор литературных источников по данной проблематике позволил уточнить понятие «энергетическая безопасность» определяемое как самостоятельный компонент национальной безопасности, включающий в себя состояние надежности и устойчивости деятельности участников процесса генерации, передачи, распределения энергии и потребителей на микро-, мезо- и макроуровнях от внешних и внутренних угроз [32].

Следует отметить, что основная угроза энергетической безопасности для потребителей энергии – это перебои в электроснабжении. Для предприятий ТЭК угрозы энергетической безопасности, прежде всего, выражаются в нестабильной работе, повышении аварийности, снижении качества энергии и т. д., что, в свою очередь, сказывается на жизнедеятельности потребителей (табл. 1.5).

Для своевременного обнаружения изменений уровня угроз энергетической безопасности страны осуществляется ее мониторинг. Для определения уровня энергетической безопасности наиболее оптимальным является индикативный метод оценки, который подразумевает собой выделение параметров и показателей развития и функционирования топливно-энергетического комплекса, его подсистем и объектов, а также потребителей энергии, характеризующие состав, глубину и территориальные рамки реализации угроз энергетической безопасности, и ее уровень.

Выявленные внутренние и внешние угрозы для энергетической безопасности Республики Беларусь, а также предложенный комбинированный подход к определению объектов энергетической безопасности, позволили конкретизировать понятие «энергетическая безопасность» с учетом национальных особенностей энергосистемы, под которой понимается самостоятельный компонент национальной безопасности, включающий в себя состояние надежности и устойчивости участников процесса генерации, передачи, распределения энергии и потребителей на микро-, мезо- и макроуровнях от внешних и внутренних угроз.

Таблица 1.5

Угрозы энергетической безопасности и их последствия

Угрозы энергетической безопасности	Причина возникновения угрозы	Угрозы надежной работы предприятия ТЭК	Угрозы для потребителей энергии
1 Дефицит инвестиций в модернизацию основных производственных фондов ТЭК	2 Низкая инвестиционная привлекательность отрасли в виду отсутствия в достаточном объеме собственных финансовых средств и, как следствие, высокая закредитованность предприятий ТЭК	3 Повышение аварийности; снижение качества энергии; увеличение потерь энергии при транспортировке	4 Перебои в электро-снабжении, нарушение производственного цикла; недоотпуск продукции; снижение доходов.
Ограниченные возможности для привлечения финансирования организациями ТЭК, в том числе внешнего	Несовершенство нормативно-правовой базы, особенности организационной структуры	Снижение темпов модернизации, замены и обновления основного энергетического оборудования; рост затрат	Перебои в электро-снабжении, нарушение производственного цикла; недоотпуск продукции; повышение тарифов.

1	2	3	4
<p>Недостаточный уровень подготовки высококвалифицированных кадров для ТЭК</p> <p>Диверсии и террористические акты (в том числе с использованием информативных технологий) на объектах энергетики</p>	<p>Недостаточный академический обмен опыта с передовыми специалистами в области энергетики</p> <p>Недостаточная система охраны объектов энергетики, недостаточно высокий уровень специалистов ТЭК</p>	<p>Нестабильная работа объектов энергетики; человеческий фактор (повышение аварийности)</p> <p>Угроза нарушения технологического цикла; невыполнение обязательств перед потребителями; угроза понесенных затрат</p>	<p>Перебои в электроснабжении, нерациональное использование энергетических ресурсов.</p> <p>Перебои в электроснабжении; угроза недопоставок энергоресурсов.</p>

Источник: Собственная разработка автора [32]

1.3. Энергетическая триллема как вариант оценки энергетической безопасности

В условиях активной глобализации энергетическая безопасность, понимаемая, прежде всего, как надежное и бесперебойное снабжение потребителей топливом и энергией в необходимых объемах и требуемого качества по экономически приемлемым ценам, приобрела новое мировое измерение. Энергетическая безопасность является одной из приоритетных составляющих глобальной безопасности, а обеспечение ее теперь относится к числу важнейших процессов современности. Являясь составной частью энергетической политики и национальной безопасности ведущих государств, энергетическая безопасность одновременно стала и одним из основных системных вызовов, с которыми столкнулась современная энергетика [34–37].

В последнее время стремительно развивается экологическая составляющая энергетической политики, основная цель которой – решение проблемы изменения климата путем перехода к малоуглеродной и безуглеродной энергетике. Реализация этого процесса получила название «Энергетический переход» [34–38].

Его высший приоритет – декарбонизация (decarbonization) энергетики, что подразумевает резкое сокращение эмиссии CO_2 и стабилизацию глобальных выбросов парниковых газов для предотвращения негативных изменений климата нашей планеты. Этот приоритет обеспечивается целым рядом мероприятий, базирующихся на быстром развитии и распространении новых технологий и инноваций, важнейшие из которых представлены на рис. 1.11.

Но эти же меры одновременно являются и важнейшими направлениям обеспечения энергетической безопасности.

В современных условиях понятие «энергетическая безопасность» существенно расширилось, поскольку энергетические аспекты пронизывают практически все стороны человеческой деятельности: политику, экологию, инфраструктуру и т. д. По мнению ряда специалистов, энергетическая безопасность становится своеобразным «общественным благом». Подобная множественность понятий накладывает свои отпечатки не только на формирование подходов к ее определению и средства ее обеспечения, но и на методы оценки ее состояния.

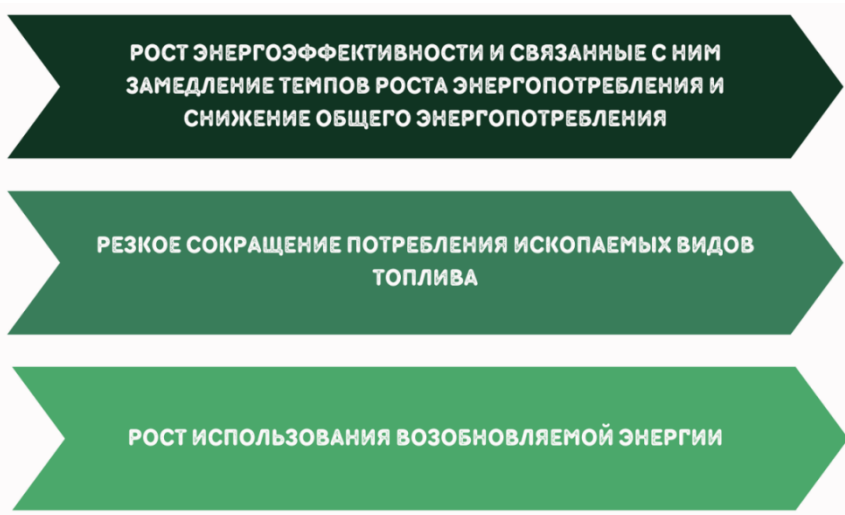


Рис. 1.11. Основные мероприятия, направленные на энергетический переход
Источник: Собственная разработка на основании [34–37]

Основная часть применяемых в настоящее время методов оценки состояния энергетической безопасности основана на использовании различных индикаторов и индексов.

Первые, как отмечает д.э.н., проф. Ю. Д. Кононов, отражают отдельные стороны энергетической безопасности, а вторые являются ее комплексными характеристиками [39]. Комплексные индексы, несмотря на целый ряд присущих им недостатков, все шире используются как в отдельных странах (в США, Китае, Индии), так и международными организациями для оценки состояния энергобезопасности, определения ее динамики и межстрановых сравнений.

В пользу комплексных индексов говорит и то, что объективно сравнить уровень развития очень разных энергетических систем во всем мире сложно. Ранжирование на основании обобщающих индикаторов более реалистично, чем оценка по отдельным контрольным показателям. Обобщающие индексы нужны для налаживания диалога и выработки согласованных политических решений. Учет региональных и национальных индексов может дать более реальное представление о трендах и перспективах энергетики, не только для политиков, но и инвесторов.

Одним из наиболее известных комплексных индексов в настоящее время является «Индекс энергетической трилеммы» (World Energy Trilemma Index – WETI), разработанный Мировым энергетическим советом – МИРЭС (The World Energy Council – WEC) совместно с американской консалтинговой компанией Oliver Wyman.

Именно МИРЭС принадлежит сформированное еще в 1970-е гг. классическое определение энергетической безопасности как уверенности, что энергия будет иметься в распоряжении в том количестве и того качества, которое требуется при данных экономических условиях [3; 4; 40].

Идеологической базой WETI, как и сценариев энергетического будущего, разработанных МИРЭС в сотрудничестве с одной из крупнейших мировых компаний в сфере IT-консультирования Аксенчер Стратежи (Accenture Strategy) и швейцарским Институтом Пауля Шеррера (Paul Scherrer Institute – PSI), является концепция «энергетической трилеммы». Эта концепция фокусируется на трех основных векторах развития энергетики: энергетическая безопасность, энергетическое равенство (всеобщая доступность энергии), и экологическая устойчивость (поиск решений в пользу доступной «зеленой» энергии) (рис. 1.12).

Каждому государству, согласно концепции, необходимо соблюдать баланс между этими тремя составляющими трилеммы. Но его достижение невозможно без международного сотрудничества на разных уровнях и интеграции энергосистем, которым мешает политизированность вопроса. Для оценки этого баланса как раз и был разработан Индекс энергетической трилеммы или WETI [3; 4; 41].

В последние годы концепция «энергетической трилеммы» была дополнена философией «Великого перехода» (Grand Transition) в мир с низкими темпами роста населения, принципиально новыми технологиями, новыми экологическими вызовами и более глубоким пониманием экологических границ планеты, с измененной экономической и геополитической мощью в пользу Азии. Перехода, который является предпосылкой создания фундаментально нового мира для всей энергетической отрасли.



Рис. 1.12. Измерения энергетической трилеммы

Источник: Собственная разработка на основании [3; 4; 40]

Разработка Индекса энергетической трилеммы осуществляется МИРЭС параллельно со специальным мониторингом мировых энергетических проблем, проводимым в целях отслеживания складывающейся ситуации на мировых энергетических рынках и оперативного учета новых тенденций его развития. При этом собственно WETI предназначен для предоставления лицам, принимающим решения, своеобразного ориентира – показателя для сравнительной оценки качества энергосистем различных стран не только по трем основным направлениям энергетической трилеммы, но и по дополнительному, четвертому измерению, призванному отразить различия в институциональных и макроэкономических особенностях сравниваемых стран.

По замыслу его разработчиков, Индекс энергетической трилеммы будет способствовать оценке устойчивости национальной энергетической политики и решению задач развития безопасной, равнодоступной и приемлемой по цене своей продукции, экологически устойчивой энергетики.

Индекс энергетической трилеммы количественно оценивает ее и сравнивает по 125 рангам страны с точки зрения их способности обеспечить безопасную, доступную и экологическую устойчивость

энергетической системы. Кроме того, странам присваивается балльная оценка, которая показывает, насколько хорошо страна справляется с компромиссами между тремя ее элементами и определяются страны с наиболее высокими показателями оценки. Рейтинги индексов основаны на ряде наборов данных, которые фиксируют энергии производительности и энергоэффективности. Показатели энергоэффективности учитывают спрос и предложение, доступность энергии и доступ к ней, а также экологическое воздействие производства и использования энергии в стране.

Индекс энергетической трилеммы отслеживает 133 страны, 92 из которых являются членами МИРЭС. Рейтинги составляются для 128 стран, пять стран не включены в рейтинг из-за политической нестабильности и/или недостатка данных. Для составления WETI по каждой стране используется 59 наборов данных и 32 показателя. Кроме того, по каждому критерию строится временной ряд, начиная с 2000 года. По утверждению его разработчиков, WETI показывает, насколько хорошо каждая страна соответствует концепции энергетической трилеммы, и отражает совокупный эффект энергетической политики, проводимой с течением времени. Поскольку индекс показывает суммарные эффекты энергетической политики, он не определяет эффективность конкретных ее направлений; каждое из них взаимодействует с набором специфических и контекстуальных факторов энергетической политики, характерных только для этой страны в разные периоды времени. Тем не менее, широко оценивая совокупные результаты политики, Индекс дает важную информацию об эффективности энергетической политики в целом и правильности ее выбора. Структура итогового индекса энергетической трилеммы и весовые коэффициенты каждого из входящих в него показателей приведены в табл. 1.6.

Каждой из стран, для которых разрабатываются WETI, выставляется общий рейтинг Индекса от № 1 до № 128, а также рейтинги по каждому основному измерению: энергетической безопасности, энергетического равенства и экологической устойчивости. Кроме того, каждому из них присваивается категория (А, В, С и D): например, «ACD» – высшая категория по первому показателю, третья по второму и низшая категория по третьему показателю. Основные результаты расчета Индекса энергетической трилеммы за 2019 год представлены на рис. 1.13.

Структура Индекса энергетической триллемы

Компонент индекса	%	Категория индикатора	%	Индикатор	%
1	2	3	4	5	6
Энергетическая безопасность	30	A1 Безопасность поставок и спроса на энергию	12	Разнообразие основных источников энергии	6
		A2 Устойчивость энергетических систем	18	Зависимость от импорта	6
Энергетическое равновесие	30	В1 Доступ к энергии	12	Разнообразие способов генерации электроэнергии	6
				Хранение энергии	6
				Стабильность системы и способность к восстановлению	6
Энергетическое равновесие	30	В2 Доступ к качественной энергии	6	Доступ к электроэнергии	6
				Доступ к возможности чистого приготовления пищи	6
				Доступ к «современной» энергии	6
				Цены на электроэнергию	3
Энергетическое равновесие	30	В3 Доступность	12	Цены на бензин и дизельное топливо	3
				Цены на природный газ	3
				Доступность электроэнергии для жителей	3

Продолжение табл. 1.6

1	2	3	4	5	6	
Экологическая устойчивость энергетических систем	30	C1 Производительность энергетических ресурсов	9	Энергоемкость по конечному использованию энергии	5	
				Эффективность производства электроэнергии и научно-технических разработок	4	
		C2 Декарбонизация	9	C3 Выбросы и загрязнение окружающей среды	Низко углеродная выработка электроэнергии	5
					Тенденция выбросов парниковых газов	4
		12	12	12	Карбоноемкость	2
					Выбросы CO2 на душу населения	1
					Выбросы метана на душу населения	1
					Загрязнение воздуха РМ2.5, среднегодовая экспозиция	4
					Загрязнение воздуха Р10, среднегодовая экспозиция	4

Окончание табл. 1.6

1	2	3	4	5	6
Особенности страны	10	D1 Макроэкономическая среда	2	Макроэкономическая стабильность	2
		D2 Управление	4	Эффективность государственного управления	1
	D3 Стабильность для инвестиций и инноваций	4		Политическая стабильность	1
		4		Верховенство закона	1
		4		Качество регулирования	1
	4	4	Чистый приток прямых иностранных инвестиций	1	
			Восприятие коррупции	0,5	
			Эффективность правовой базы при оспаривании нормативных актов	0,5	
			Инновационный потенциал	0,5	
			Защита интеллектуальной собственности	0,5	
		Простота ведения бизнеса	1		

Источник: Собственная разработка на основании [3; 4; 40]



Рис. 1.13. Основные результаты расчета Индекса энергетической трилеммы за 2019 г.

Источник: Собственная разработка на основании [3; 4; 39]

Используя теорию устойчивого развития ТЭК, российский ученый О. В. Кондраков уточнил трилемму повышения энергетической безопасности. В отличие от существующих понятий, автором была предложена в качестве одной из составляющих трилеммы, орбитальная устойчивость. Авторская интерпретация трилеммы повышения энергетической безопасности следующая (рис. 1.14).

Во-первых, для ТЭК характерна орбитальная устойчивость – способность системы функционировать, обеспечивая бесперебойное и надежное выработку и поставку топливно-энергетических ресурсов потребителям и развиваться при изменяющихся внутренних и внешних условиях сохраняя и улучшая свои характеристики при переходе на новый уровень развития, при условии, что параметры состояния не выходят за допустимые границы. Развитие представляет собой процесс усовершенствования техники, технологий, учета, контроля, бизнес-процессов, движения материальных потоков.

Во-вторых, энергетическая безопасность – способность бесперебойного и надежного обеспечения потребителей топливно-энергетическими ресурсами при нивелировании возникающих внешних и внутренних угроз, дестабилизирующих функционирование ТЭК.

В-третьих, экологическая составляющая – развитие зеленой энергетики на основе рационального природопользования, сохраняя окружающую природную среду и производство энергии из возобновляемых источников. Обобщая эти три понятия можно сказать, что устойчивое развитие – процесс обеспечения энергетической безопасности при условии эффективного природопользования.

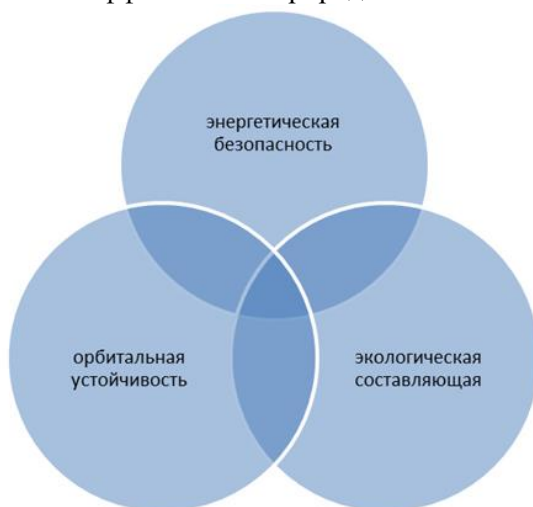


Рис. 1.14. Трилемма повышения энергетической безопасности
(по Кондракову О. В.)

Источник: Собственная разработка на основании [42]

Для преодоления дисбалансов развития и установления пропорциональностей структура системы должна обладать гибкостью и адаптивностью, иметь потенциал для совершенствования. Для целостности системы важна интеграция и взаимозависимость элементов и способность к регулированию.

В современных экономических условиях от надежной работы ТЭК зависит эффективность функционирования рынков и товарно-денежного механизма. Однако работа ТЭК в свою очередь также зависит от экономических условий региона. В связи с этим устойчивость развития ТЭК – вопрос жизни любого региона. ТЭК обладает уникальными особенностями: территориальной ограниченностью,

высокой капиталоемкостью, длительными сроками строительства объектов ТЭК, нестабильной нагрузкой потребителей.

Устойчивое развитие ТЭК возможно при следующих условиях:

- сбалансированная система производства и потребления ТЭР;
- удовлетворение потребностей в ТЭР в настоящем и будущем;
- в период кризиса сохранение целостности системы в пределах допустимых границ и состояний (достигается воспроизводством основных средств путем их своевременного выбытия и обновления);
- способность системы к воспроизводству источников развития (инвестиции, инновации, энергосберегающие технологии);
- качественный рост системы и ее элементов предполагает увеличение генерирующих источников, улучшение инфраструктуры, использование централизованного и децентрализованного энергоснабжения, внедрение систем искусственного интеллекта;
- диверсификация ТЭР; органичное сочетание возобновляемых и невозобновляемых энергетических ресурсов;
- применение современных энергосберегающих технологий;
- постоянная модернизация системы;
- приток внутренних и внешних инвестиций;
- создание инвестиционной привлекательности отрасли;
- бесперебойный процесс производства и реализации продукции;
- создание собственной ресурсной и технологической базы;
- финансовой независимости;
- поддержание целевых показателей;
- адаптация отрасли к меняющемуся внешним и внутренним условиям.

Приспосабливаясь, система должна развиваться, улучшая свои характеристики.

Ученые и практики широко используют подходы энергетической трилеммы для решения стратегических задач развития ТЭК.

Например, специалистами АО «Самрук-Энерго» (стратегический энергетический холдинг, Республика Казахстан), созданного с целью реализации государственной политики в электроэнергетической отрасли, в том числе путем модернизации существующих и ввода новых генерирующих мощностей, была использована модель энергетической трилеммы для реализации целей среднесрочного и долгосрочного развития (рис. 1.15).



Рис. 1.15. Глобальная энергетическая трилемма (АО «Самрук-Энерго») *Источник:* Собственная разработка на основании [43]

Это позволило установить основные индикаторы развития бизнеса, таргетирование объемов бизнеса в традиционной генерации, определить бизнес-направления деятельности, условия развития ВИЭ в энергосистеме и другие показатели.

Автором Л. О. Жигальской в рамках исследования пространственно-временной динамики развития электроэнергетики Республики Беларусь, была выполнена типология административных районов Беларуси по сбалансированности электроэнергетического, социально-экономического и экологического развития на основе концепции энергетической трилеммы (3Э-трилеммы) и расчет комбинированного индекса сбалансированности, отражающего соотношение между уровнями электроэнергетического, социально-экономического развития и экологической нагрузки. Это позволило автору выделить 3 типа районов республики: 1) относительно сбалансированный с положительной социально-экономической динамикой; 2) несбалансированный с неустойчивой социально-экономической динамикой; 3) крайне несбалансированный с неустойчивой социально-экономической динамикой и установить доминирование райо-

нов второго типа, что подтвердило территориальную неоднородность в развитии электроэнергетики во взаимосвязи с эколого-экономической системой [44–48].

Результатом исследования Л. О. Жигальской стал вариант прогноза индикаторов, характеризующих направления повышения электроэнергетической безопасности республики. Автор выделяет следующие индикаторы – электроэнергетическая самостоятельность, диверсификация структуры производства и потребления электроэнергии, надежность электроснабжения, электроэнергетическая эффективность. Полученные автором данные свидетельствуют о самообеспеченности Республики Беларусь электроэнергией, сдвигах в отраслевой структуре (сокращение производства электроэнергии на ТЭС до 53 %, увеличение доли ВИЭ в потреблении до 6 % к 2035 г.), снижении доли потерь электроэнергии до 6 % к концу прогнозируемого периода, снижении электроемкости ВВП до 350 кВт·ч/млн руб. к 2025 г. Все это говорит о том, «что дальнейшие изменения в территориальной и отраслевой структуре будут связаны с зарождением атомной и ускоренным развитием возобновляемой электроэнергетики, однако к 2035 г. еще будет оставаться резерв в развитии возобновляемой электроэнергетики и повышении электроэнергетической эффективности. Региональная дифференциация в электроэнергетической безопасности Республики Беларусь, обусловила предложение организации кластеров в области ветровой и солнечной электроэнергетики в Гродненском, Могилевском, Брестском, Новогрудском и Брагинском районах в качестве меры стимулирования регионального экономико-энергетического развития страны» [44–48].

Так же, министр энергетики Российской Федерации Александр Новак на 22-м Мировом энергетическом конгрессе предположил, что с учетом реализации целей устойчивого развития энергетическая трилемма должна быть преобразована в пенталемму. Он напомнил, что, вводя термин трилеммы, Всемирный энергетический совет подчеркивал сложные, переплетающиеся связи между главными целями устойчивого развития: экономическими, социальными и экологическими. В энергетике фокусом этих целей является физическая и экономическая доступность энергии для всего населения. По его словам, фокус рассмотрения проблем устойчивого развития в контексте дол-

госрочной энергетической политики может быть несколько расширен, например, путем дополнения трилеммы осями экономического роста и энергоэффективности.

Основываясь на исследованиях специалистов и результатах международных отчетов, можно выделить пять направлений, которые необходимы для достижения прогресса в области энергетической трилеммы (рис. 1.16):

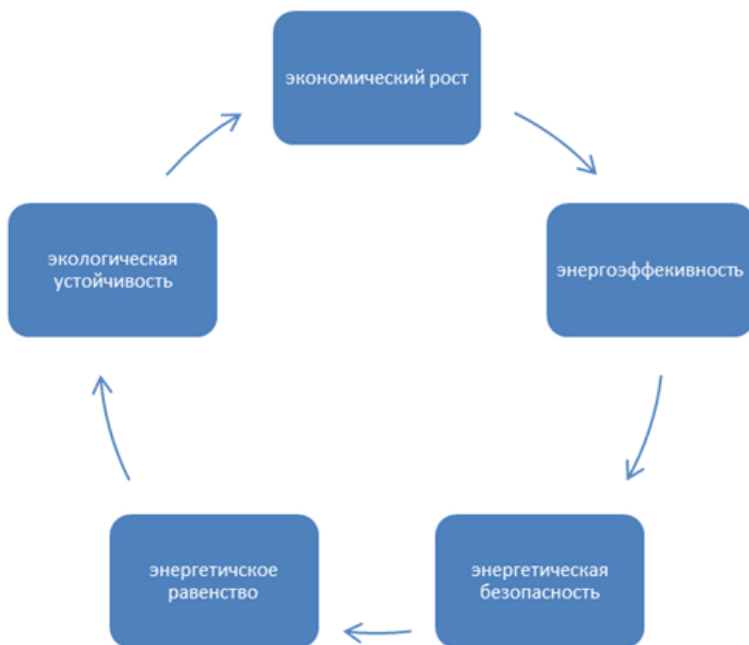


Рис. 1.16. Энергетическая пенталемма

Источник: Собственная разработка на основании [34]

1. Преобразование энергоснабжения. Экспертам, принимающим решения в данной сфере, необходимо ставить четкие энергетические цели и выработать широкий консенсус для перехода на соответствующий спрос и предложение в энергетике.

2. Расширение энергетического доступа. Увеличение инвестиций частного сектора в расширение инфраструктуры и модернизации.

Страны реформируют нормативно-правовую базу для снижения издержек производства, а также для повышения конкурентоспособности на рынке электроэнергии. В перспективе необходимо распределить генерирование энергии за счет использования источников солнечной и ветровой энергии, которая обеспечивает доступ к удаленным территориям, которые в настоящее время не могут быть экономически эффективно подключены к электроэнергетической сети. Правительствам государств необходимо обратить внимание на новаторские механизмы, позволяющие людям получать доступ к современной энергетике для дальнейшего получения прибыли от хозяйственной деятельности.

3. Экономичность. Многие страны с более низкими валовыми продуктами и низкими позициями по размеру собственного капитала борются за обеспечение доступного энергоснабжения, в это же время, осуществляя финансирование и создавая инвестиционные условия для поддержки расширения инфраструктуры. В краткосрочной перспективе рассматривается возможность выдачи субсидий государством, которые могут иметь жизненно важное значение для стран с низким потребительским доходом. Использование энергетических субсидий может быть дорогостоящей услугой, которая имеет тенденцию к снижению общей производительности в энергетической трилемме в долгосрочной перспективе. Однако по последним тенденциям развития можно сделать вывод о том, что долгосрочные субсидии могут подорвать рентабельность коммунальных услуг, снизить уровень энергетической инфраструктуры и стимулировать неэффективное использование энергии.

4. Улучшение энергоэффективности и управление спросом. Энергоэффективность и управление спросом на энергоносители по-прежнему воспринимается во всем мире как приоритетное направление на улучшение потенциала. Директивные органы должны согласовывать интересы владельцев активов, пользователей и регулирующих органов и продолжать реализовывать сочетания стандартов энергоэффективности, оценки производительности, программ маркировки и стимулов. Они также должны повысить осведомленность всех промышленных секторов и поощрять потребителей продолжать уделять больше внимания повышению энергоэффективности.

5. Декарбонизация энергетического сектора. основополагающий вывод COP 21 (Рамочная конвенция ООН об изменении климата, Париж, 2015 г.) добавил нарастающий импульс к глобальному переходу на низкоуглеродную энергию. Гибкая политика инвестиций в возобновляемые источники энергии – это ключ к реагированию на динамично развивающийся рынок технологических разработок. Для достижения климатических целей COP 21 требуется четкий путь к изменению цен на углерод, в том числе за пределами энергетического сектора. Правительства стран играют значимую роль в формировании необходимого консенсуса для изменения энергетической политики (рис. 1.17).



Рис. 1.17. Основные направления развития энергетической трилеммы
Источник: Собственная разработка на основании [34]

Таким образом, можно сделать вывод, что устойчивое развитие энергетики является необходимым условием достижения целей устойчивого развития мировой и отечественной экономики.

ГЛАВА 2. ОСНОВНЫЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ УРОВНЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

2.1. Методы оценки энергетической безопасности

В связи с актуальностью проблемы энергетической безопасности, мировой наукой произведено достаточно обширное количество исследований по данному вопросу. Для оценки уровня энергетической безопасности чаще всего стал применяемым индекс, основанный на разработках Института энергетики США, который изначально включал 37 показателей. Для адаптации индекса под его международное применение в связи с различным уровнем доступности данных, количество показателей было сокращено до 29.

На основе данного индекса в открытом доступе можно найти аналогичные методики расчета уровня энергетической безопасности различных организаций и авторов. Ниже приведены наиболее известные из методик расчета индексов энергетической безопасности.

Одним из методов оценки энергетической безопасности является Energy Security Index А. Ацзуни и К. Брейера.

Опираясь на разработки американского института, А. Ацзуни и К. Брейер провели исследование и предложили свою методику расчета энергетического индекса, оценивающего состояние ТЭК по 15 измерениям, 50 параметров и 76 показателей.

Индекс Ацзуни и Брейера является репрезентативным и всеобъемлющим благодаря числу измерений. Это позволяет получить целостный и всесторонний анализ. Преимуществами индекса также являются открытость данных, методологии и результатов исследования и взвешивание параметров. Взвешивание будет основываться на мнении экспертов в данной области [49].

Измеренные значения стандартизируются до процентного значения, после чего умножаются на их вес. Если параметр положительно влияет на индекс ESI (Energy Security index) при увеличении, ему присваивается положительное значение. Если увеличение параметра оказывает негативное влияние на энергетическую безопасность, то значение показателя вычитается из единицы (100 %). После этого па-

раметры (Y_j) и их веса (W_j) суммируются, чтобы сформировать значение каждого измерения (X_i). Следующим шагом является агрегирование измерений с использованием их весов (V_i) для формирования индекса ESI.

$$ESI = \sum_{i=1}^n V_i \cdot X_i \quad (2.1)$$

где V_i – это вес каждого измерения,
 X_i – значение каждого измерения.

$$X_i = \sum_{j=1}^m W_j \cdot Y_j \quad (2.2)$$

Y_j формируется из одного индикатора и среднего значения нескольких. Если для какого-либо параметра имеется более одного индикатора, то применяется формула:

$$Y_j = \frac{\sum_{n=1}^o In Y_j}{n} \quad (2.3)$$

где In – нормализованный параметр, используемый для конкретного индикатора,

o – это количество индикаторов.

Первое измерение А – доступность энергии, оно состоит из трех параметров, вес каждого из которых составляет одну треть. Параметры включают наличие ресурсов, количество потребителей и количество транспортных средств (аэропортов).

Измерение D характеризуется четырьмя параметрами: разнообразие топливных и энергетических их источников, разнообразие носителей (топливо и его виды), разнообразие технических средств (технологии получения энергии и ее транспортировки), разнообразие потребителей.

Третье измерение – С, цена. Оно включает три параметра: тарифы на тепло- и электроэнергию, стоимость потерь (риск перебоев в энергоснабжении), снижение стоимости энергии.

Измерение Т – технологии и эффективность. Включает следующие параметры или их группы: развитие технологий, эффективность энергетической системы, энергоемкость, энергосбережение. Вес каждого параметра составляет 25 %.

Следующим измерением является местоположение L, включающее 8 параметров: границы энергетических систем, расположение источников энергии, коэффициент плотности (потребление на единицу площади), землепользование, глобализация, распределение и расселение населения, географические особенности (количество стран с общими границами, количество портов и их инфраструктура, общая возобновляемая поверхность вод), промышленная интенсивность.

T-измерение выделено для временных рамок трех параметров: ожидаемая продолжительность жизни населения, параметр T2 состоит из времени перебоев в электроснабжении и возраста электростанций страны, период, необходимый для полного перехода на ВИЭ.

Остальные измерения: гибкость энергосистемы R, окружающая среда E, здоровье населения H, культура населения Cu, грамотность и наличие информации об энергосистеме Li, занятость населения Em, политическая обстановка P, вооруженные силы M, кибербезопасность Su.

Совокупная оценка приведенных выше измерений и их параметров позволяет полностью оценить уровень энергетической безопасности, сравнить результаты промежуточных и итоговых значений с другими энергосистемами и повысить эффективность мер по повышению энергетической безопасности.

Еще одним используемым методом оценки энергетической безопасности является World Energy Trilemma Index.

Преимуществом индекса энергетической безопасности является объективная возможность сравнить уровень разных стран и эффективности их мероприятий в данном направлении. Комплексная оценка позволяет ранжировать энергетические комплексы с наибольшей точностью, чем по отдельным параметрам.

Индекс энергетической безопасности включает 3 основных и 1 специфическую группы показателей: энергетическая безопасность, энергетическое равенство, экологическая устойчивость энергосистемы, а также особенности страны. Энергетическую безопасность характеризуют эффективность управления источниками, способность быстро возобновлять электроснабжение, способность полностью покрывать потребности населения и промышленности в энер-

гии, топливе. Под энергетическим равенством понимают возможность страны стабильно обеспечивать себя энергоресурсами по приемлемой цене, доступность экологически чистых видов топлива, другими словами – обеспечение доступности объема энергии и топлива, необходимого для поддержания высокого уровня жизни. Экологическая устойчивость отражает готовность перехода энергетики к возобновляемым источникам энергии, низкоуглеродным источникам энергии, оцениваются также меры по снижению воздействия на климат и окружающую среду.

Дополнительным четвертым измерителем являются внутренние особенности страны: макроэкономические показатели, политика правительства, система управления и ее характер. Эта совокупность показателей также говорит о привлекательности энергетической системы для инвесторов.

Каждый из показателей связан с основным компонентом общественной жизни: экономическим, социальным и экологическим. Т. е. каждое измерение является отражением вклада энергетической отрасли в развитие основных показателей народного хозяйства страны.

Индекс позволяет комплексно оценить состояние энергосистемы страны. Ранжирование происходит как по каждому измерителю в отдельности, так и по их совокупности. Основным измерителям присваиваются категории (А, В, С и D), что позволяет наглядно оценить сильные и слабые стороны энергетического сектора той или иной страны.

При помощи всех четырех измерений формируется численный показатель рейтинга. Основные измерители и включенные в них индикаторы составляют по 30 % от энергетической трилеммы.

Энергетическая безопасность включает в себя две группы индикаторов: безопасность поставок и спроса на энергию, устойчивость энергетических систем. Первая группа имеет весовой коэффициент 12 % от итогового Индекса, характеризуется разнообразием источников энергии и зависимостью от импорта. Устойчивость энергосистем занимает 18 % и включает следующие индикаторы: разнообразие способов генерации электроэнергии, хранение энергии, стабильность системы и способность к восстановлению.

Энергетическое равенство состоит из трех категорий: доступ к энергии (рассчитывается исходя из доступности электроэнергии, возможности чистого приготовления пищи), доступ к качественной

энергии, доступность (характеризуется ценами на электроэнергию, бензин и дизельное топливо, природный газ, доступностью электроэнергии для жителей). Весовой коэффициент каждой группы составляет 12 %, 6 % и 12 % соответственно.

Экологическая устойчивость энергетической системы рассматривается в разрезе трех основных категорий индикаторов: производительность энергетических ресурсов (весовой коэффициент 9 %), декарбонизация (весовой коэффициент 9 %), выбросы и загрязнения окружающей среды (весовой коэффициент 12 %).

Особенностями страны, принимаемыми во внимание при расчете Индекса энергетической трилеммы, являются макроэкономическая среда и ее стабильность, управление (эффективность государственного регулирования, политическая стабильность, верховенство закона, качество регулирования), стабильность для инвестиций и инноваций (чистый приток иностранных инвестиций, простота ведения бизнеса, восприятие коррупции, эффективность правовой базы при оспаривании нормативных актов, защита интеллектуальной собственности, инновационный потенциал страны).

К недостаткам индекса можно отнести отсутствие полного перечня индикаторов и методики расчета в открытом доступе. Это ограничивает возможность ведения самостоятельной научно-исследовательской деятельности, усложняет восприятие и понимание устройство индекса, его компонентов и индикаторов.

Термин «World Energy Trilemma Index» набирает все большую популярность в научном сообществе и упоминается во многих работах, основанных на анализе эффективности энергосистемы. На его основе происходит разработка других интегральных индексов с большим числом измерений для всесторонней оценки не только энергетической отрасли, но и ее взаимодействия и влияния на другие сферы народного хозяйства, уровень жизни населения.

Также выделяют стандартные методы оценки уровня энергетической безопасности.

В настоящее время при оценке энергетической безопасности, как правило, используются методы индикативного анализа. Большое внимание к вопросам систематизации и идентификации факторов энергетической безопасности, обоснованию принципов использования мониторинга энергетической безопасности с целью идентифика-

ции существующих и ожидаемых угроз энергетической безопасности уделено в работах С. М. Сендерова. Методические основы оценки энергетической безопасности регионов базируются на сочетании логических методов оценки: метода иерархий, сценарного метода, метода экспертных оценок (расстановки приоритетов), анализа отчетности государственных органов.

На сегодняшний день существуют различные методы оценки энергетической безопасности:

- метод множественной регрессии;
- экспертный метод;
- метод оценки величины и вероятности ущерба;
- индикативный метод.

Метод множественной регрессии.

Метод множественной регрессии для качественного использования требует большого массива данных. Регрессионный анализ является одним из методов статистического анализа. Это наиболее распространенный метод из группы вероятностно-статистических методов и наиболее общий статистический способ, применяемый при прогнозировании. Он позволяет обобщать ретроспективную и расчетную информацию, получаемую при проведении специальных расчетов [48].

Регрессионный анализ широко применяется по двум причинам:

описание зависимости между переменными помогает установить наличие возможной причинной связи;

с помощью уравнения регрессии можно предсказывать значения зависимой переменной по значениям независимых переменных.

Этот подход особенно эффективен, когда имеется физическая связь между рассматриваемыми параметрами, например, связи «потери мощности – активная мощность сети», «потери мощности – активная и реактивная мощность», «потери от транзита мощности – величина транзита», «расход топлива – мощность ТЭС».

Методы экспертных оценок.

Экспертные методы не лишены субъективизма и могут быть с успехом применимы только при согласованности мнений экспертов. Методы экспертного анализа используются для решения неструктурированных задач в тех случаях, когда формализация проблем невозможна в силу их новизны и сложности, или требует больших затрат

средств и времени. Общим для всех методов экспертного анализа является обращение к опыту, знаниям и интуиции специалистов, выполняющих функции экспертов. Давая ответы на поставленные вопросы, эксперты являются датчиками информации, которая анализируется и обобщается. Если в диапазоне оценок экспертов имеется истинный ответ, то совокупность разрозненных мнений может быть синтезирована в некоторое обобщенное мнение, близкое к реальности.

Условиями, предопределяющими необходимость применения экспертных процедур, являются:

- качественный характер исходной информации (отсутствие информации о характеристиках объекта исследования в количественной форме);
- большая неопределенность исходных данных для проведения анализа проблемы;
- отсутствие математической формализации предмета оценки;
- нецелесообразность, недостаток времени и средств для исследования проблемы с применением формальных подходов;
- отсутствие технических средств для моделирования проблемной ситуации.

Всю совокупность методов экспертного анализа можно разделить на:

- методы оценки (безкритериальные и критериальные);
- оценочно-поисковые методы.

В зависимости от числа участвующих в опросе экспертов методы экспертного анализа подразделяются на:

- методы формирования индивидуальных экспертных оценок;
- методы формирования коллективных экспертных оценок.

Любой метод экспертного анализа представляет собой совокупность процедур, направленных на получение информации эвристического происхождения и обработку этой информации с помощью математико-статистических приемов.

Процесс подготовки и проведения экспертизы включает следующие этапы:

- определение целей экспертизы;
- формирование группы специалистов-аналитиков;
- формирование группы экспертов;

- разработка сценария и процедур экспертизы;
- сбор экспертной информации;
- обработка экспертной информации;
- анализ результатов экспертизы;
- принятие решения.

При формировании группы экспертов необходимо учитывать их индивидуальные характеристики, которые влияют на качество экспертизы: компетентность, креативность, конструктивность мышления, конформизм, коллективизм, самокритичность, отношение к экспертизе. В зависимости от целей и направленности экспертизы группа экспертов может быть однородной или включать представителей различных групп специалистов. В практике используют следующие подходы к формированию группы экспертов: по формальным критериям; на основе самооценки личности, полученной при анкетировании; на основе оценки лиц, связанных с претендентом; методом случайного отбора.

Результатом экспертизы могут быть прямые оценки явлений для установления прогнозных значений параметров, ранжирования альтернатив (обычно сопровождаемые определением относительных характеристик их важности – весов), позволяющие выполнить отбор нескольких предпочтительных вариантов решения проблемы или осуществить выбор лучшей альтернативы.

Методы экспертных оценок базируются на опыте экспертов в вопросах управления. Экспертиза может быть индивидуальной и коллективной, а реализация экспертных процедур – различной (использование для оценивания балльных оценок, частных ранжирований (предпочтений экспертов), парных сравнений и др.). Основная проблема, возникающая при использовании методов экспертных оценок, связана с объективностью и точностью получаемых результатов. Это связано с такими факторами, как недостаточная компетентность экспертов, возможность группового обсуждения, доминирование какого-либо мнения (конформизм) и т. д.

Метод оценки величины и вероятности ущерба.

Метод оценки величины и вероятности ущерба не всегда может быть использован в виду отсутствия необходимых данных. Позволяет дать упрощенную статистическую оценку вероятности исполне-

ния какого-либо решения путем расчета доли выполненных и невыполненных решений в общей сумме принятых решений. Определяется как произведение ожидаемого ущерба на вероятность того, что этот ущерб произойдет.

Существует по крайней мере три возможных способа оценки вероятности наступления рискового события: эмпирическая, теоретическая и субъективная (экспертная) оценка. Например, риски в цепи поставок могут оцениваться:

- на основе логических рассуждений, эмпирически – как экстраполяция прошлых, уже изученных ситуаций и прогнозирование их на будущее;

- на основе массовых фактов и процессов, статистически – на основе изучения статистики потерь с установлением частоты появления определенных уровней потерь;

- экспертно – на основе оценок и информации, полученной от экспертов;

- расчетно-аналитический – на основе построения, например, кривой распределения вероятностей потерь.

Индикативный метод анализа энергетической безопасности

Индикативный метод оценки энергетической безопасности является наиболее приоритетным по сравнению с другими, он основывается на сопоставлении фактических значений индикаторов безопасности с их пороговыми значениями.

Преимущества и недостатки методов приведены в табл. 2.1. Важно обратить внимание, что данные методы часто комбинируются и используются для получения наиболее точного и комплексного результата.

Методы оценки энергетической безопасности и их характеристика

Метод	Преимущества	Недостатки
1	2	3
Метод множественной регрессии	<p>Определение степени влияния независимых параметров на изучаемую величину;</p> <p>Контроль за смешанным влиянием предикторов;</p> <p>Получение точного линейного прогноза;</p> <p>Наглядность</p>	<p>Сложность оценки изменений в динамике;</p> <p>Отсутствие измерителя степени опасности;</p> <p>Определение вклада переменных не характеризует результат.</p>
Метод экспертных оценок	<p>Возможность решения нестандартных задач, требующих владения знаниями во многих сферах;</p> <p>Наличие высококвалифицированных кадров в энергетическом секторе;</p> <p>Учет совокупности факторов.</p>	<p>Трудность проведения опроса;</p> <p>Вероятность ошибок в связи с субъективизмом экспертов;</p> <p>Вероятность ошибок на этапе выбора экспертов.</p>

Окончание табл. 2.1

1	2	3
<p>Метод оценки величины и вероятности ущерба</p> <p>Индикативный метод</p>	<p>Оценка степени риска в стоимостном выражении; Ранжирование областей риска.</p> <p>Подходит для определения обобщенного от- ражения состояния системы; Результат выражен в относительных вели- чинах, что позволяет проводить сравнение в динамике; Имеет простую методику расчета исходя из основных показателей; Включает оценку различных составляю- щих, приводимую к единому результату; Позволяет обнаружить уязвимые элементы и угрозы и проводить целенаправленные мероприятия; Возможность оценки, как составляющих элементов, так и системы в целом.</p>	<p>Определяется только уровень отдельного риска по конечному результату; Необходимость наличия коэф- фициента вероятности потерь.</p> <p>Необходимость наличия весо- вых показателей, определяю- щих степень влияния; Необходимость формирования ранжированной системы уров- ней, позволяющей оценить ре- зультат.</p>

Источник: [50–53]

Согласно Концепции энергетической безопасности Республики Беларусь «индикаторы энергетической безопасности – это параметры и показатели развития и функционирования ТЭК, его подсистем и объектов, а также потребителей энергии, характеризующие состав, глубину и территориальные рамки реализации угроз энергетической безопасности, и ее уровень».

В концепциях энергетической безопасности таких стран как Республика Беларусь, Российская Федерация, Республика Казахстан, Республика Армения и Республика Кыргызстан для оценки энергетической безопасности применяется индикативный метод. В настоящее время в данных странах используются различные совокупности индикаторов, поэтому при разработке единого подхода для оценки состояния энергетической безопасности этих стран необходимо, прежде всего, разработать единый набор индикаторов энергетической безопасности. Это особенно актуально в виду формирования единого рынка энергии стран ЕАЭС.

Сущность индикативного анализа состоит в следующем (рис. 2.1).

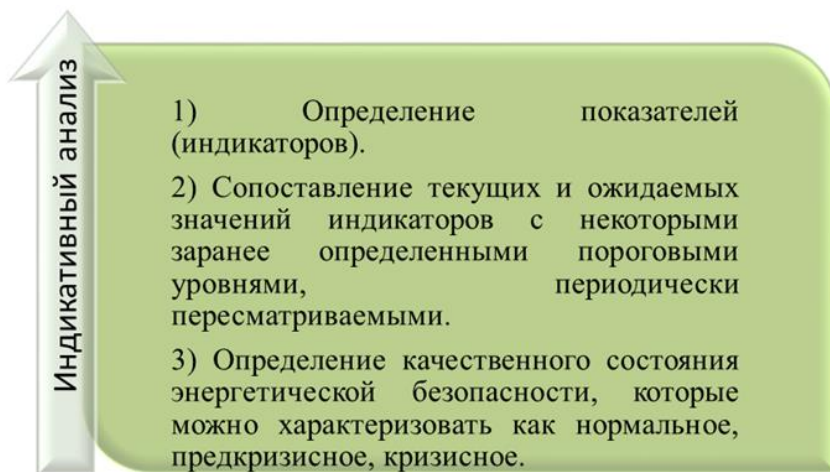


Рис. 2.1. Этапы проведения индикативного анализа

Источник: Собственная разработка на основании [42; 54; 55]

В основе индикативного анализа выделяют основные принципы (рис. 2.2).



Рис. 2.2. Основные принципы проведения индикативного анализа
 Источник: Собственная разработка на основании [42; 54; 55]

Степень кризисности индикаторов оценивается по шкалам кризисности с выделенными критическими зонами, которые определяются путем введения пороговых значений индикаторов – предкризисных и кризисных. При этом используются правила установления кризисности ситуаций. Интегрированная оценка состояния по блокам в баллах осуществляется по равномерной балльной шкале. Каждый из показателей носит критериальный характер, и по их значениям можно судить о степени энергетической безопасности. Используется структурное деление индикаторов по блокам:

- блок топливоснабжения;
- блок производства электрической и тепловой энергии;
- блок передачи и распределения энергии;
- блок импорта электроэнергии;
- экологический блок;
- блок потребителей; блок управления и финансов [10].

В различных странах уровень энергетической безопасности оценивается различными основными показателями энергетической безопасности.

Российская Федерация, являясь крупным экспортером энергоресурсов, строит свою энергетическую стратегию исходя из данных условий. Поэтому концепцией энергетической безопасности Российской Федерации определены следующие индикаторы энергетической безопасности (рис. 2.3).

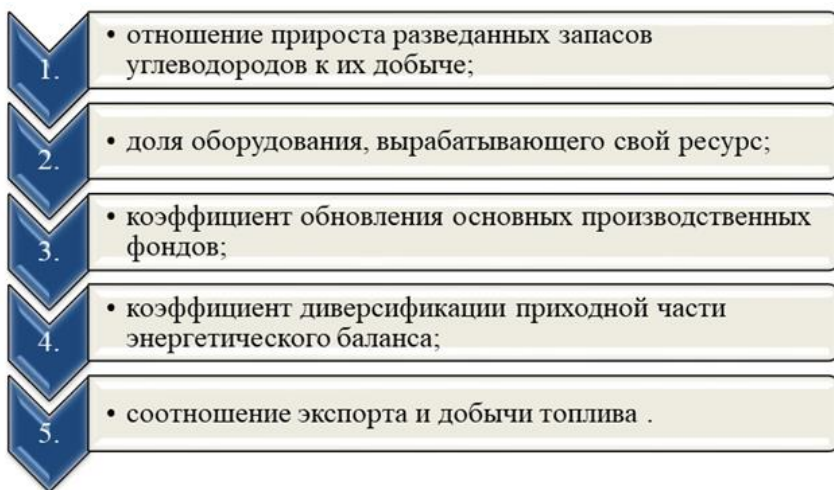


Рис. 2.3. Индикаторы энергетической безопасности Российской Федерации
 Источник: Собственная разработка на основании [10]

В составе показателей энергетической безопасности Российской Федерации целесообразно выделить индикаторы обеспечения электроэнергией, которые включают:

долю собственной выработки; индекс изменения душевого потребления;

индекс изменения доли потребления электроэнергии в границах данного территориального образования по отношению к общему объему потребления в Российской Федерации; долю ограничений в снабжении электроэнергией.

Доля собственной выработки – это отношение выработки электроэнергии всеми электростанциями в границах исследуемого территориального образования к объему потреблению электроэнергии за год.

Индекс изменения душевого потребления - это отношение объема потребления электроэнергии на душу населения в жилищно-коммунальном хозяйстве к аналогичному показателю в предыдущем периоде.

Доля ограничений в снабжении электроэнергией – это доля ограничений в потреблении электроэнергии по отношению к полному потреблению.

Индикаторы обеспеченности тепловой энергией, в свою очередь, включают:

- коэффициент покрытия;
- коэффициент покрытия с учетом отключения самого крупного агрегата;
- индекс изменения потребления на душу населения;
- индекс изменения доли потребления теплоэнергии в границах исследуемого территориального образования по отношению к потреблению теплоэнергии в Российской Федерации.

Коэффициент покрытия – это отношение суммарной располагаемой мощности источников теплоснабжения к максимальной годовой потребности в тепловой нагрузке.

Индекс изменения душевого потребления – это изменение отношения потребления тепловой энергии на душу населения в жилищно-коммунальном хозяйстве.

Индикаторы обеспечения топливом представлены:

- запасом котельно-печного топлива на складах;
- долей доминирующего энергетического ресурса в потреблении котельно-печного топлива;
- индексом изменения доли потребления моторного топлива по отношению к потреблению в Российской Федерации;
- структурой теплоисточников;
- коэффициентом покрытия;
- коэффициентом покрытия с учетом балансовых перетопков мощности по электрическим сетям; долей мощности самого крупного источника электроэнергии к максимальной электрической нагрузке территории за год;
- долей мощности потребителей электроэнергии с нерезервированным электроснабжением;
- долей мощности потребителей электроэнергии в зоне децентрализованного электроснабжения;
- долей мощности потребителей тепловой энергии, подключенных к самому крупному нерезервированному источнику теплоснабжения.

Запас котельно-печного топлива на складе – это отношение количества топлива на складе к нормативу. Коэффициент покрытия – это

отношение суммарной располагаемой электрогенерирующей мощности к годовому максимуму.

Индикаторы обеспеченности основными производственными фондами рассчитываются на основе анализа планов и предприятий по развитию энергетических мощностей и их замена, и ликвидация; проведения энергетического обследования системы газопроводов и работающих энергетических установок. Указанные индикаторы включают долю электроэнергетического оборудования, выработавшего свой ресурс; долю капиталовложений в топливо энергетический комплекс по отношению к стоимости основных производственных фондов.

Экологизация производственных процессов и процессов потребления определила необходимость включения в состав показателей экологических индикаторов, в составе которых выделяются: индекс изменения суммарных выбросов загрязнителей в атмосферу от тепловых электрических станций и котельных; индекс изменения удельных выбросов загрязнителей; индекс превышения выбросов загрязнителей на предельно-допустимые выбросы и временно согласованные выбросы.

Финансовые индикаторы включают: долю превышения кредиторской задолженности над дебиторской в годовом объеме отгруженной продукции; долю суммарной (дебиторской и кредиторской) взаимной задолженности предприятий энергетики и их партнеров в годовом объеме отгруженной продукции; взвешенную (по установленной мощности) долю убыточных предприятий энергетики [55, с. 329].

Уровень энергетической безопасности определяется не только обеспеченностью ресурсами, но и уровнем развития технологий для получения возобновляемой энергии и их доступностью. Следует учитывать, что некоторые факторы, которые определяют энергетическую безопасность, являются переменными лишь в долгосрочном периоде, а другие в краткосрочном. К факторам, которые определяют уровень энергетической безопасности страны в краткосрочном периоде, относят физическое наличие энергоресурсов, цену энергоресурсов, надежность их поставок, количество стран-поставщиков. В долгосрочном периоде к ним относятся объемы инвестиций в топливно-энергетический комплекс (ТЭК), уровень эффективности использо-

вания невозобновляемых и альтернативных энергетических ресурсов, наличие технологий, генерирующих энергию, уровень технологической зависимости от других государств.

Анализ зарождающихся либо угасающих тенденций, определяющих уровень энергетической безопасности, а также оценка основных факторов и показателей состояния энергетики, как обобщенных, так и частных, осуществляется на основе использования системы индикаторов энергетической безопасности, т. е. системы показателей, характеризующих уровень, состав и глубину угроз энергетической безопасности.

Эти показатели (индикаторы) могут быть частными, которые рассчитываются на базе первичных данных о состоянии того или иного процесса или явления, а могут быть интегрированными, обобщающими ряд близких или взаимосвязанных процессов (табл. 2.2).

Вопросам выделения наиболее значимых индикаторов из многочисленного состава показателей, характеризующих различные процессы в ТЭК, равно, как и вопросам упорядочивания индикаторов и распределения их по областям и отдельным объектам мониторинга посвящены отдельные объемные разработки.

Сами по себе значения этих индикаторов без соответствующей их обработки и интерпретации не позволяют говорить о кризисности, либо некризисности соответствующих явлений и процессов. С целью оценки значений индикаторов необходимо обозначить некоторые пороговые значения, т. е.:

- предкризисное, как порог между приемлемым (нормальным) и предкризисным состоянием энергетики в аспекте, описываемом данным индикатором;

- кризисное, как порог между предкризисным и кризисным (чрезвычайным, неприемлемым) состояниями.

Сопоставление оцененного значения индикатора (на интересующем временном этапе) с его пороговым значением дает возможность говорить о качественном состоянии (степени кризисности) данного процесса или явления.

Таблица 2.2

Важнейшие индикаторы энергетической безопасности Российской Федерации

Область мониторинга	Объект мониторинга	Индикатор
1	2	3
Оборудование и технологии ТЭК	Износ фондов	Средний физический износ ОПФ по отраслям ТЭК, %
Энергетический баланс	Диверсифицированность энергоснабжения	Доля доминирующего вида топлива в структуре потребляемого КПТ, %
	Дефициты и ограничения	Отношение объема недопоставок ТЭР потребителям по России в целом и суммарной потребности в них, %
Резервы и запасы	Обеспеченность добычи	Отношение годового прироста промышленных извлекаемых запасов первичных ТЭР и их добыче, %
	Резервы производства	Отношение фактического превышения производственных возможностей отраслей по производству и поставкам соответствующих ресурсов к суммарному спросу на них (включая экспорт), %
	Запасы топлива	Отношение суммарных запасов КПТ на складах всех категорий на начало отопительного периода к годовому потреблению, %
Экономика и финансы	Энергоемкость	Относительное снижение (рост) удельной энергоемкости ВВП, %
	Инвестиции в энергетику	Коэффициент обновления ОПФ ТЭК, %
	Поставки для энергетики	Динамика изменения коэффициента импортной зависимости по отраслям, %

Источник: [10]

Чтобы эта оценка была реально осуществимым делом (учитывая колоссальную взаимозависимость большинства индикаторов) необходимо попытаться выделить из общего числа индикаторов такие, которые вкупе с интегрированной оценкой всех остальных, наиболее выпукло (объемно) характеризовали бы состояние энергетической

безопасности для принятого к рассмотрению сценария развития ТЭК.

По мнению российского ученого Н. М. Берсневой для проведения индикативного анализа в настоящее время должны быть использованы такие индикаторы энергетической безопасности, которые удовлетворяют двум требованиям при реализации методов комбинаторного моделирования при исследовании развития энергетики Российской Федерации с позиций энергетической безопасности:

1) в совокупности они должны покрывать весь объем информационных потребностей задач обеспечения энергетической безопасности;

2) каждый индикатор, их совокупность должны обеспечить максимально возможную достоверность информации.

Каждое сформированное с помощью методов комбинаторного моделирования состояние характеризует отдельный вариант развития энергетики в конкретный момент времени, формируется путем различных сочетаний состояний отраслей энергетики по регионам в этот момент времени.

Берсневой Н. М. предложена балансовая экономико-математическая модель ТЭК России, предназначенная для исследования развития энергетики России и ее регионов с позиций энергетической безопасности. В математическом смысле данная модель представляет собой классическую задачу линейного программирования, в содержательном (энергоэкономическом) – модель, базирующуюся на традиционной территориально-производственной модели ТЭК, с блоками электроэнергетики, тепло-, газо- и углеснабжения, а также ма-зутоснабжения [56].

Автором, было выделено 10 важнейших индикаторов энергетической безопасности, распределенных по следующим блокам:

- блок самообеспеченности,
- блок живучести системы топливо- и энергоснабжения,
- блок состояния основных производственных фондов.

В блок самообеспеченности автор включает следующие индикаторы:

- отношение величины суммарной располагаемой мощности электростанций региона к максимальной электрической нагрузке потребителей на его территории;

– отношение величины суммы располагаемой мощности электростанций и пропускной способности межсистемных связей региона с соседними к максимальной электрической нагрузке потребителей на его территории;

– доля собственных первичных ТЭР в потреблении котельно-печного топлива (КПТ) на территории

Блок живучести системы топливо- и энергоснабжения, по мнению Бересневой, должен включать:

– доля доминирующего ресурса в общем потреблении КПТ на территории региона;

– доля наиболее крупной электростанции в установленной электрической мощности региона;

– уровень потенциальной обеспеченности спроса на тепловую энергию в условиях резкого похолодания (10 % наброс потребления) на территории региона.

Блок состояния основных производственных фондов предлагается наполнить следующими показателями:

– степень износа основных производственных фондов (ОПФ) электроэнергетики региона;

– степень износа ОПФ предприятий топливной промышленности территории;

– степень износа ОПФ в теплоэнергетике региона;

– отношение ввода установленной мощности и технического перевооружения электростанций территории за предшествующий 5-летний период к установленной мощности на территории.

По нашему мнению, блок состояния основных производственных фондов излишне перегружен информацией. Степень износа основных производственных фондов электроэнергетики достаточно полно характеризует техническое состояние объектов энергетики.

Для российской энергетики, являющейся энергоизбыточной с точки зрения наличия собственных запасов углеводородного сырья, индикативный анализ энергетической безопасности имеет ярко выраженную региональную особенность. Это обусловлено тем, что основные запасы ТЭР сконцентрированы в отдельных регионах, имеющих различные климатические условия, доступность ресурсов, уровень развития ТЭК региона и другие.

Поэтому выделение рациональных с позиций энергетической безопасности вариантов развития ТЭК осуществляется с помощью проведения индикативного анализа уровня энергетической безопасности, основанного на сравнении значений индикаторов энергетической безопасности с их пороговыми или предельно допустимыми значениями, и подготовку на этой основе соответствующих выводов и рекомендаций. Качественно в процедуре индикативного анализа выделяется нормальная, предкризисная и кризисная ситуации в обеспечении энергетической безопасности территорий [56].

Для расчета значений индикаторов требуется большое число исходных показателей. Часть показателей носит общий характер и используется для расчета индикаторов безопасности всех видов – это численность населения, курс валют, величины ВВП и некоторые другие. Другие показатели систематизированы по секторам, которые они отражают – электроэнергетика, теплоэнергетика, топливо, инвестиции и т. д.

В Республике Беларусь индикаторы энергетической безопасности сведены в следующие группы:

- энергетической самостоятельности;
- диверсификации поставщиков и видов энергоресурсов;
- надежности поставки, резервирования, переработки и распределения ТЭР;
- энергетической эффективности конечного потребления ТЭР и экономической устойчивости ТЭК.

Концепцией энергетической безопасности Республики Беларусь определены пороговые (нормальные и критические) уровни по каждому индикатору.

Источниками данных являются официальные статистические данные, опубликованные статистические ежегодники, топливно-энергетические балансы, статистические бюллетени, данные по переписи населения и др., балансы по электроэнергии. Также используется информация, публикуемая на сайтах предприятий энергетики, годовые официальные отчеты, публикуемые предприятиями энергетики и другие источники.

Согласно Концепции энергетической безопасности Республики Беларусь, выделяются 11 индикаторов энергетической безопасности, которые можно объединить по следующим направлениям. Выделяют

следующие уровни индикаторов энергетической безопасности Республики Беларусь: К – критический уровень; ПК – предкритический уровень; Н – нормальный уровень.

Анализ состояния защищенности по направлениям энергетической безопасности Республики Беларусь показал, что менее подвержена угрозам надежность поставок, резервирование, переработка и распределение ТЭР. В краткосрочной и долгосрочных перспективах все индикаторы данного направления должны соответствовать нормальному уровню.

Наиболее уязвимым направлением энергетической безопасности является энергетическая самостоятельность Республики Беларусь. До 2015 года индикаторы находились на критическом уровне, в ближайшей краткосрочной и долгосрочных перспективах планируется их выход на предкритический уровень. Необходимо пересмотреть существующие направления энергетической самостоятельности и произвести корректировку индикаторов, входящих в него, а также ввести новые направления, включающие в себя индикаторы, отражающие работу энергосистемы с учетом ввода БелАЭС, а также индикаторы, направленные на отражение экологических аспектов работы энергосистемы.

Международный индекс энергетической безопасности.

В настоящее время энергетическая безопасность стран является одной из базовых составляющих национальной безопасности стран в целом. Энергетическая безопасность характеризует степень уязвимости экономики на глобальном энергетическом рынке.

Для сравнительной оценки рисков в области энергетической безопасности между странами и оценки их изменения во времени применяется Международный индекс рисков энергетической безопасности.

Жакиевой Ш. И. в своем исследовании обобщен опыт использования метода для расчета международного индекса. В частности, автор отмечает, что он «используется на основе разработок Института энергетики США индекса энергетической безопасности США, который состоит из 37 показателей. Идея расширения методологии, используемой в индексе США, для других стран оказалась трудной задачей, в том числе и с имеющейся проблемой доступности данных. Соответственно, при разработке Международного индекса, меры и

методологии, разработанные для индекса США пришлось адаптировать» [57].

Индекс измеряет риски энергетической безопасности двумя способами:

- 1) в абсолютном выражении;
- 2) по сравнению с базовым средним по странам ОЭСР (Организация экономического сотрудничества и развития).

Он обеспечивает понимание абсолютных тенденций в области рисков для энергетической безопасности в отдельных странах и относительные тенденции по отношению к другим государствам. Отслеживание относительного прогресса страны таким образом, может дать представление о рыночных условиях, политике и других мероприятиях, влияющих на энергетическую безопасность на национальном уровне.

Индекс включает анализ 29 показателей, эти показатели можно объединить в 8 групп (табл. 2.3).

Для отслеживания тенденции Международного индекса энергетической безопасности внутри страны и относительно других стран, необходимо было выбрать эталонное значение. Институт энергетики США выбрал эталонным значением – среднее значение стран Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР, Organization for Economic Co-operation and Development).

В последующие годы, индексированное значение для каждого показателя была скорректирована пропорционально, более высокую или более низкую по сравнению с этим значением 1980 года. Показатели на уровне стран были нормализованы путем калибровки их значения 1980 по отношению к общему ОЭСР 1980 базового уровня. Если, например, значение по стране 1980 энергоёмкости на 17 % выше, чем среднее значение ОЭСР для этого показателя, значение 1980 для этой метрики будет установлена на уровне 1170.

Нормированные метрические показатели на последующие годы будет увеличиваться или уменьшаться по сравнению с этой отправной точки.

Группы показателей

Группа показателей	Значение показателя	Влияние показателя
1	2	3
Глобальное топливо (запасы топлива в мире)	Мера надежности и разнообразия мировых запасов и поставок нефти, природного газа и угля	Более высокий балл показателей этой группы, означает низкий риск для энергетической безопасности
Импорт топлива	Измеряет воздействие национальных экономик к ненадежным и концентрированным поставкам нефти и природного газа, и угля	Низкий уровень импорта означает более низкий риск для энергетической безопасности
Расходы электроэнергии	Измеряет величину затрат на энергию в развитии национальной экономики и подверженность потребителей к ценовым перепадам	Снижение затрат и воздействие означает меньший риск для энергетической безопасности
Цена и волатильность рынка	Измеряет восприимчивость национальной экономики к большим колебаниям цен на энергоносители	Снижение волатильности означает меньший риск для энергетической безопасности
Интенсивность использования энергии	Измеряет потребление энергии по отношению к численности населения и экологического производства	Низкая интенсивность использования энергии в промышленности для производства товаров и услуг означает более низкий риск для энергетической безопасности

Окончание табл. 2.3

1	2	3
Электроэнергетика	Измеряет косвенную надежность электрогенерирующих мощностей	Более высокая разнородность, означает более низкий риск для энергетической безопасности.
Сектор транспортировки	Измеряет эффективность использования энергии в транспортном секторе на единицу ВВП и населения	Повышение эффективности означает более низкий риск для энергетической безопасности
Экологичность	Мера воздействия национальных экономик на национальные и международные мандаты по сокращению выбросов парниковых газов	Более низкие выбросы двуокиси углерода в результате использования энергии означает меньший риск для энергетической безопасности

Источник: [57]

Таким образом, показатели Международного индекса энергетической безопасности можно измерить относительно среднего показателя ОЭСР, и их абсолютное значение. Таким образом, Международный индекс рисков энергетической безопасности является средневзвешенным всех 29 показателей. Различные показатели, используемые в индексе, измеряются в различных единицах, поэтому для интегрированного индекса необходимо привести измерения показателей к одной единице измерения. Далее, веса были распределены по отдельным метрикам на основе веса той категории, к которой она принадлежит, и, где это возможно, его относительное значение в пределах этой категории (табл. 2.4).

Таблица 2.4

Веса восьми групп показателей Международного индекса рисков энергетической безопасности

Категория	Вес категории %
Глобальное топливо	14
Импорт топлива	17
Расходы электроэнергии	20
Цена и волатильность рынка	15
Интенсивность использования энергии	14
Электроэнергетика	7
Сектор транспортировки	7
Экологичность	6

Источник: [57]

Институт энергетики США основываясь на представленной методике смогли построить Индекс рисков для энергетической безопасности для каждой страны, а также для ОЭСР.

Для каждой страны существует 29 показателей, каждый из которых имеет значение временных рядов, которые были нормализованы в качестве меры риска, где значение ОЭСР 1980 устанавливается на 1000 человек.

Для каждой страны и каждого года 29 показателей взвешивается по значениям, указанным в табл. 2.4. Индекс рисков для страны в любой год является суммой метрических значений, каждый умножается на присвоенный ему вес (%). Используя эту логику, референтная группа ОЭСР, где каждая метрика была нормализована так, что значение индекса в 1980 году равна 1000, которая и является базовой линией [57].

2.2. Методический аспект индикативного анализа оценки уровня энергетической безопасности

Целью каждой страны является повышение уровня энергетической безопасности и снижение зависимости от импорта топливно-энергетических ресурсов. Этого можно достигнуть путем увеличения доли использования собственных энергетических ресурсов. Наиболее наглядно зависимость страны от поставок ТЭР по мнению П. П. Безруких показывает коэффициент самообеспеченности, определяемого в виде отношения количества энергии, производимой и потребляемой в стране [58].

$$K_{\text{сам}} = \frac{\Delta_{\text{потреб.}}}{\Delta_{\text{произ.}}} \quad (2.4)$$

где $\Delta_{\text{потреб.}}$ – количество произведенной электрической энергии, млн. кВт·ч;

$\Delta_{\text{произ.}}$ – количество потребленной электрической энергии, млн. кВт·ч.

Проанализировав производство и потребление энергии в Республике Беларусь, можно рассчитать коэффициент самообеспеченности энергии в стране, изменение которого представлены на рис. 2.4.

Расчеты показали, что в последние годы наблюдается тенденция повышения уровня самообеспеченности в Республике Беларусь и в 2019 году он составил 106,24 %. Однако не стоит забывать, что Республика Беларусь относится к категории стран, которые не обладают значительными запасами собственных топливно-энергетических ресурсов. Обеспеченность республики собственными энергоресурсами находится на уровне 15 % потребности в ТЭР, поэтому около 85 % всех потребляемых в стране ТЭР являются импортными (на долю Российской Федерации приходится 99 % объема импорта).



Рис. 2.4. Изменение коэффициента самообеспеченности электрической энергии в Республике Беларусь, %

Источник: [57]

Увеличение внутреннего производства ТЭР и снижение зависимости от внешних поставок может быть достигнута за счет развития возобновляемых источников энергии, развития атомной энергетики, либо за счет снижения энергопотребления энергии, т. е. повышением энергоэффективности производства и улучшением показателей по энергосбережению в коммунально-бытовом секторе.

Основная задача по повышению эффективности использования топливно-энергетических ресурсов – максимально приблизиться к развитым странам по уровню энергоемкости валового внутреннего продукта, как главного энергетического критерия развития экономики страны. В настоящее время он в 1,5–2 раза превышает аналогичный показатель экономически развитых стран и в 1,5 раза – в странах ОЭСР.

Реализация программ по энергосбережению затрагивает и энергетику республики, что стимулирует инновации, направленные на снижение удельного расхода топлива на производство тепловой и электрической энергии.

Концепцией энергетической безопасности Республики Беларусь определены пороговые (нормальные и критические) уровни по каждому индикатору.

Источниками данных являются официальные статистические данные, опубликованные статистические ежегодники, топливно-энергетические балансы, статистические бюллетени, данные по переписи населения и др., балансы по электроэнергии. Также используется информация, публикуемая на сайтах предприятий энергетики, годовые официальные отчеты, публикуемые предприятиями энергетики и другие источники.

В Республике Беларусь разработана и действует «Концепция энергетической безопасности Республики Беларусь», основные индикаторы которой сгруппированы в следующие блоки (рис. 2.5) [8].



Рис. 2.5. Блоки энергетической безопасности страны

Источник: [8]

По каждому из блоков установлены пороговые уровни для показателей (нормальный и критический).

Согласно Концепции энергетической безопасности Республики Беларусь, выделяются 11 индикаторов энергетической безопасности, которые можно объединить по следующим направлениям (табл. Б.1).

Выделяют следующие уровни индикаторов энергетической безопасности Республики Беларусь:

- К – критический уровень;
- ПК – предкритический уровень;
- Н – нормальный уровень.

Анализ состояния защищенности по направлениям энергетической безопасности Республики Беларусь показал, что менее подвержена угрозам надежность поставок, резервирование, переработка и распределение ТЭР.

В краткосрочной и долгосрочных перспективах все индикаторы данного направления должны соответствовать нормальному уровню.

Наиболее уязвимым направлением энергетической безопасности является энергетическая самостоятельность Республики Беларусь. До 2015 года индикаторы находились на критическом уровне, в ближайшей краткосрочной и долгосрочных перспективах планируется их выход на предкритический уровень.

Концепцией энергетической безопасности Республики Беларусь определены пороговые (нормальные и критические) уровни по каждому индикатору.

Группа индикаторов энергетической самостоятельности представлены на рисунках 2.6–2.8.

Большинство индикаторов имеют значения близкие к критическим, часть их превышает (например, доля доминирующего поставщика энергоресурсов в общем импорте ТЭР составляла в 2010 году 96 %, в 2015 году – 90 % при критическом уровне 85 %).

Такая же ситуация характерна и для доли доминирующего энергоресурса в производстве тепловой и электрической энергии – при критическом уровне 80 % это значение в 2010 году было 91,4 % и снизилось в 2015 году до 90 %.



Рис. 2.6. Динамика отношения объема производства (добычи) первичной энергии к валовому потреблению ТЭР, процентов

Источник: собственная разработка автора [33]

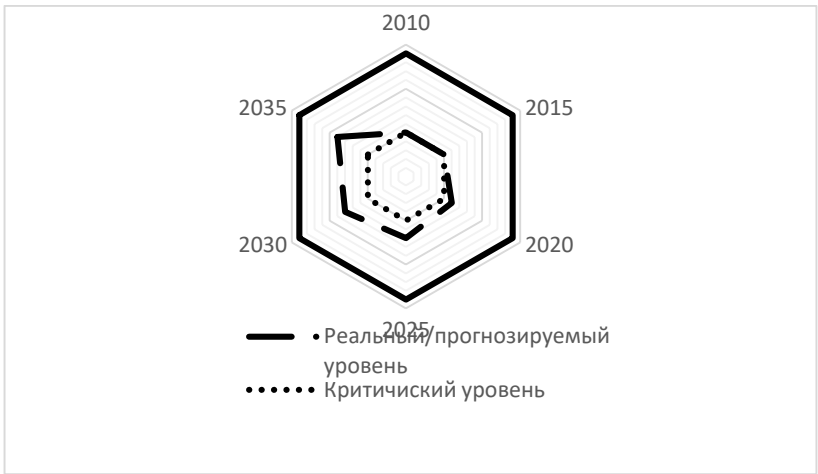


Рис. 2.7. Динамика отношения объема производства (добычи) из возобновляемых источников энергии к валовому потреблению ТЭР, процентов
 Источник: собственная разработка автора [33]

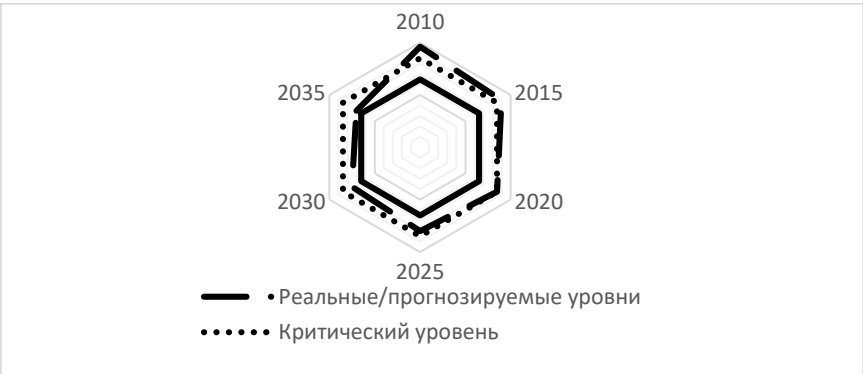


Рис. 2.8. Динамика доминирующего поставщика энергоресурсов в общем импорте ТЭР, процентов
 Источник: собственная разработка автора [33]

Основные индикаторы блока «Энергетическая самостоятельность» представлены на рис. 2.9. Для первого из показателей блока

установлен нормальный уровень 30 % и критический на уровне 16 %. Анализ данных за период с 2010 по 2020 годы показал, что в 2010 и 2015 годы этот показатель находился на уровне 14 %, а в 2020 году – 16 %. На перспективу планируется постепенный рост данного показателя до 20 % к 2035 году.

Для второго показателя критический уровень установлен 5 % и нормальный 14 %. В 2010–2015 годы показатель находился на критическом уровне, но с 2020 года наметился его рост и к 2035 году он ожидается на уровне 9 %.

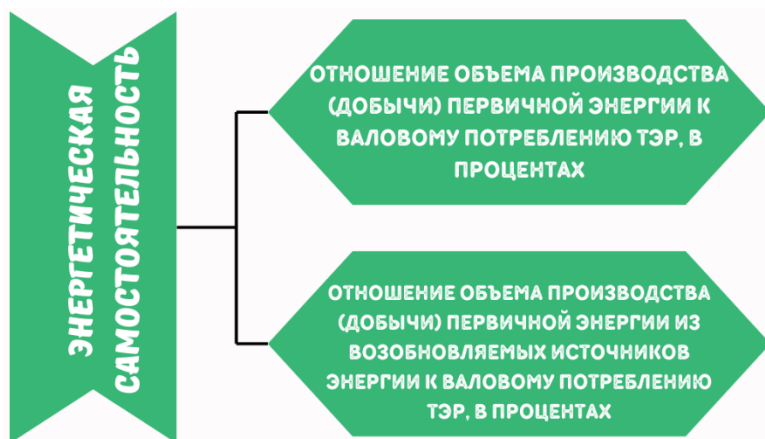


Рис. 2.9. Индикаторы блока энергетической самостоятельности

Источник: [51]

Индикаторы блока «Диверсификация поставщиков и видов энергоресурсов» представлены на рис. 2.10.



Рис. 2.10. Индикаторы блока «Диверсификация поставщиков и видов энергоресурсов»

Источник: [51]

Основным поставщиком энергоресурсов в республику является Российская Федерация, которая поставляет основной вид топлива – природный газ. Анализ данных по указанным показателям показал, что худшие значения были в 2010 году (96 % и 64 % соответственно). Однако в 2020 году они уже составляли 85 % и 57 % соответственно, и к 2035 году их уровень ожидается уже 70 % и 50 %.

Блок «Надежность поставок, резервирование, переработка и распределение ТЭР» представлен пятью показателями (рис. 2.11).



Рис. 2.11. Индикаторы блока «Надежность поставок, резервирование, переработка и распределение ТЭР»

Источник: [51]

Анализ индикаторов показал, что по большинству индикаторов в результате проведенной масштабной реконструкции и модернизации объектов энергосистемы значения находятся на уровне выше установленного нормального уровня. Доля доминирующего энергоресурса (природного газа) в 2015 году находилась на уровне 90 %, в 2020 году – 70 % и к 2035 году должна быть менее 50 %.

Энергетическая эффективность конечного потребления ТЭР и экономическая устойчивость ТЭК в 2020 году составляла 19 % при установленном критическом уровне 30 % и к 2035 году должна соответствовать нормальному уровню 15 %.

В республике разработан комплекс мероприятий, направленных на повышение уровня энергетической безопасности страны (рис. 2.12).

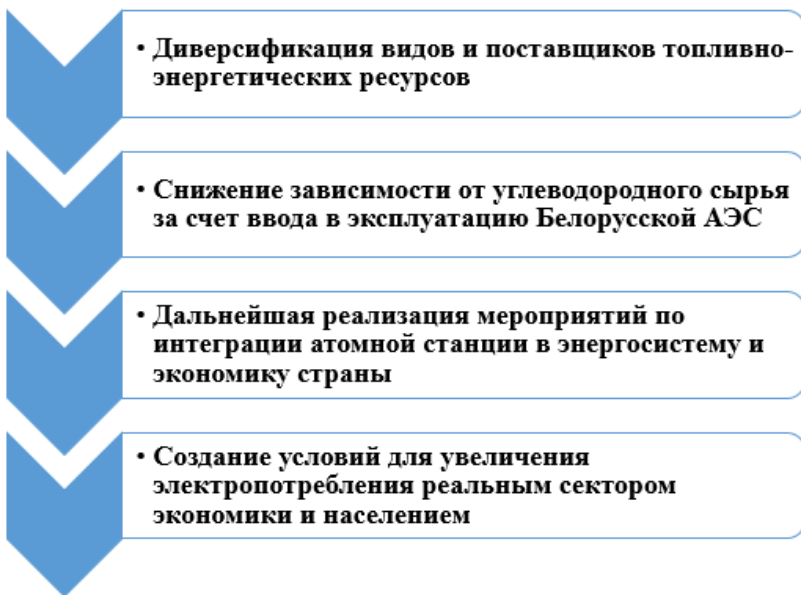


Рис. 2.12. Мероприятия, направленные на повышение уровня энергетической безопасности

Источник: [51]

В частности, планируется рост электропотребления электроэнергии к 2025 г. на 6,3 млрд.кВт.ч. Это может быть достигнуто следующим образом:

- 1,75 млрд.кВт.ч – за счет внедрения электробойлерных установок для производства теплоэнергии предприятиями ГПО «Бел-энерго»;
- 2,68 млрд.кВт.ч – за счет внедрения реализации инвестиционных проектов реальным сектором экономики и населением;
- 1,33 млрд.кВт.ч – при увеличении потребления электроэнергии основным и вспомогательным оборудованием АЭС;
- 0,54 млрд.кВт.ч – при увеличении потребления на собственные нужды владельцами блок-станций, включая ВИЭ.

Для реализации мероприятий по режимной интеграции БелАЭС предусмотрено строительство высокоманевренных энергоисточников на базе ГТУ. В тоже время, для регулирования суточного графика

электропотребления планируется установка электрокотлов на ТЭС и на котельных энергосистемы.

Переход к низкоуглеродной энергетике в Республике Беларусь может быть осуществлен за счет сокращения выбросов парниковых газов в атмосферный воздух от стационарных энергоисточников (экономия может быть достигнута ежегодно в размере 7 млн. тонн). Снижение доли природного газа в производстве тепловой и электрической энергии должна составить 50 % в 2030 году при условии снижения на 10 % к уровню 2025 года. Отсутствие собственных ТЭР требует развития возобновляемой энергетики в республике. Уже к 2030 году доля ВИЭ в общем объеме ТЭР должна составить 8 %. Все эти мероприятия в целом могут обеспечить экономию ТЭР в республике около 310 тыс. т у.т. [60]

В условиях нестабильной макроэкономической ситуации, отсутствия в достаточном объеме собственных запасов (ТЭР) в республике необходимо активизировать работу по реализации государственной политики по повышению энергетической эффективности социально-экономического комплекса, предусматривающую жесткую экономию ТЭР, поэтапное снижение энергетических затрат на единицу производимой продукции, внедрение энергосберегающих технологий.

Сравнительный анализ индикаторов энергетической безопасности Республики Беларусь и Российской Федерации показал, что приоритетными для Российской Федерации являются показатели, характеризующие как интенсивность экспорта и добычи энергоресурсов, так и эффективность использования основных средств, участвующих в добыче и транспорте ресурсов. Для Республики Беларусь, страны-импортера энергоресурсов, индикаторами энергоресурсов являются показатели, характеризующие в целом энергетическую самостоятельность страны и направленные на повышение ее энергонезависимости.

Динамика потребления энергоресурсов за период 2015–2019 годы по Российской Федерации характеризуется стабильным устойчивым ростом. Однако, 2018 год отмечен резким ростом потребления энергоресурсов – 3,4 %. Энергоемкость ВВП Российской Федерации демонстрирует общемировой тренд на снижение. В 2017 г. (–4,30 %) и 2018 г. (–2,8 %) отмечены снижением уровня.

Анализ индикаторов энергетической безопасности Республики Беларусь и Российской Федерации позволил сделать вывод, что их состав во многом предопределен тем, является страна экспортером или импортером энергии.

Для поддержания стабильного уровня энергетической безопасности региона или страны в целом необходимо сформировать адаптивную систему управления, направленную на мониторинг, диагностику и разработку стратегической программы на средне- и долгосрочную перспективу. На первом этапе необходимо проводить мониторинг текущего состояния топливно-энергетического комплекса региона или страны. На этапе диагностики необходимо выявить внешние и внутренние угрозы, влияющие на уровень энергетической безопасности и разработать эффективные меры по их предупреждению. По мнению группы специалистов под руководством Н. И. Воропая «диагностическая картина энергетической безопасности может быть составлена на основании рассмотрения и оценки блоков, отражающих различные аспекты деятельности систем энергетики территории.

Целью классификации является установление уровня надежности и живучести последовательно по каждому блоку, и надежности и живучести топливо- и энергоснабжения в целом с отнесением состояния к определенному классу по степени тяжести (опасности или риск опасных последствий) [61]. Мониторинг состояния ТЭК страны или региона, а также проведенная диагностика угроз энергетической безопасности, позволят разработать на перспективу программу управления энергетической безопасностью.

Анализ индикаторов энергетической безопасности Российской Федерации и Республики Беларусь позволил установить следующее:

- предлагаемые 8 индикаторов, описывающих ТЭК региона Российской Федерации, не являются универсальными для всех регионов и не дают полного представления о складывающейся ситуации;

- 11 индикаторов энергетической безопасности Республики Беларусь не учитывают экологическую составляющую и уровень цифровизации и автоматизации в электроэнергетическом секторе республики;

- для РФ не учтена эффективность производства, передачи, распределения и потребления ТЭР;

- для РФ не учтены виды станций, работающих на не традиционном виде топлива (АЭС, ГЭС и ВИЭ и др.);
- для Республики Беларусь учтены объекты генерации, работающие на не традиционном топливе, в частности, ВИЭ;
- весовые коэффициенты, используемые для задания важности индикаторов в общей системе оценки, в РФ не универсальны;
- влияние отдельных угроз как в РФ, так и в Республике Беларусь, оценивается без учета их взаимовлияния;
- необходимо привлечение экспертной оценки на всех стадиях анализа.

Перечисленные недостатки в ряде случаев приводят к существенному искажению результатов оценки. Поэтому В. А. Савельевым и В. В. Батаевой было впервые предложено применить теорию риска сложных технических систем для оценки уязвимости ЭЭС региона к воздействию угроз энергетической безопасности, которая была апробирована на ряде регионов МРСК Центра и доказала свою целесообразность применения [62].

К основным факторам, ослабляющим энергетическую безопасность Республики Беларусь можно отнести: низкую обеспеченность собственными ТЭР, высокую энергоемкость национальной экономики, высокую долю природного газа в топливно-энергетическом балансе страны, импорт ТЭР преимущественно из одной страны (РФ), а также значительные затраты на импортируемые энергоресурсы. Поэтому при формировании комплексного плана развития электроэнергетической сферы до 2025 года с учетом ввода Белорусской атомной станции предусмотрены ряд подпрограмм, направленных по повышению уровня энергетической безопасности, в результате которых, в частности, доля газа в производстве тепловой и электрической энергии к 2020 году должна составить 70 %, а через 5 лет уровень должен быть доведен до 60 %.

2.3. Определение уровня энергетической безопасности предприятия энергетики

Для оценки уровня энергетической безопасности объекта генерации предлагается механизм управления ее оценкой и мониторингом, который способен обеспечить непрерывный контроль и регулирование индикаторов.

Укрупненно предложенный механизм имеет пять этапов реализации:

- закрепить на законодательном уровне единый алгоритм расчета коэффициентов, характеризующих энергетическую безопасность;

- разработать стратегию повышения уровня энергетической безопасности, в которой формулируются основные цели, для достижения которых конкретизируются намеченные задачи с обоснованием мероприятий и требуемых для их реализации инвестиций;

- определить основные угрозы для включения их в качестве общих и индивидуальных условий реализации предложенных мероприятий. Риски, вызовы и угрозы, которые носят индивидуальный характер, учитываются на местах и могут быть заранее учтены при формировании стратегии;

- для оптимальной адаптации мероприятий по повышению уровня энергетической безопасности на каждом отдельном объекте производится оценка существующего уровня на базе индикативного анализа;

- по результатам реализации мероприятий производится анализ их эффективности.

Последовательность мероприятий по определению уровня энергетической безопасности филиала и дальнейших действий, направленных на ее рост, приведена на рис. 2.13.

После завершения цикла, он повторяется заново: последний этап работы – мониторинг – включает подбор индикаторов и показателей, их сбор, систематизацию и анализ. Стоит обратить внимание, что на уровне предприятия будут отсутствовать группа показателей специфики политического, социального и экономического характера в связи с тем, что их воздействие возможно оценить только на макроуровне – энергетической безопасности государства. Таким образом, показатель энергобезопасности помогает определить шаги в развитии филиала и его эффективности [64].



Рис. 2.13. Механизм расчета и направления повышения уровня энергетической безопасности филиала

Источник: собственная разработка автора [63]

Индекс энергетической трилеммы подразумевает наличие специфических особенностей, которые воздействуют на энергетическую систему в целом. Поэтому данная группа

показателей не учитывается при расчете энергетической безопасности на микро- и мезоуровне: последствия влияния среды сказываются на других параметрах работы энергетических объектов одинаково.

Возникает проблема с оценкой доступности энергии на микроуровне. Это связано с тем, что процесс генерации отделен от реализации: электрические станции питают потребителей, в том время как тарифы и потребителей контролирует филиал Энергосбыт. Поэтому для оценки энергетической безопасности предприятия необходимо определить собственные группы идентификаторов, которые смогут охарактеризовать эффективность механизмов управления, процесса генерации и воздействие на экологию региона.

Для оценки уровня энергетической безопасности объекта генерации предлагаются к комплексной оценке следующие блоки (рис. 2.14):

На наш взгляд, для оценки уровня энергетической безопасности следует выделить следующие индикативные блоки:

- экологическая безопасность;
- структурно-режимный блок;
- обеспеченность технологического процесса;
- доступность чистой энергии;
- обеспеченность топливом.

К первому блоку относятся показатели, характеризующие воздействие на окружающую среду: объем выбросов в атмосферный воздух, доля среди них отходов наиболее опасных (IV класса опасности), степень компенсации суммы экологического налога за счет планируемых к освоению капитальных вложений.

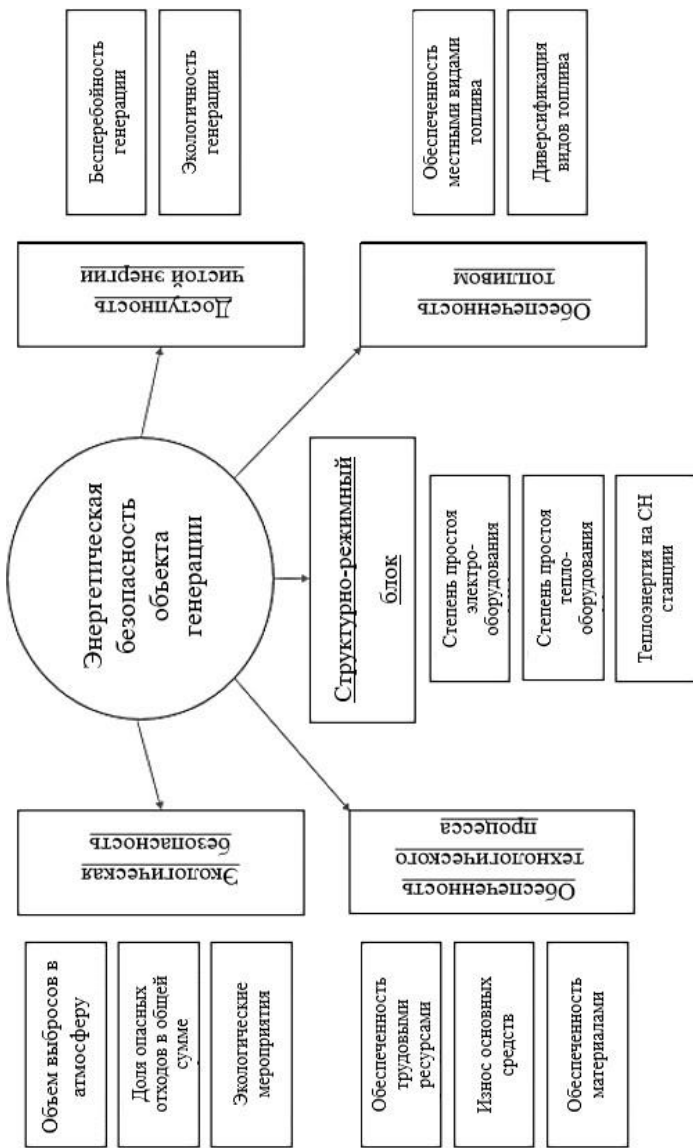


Рис. 2.14. Блоки и критерии оценки энергетической безопасности объекта генерации
 Источник: собственная разработка автора

Структурно-режимная группа показателей характеризует организацию использования имеющихся ресурсов. Важным в данной группе показателем будет степень использования основного оборудования к его установленной тепловой и электрической мощности. К этой группе также относится расход тепловой энергии на ее транспортировку для собственных нужд.

Обеспеченность технологического процесса связана с наличием и качеством используемых ресурсов. Сложность в эксплуатации электрогенерирующего оборудования вызывает необходимость в привлечении высококвалифицированных трудовых ресурсов, а растущий объем потребления энергии – в оснащении предприятия материалами, современным оборудованием и другими основными средствами.

Если в настоящих условиях нельзя оценить процесс передачи и распределения энергии, то для того, чтобы охарактеризовать ее доступность рассчитывается коэффициент бесперебойности работы самой станции по следующей формуле:

$$K_{\text{бесперебойности}} = \frac{D \cdot d_{\text{потр}}^{\text{обесточ}}}{T}, \quad (2.5)$$

где D – дни, в которые отсутствовала электроэнергия (кроме плановых отключений);

$d_{\text{потр}}^{\text{обесточ}}$ – доля домов, снабжаемых предприятием, на которые пришлось отключение энергии;

T – число календарных дней.

Доступность чистой энергии также будет характеризоваться долей природного газа в структуре топливных ресурсов генерирующего объекта, т. к. при сжигании газа практически не образуется вредных веществ, выходящих в атмосферу.

Топливные ресурсы предприятия характеризуются следующими факторами: обеспеченность местными видами топлива, диверсификация видов используемых ресурсов.

Опираясь на данные по структуре выбросов в атмосферный воздух. Задачу определения показателей упрощает то, что данные об объеме выбросов атмосфере и воды ежемесячно собираются и

подаются в Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды. В зависимости от объемов подбирается ставка экологического налога. Чтобы численно охарактеризовать влияние выбросов на энергетическую безопасность предприятия в целом, следует провести сравнение объема и при возможности качественного состава продуктов сгорания с нормативными значениями выбросов при сгорании определенного вида топлива и определить степень отклонения. Чем меньше результативное значение, тем выше эффективность системы фильтров. Показателем обеспечения экологической безопасности будет доля веществ наиболее высокого класса опасности в общем объеме выбросов, рассчитываемая по следующей формуле:

$$d_{\text{нов}} = \frac{V_{\text{I,II класс}}}{V_{\text{общ}}} \cdot 100 \%, \quad (2.6)$$

где $d_{\text{нов}}$ – доля наиболее опасных выбросов I, II класса опасности, %;

$V_{\text{I,II класс}}$ – объем выбросов I, II класса опасности, т;

$V_{\text{общ}}$ – общий объем выбросов.

$$d_{\text{нов}} = \frac{11,363}{82,155} \cdot 100 \% = 13,83 \%.$$

Оценка объема проведения экологических мероприятий проводится по сумме планируемых к освоению капитальных вложений, уменьшающих сумму экологического налога. Снижение стоимости налога происходит за счет высвобождения денежных средств на повышение экологичности работы предприятия в случае не превышения нормативных значений по выбросам в окружающую среду: стоимость налога на выбросы вычитается из суммы экологического налога и используется в качестве капитальных вложений. В 2023 г. данная сумма равна 22,054 тыс.руб. В результате сравнения капитальных вложений в экологические мероприятия с суммой вводимых в исследуемом периоде ОС вычисляется их доля в общей стоимости проводимых мероприятий (формула 2.7).

$$d_{\text{эм}} = \frac{C_{\text{эм}}}{C_{\text{вв ОС}}} \cdot 100 \%, \quad (2.7)$$

где $d_{эм}$ – доля экологических мероприятий в общей сумме вводимых ОС, %;

$C_{эм}$ – стоимость планируемых к освоению капитальных вложений, тыс.руб.;

$C_{вв\text{ ОС}}$ – стоимость вводимых за период ОС.

$$d_{эм} = \frac{22,054}{1276,1} \cdot 100 \% = 1,73 \%$$

Данный коэффициент трудно использовать в результирующей оценке, поэтому он носит вспомогательный характер. С помощью его можно контролировать реализацию мер по повышению экологичности процесса генерации при использовании действующего и внедрении нового оборудования.

Для характеристики блока обеспеченности процесса генерации необходимо оценить качество трудовых ресурсов. В качестве нормативного значения примем среднюю заработную плату работников, занятых снабжением электроэнергией, газом, паром, горячей водой и кондиционированным воздухом. Зная среднесписочную численность работников, можно рассчитать обеспеченность квалифицированным персоналом на предприятии по формуле 2.8:

$$I_{квал} = \frac{ЗП_{факт}}{ЗП_{норм}}, \quad (2.8)$$

где $I_{квал}$ – коэффициент квалификации работников;

$ЗП_{факт}$ – фактическая среднемесячная заработная плата 1 сотрудника, руб.;

$ЗП_{норм}$ – нормативная среднемесячная заработная плата 1 сотрудника, руб.

$$I_{квал} = \frac{1676,4}{1563,5} = 1,07 > 1.$$

Если коэффициент, как в данном случае, имеет значение больше 1, то работники имеют достаточную квалификацию для обеспечения эффективного использования оборудования и исполнения своих должностных обязанностей. В случае недостижения достаточного размера коэффициента следует прибегнуть к более подробному

анализу в разрезе цехов, управлений, лабораторий, должностей и др. Однако для такого анализа необходима более полная база нормативных величин. Значение коэффициента менее 1 сигнализирует о необходимости повышения уровня подготовки действующего персонала либо привлечения новых более квалифицированных сотрудников.

Степень износа оборудования в 2023 г. составила 56,6 %. При исчислении показателей, положительно влияющих на энергетическую безопасность, значения находятся в диапазоне от 0 до 1. Показатели, негативно влияющие на безопасность, например, степень износа основных средств предприятия, вычитаются от единицы.

Примем коэффициент обеспеченности материальными запасами равным 1, т. к. в исследуемый период не было перебоев с поставками топливных и других ресурсов, повлекших за собой убытки или приостановку работы.

Структурно-режимный блок в первую очередь можно охарактеризовать степенью вовлечения в производственный процесс основных средств. Оценка производится по отношению к электрической и тепловой мощности.

$$d_{\text{подкл } i} = \frac{H}{P_{\text{уст } i}}, \quad (2.9)$$

где $d_{\text{подкл } i}$ – доля подключенной нагрузки к установленной мощности i -го вида (тепловой или электрической);

H – подключенная нагрузка;

$P_{\text{уст } i}$ – установленная электрическая или тепловая мощность.

Так, использования электрической мощности составило 40 %, а тепловой энергии – 100 %. Для оценки использования располагаемых ресурсов можно оценить, какая доля производимой тепловой энергии отпускается с коллекторов станции и реализуется. Для этого производится расчет доли используемого на собственные нужды (СН) теплоэнергии и затем вычитается из 1.

$$d_{\text{ТЭ отп}} = \frac{Q_{\text{сн}}}{Q_{\text{отп}}}, \quad (2.10)$$

где $d_{\text{ТЭ отп}}$ – технологический расход на транспорт производство тепловой энергии, %;

$Q_{\text{сн}}$ – тепловая энергия, отпущенная на СН учетом потерь при транспортировке, Гкал;

$Q_{\text{отп}}$ – тепловая энергия, отпущенная потребителям, Гкал.

$$d_{\text{ТЭ отп}} = \left(\frac{12,301}{45,744} \right) \cdot 100 \%$$

Коэффициент бесперебойности в связи с отсутствием внеплановых отключений электроэнергии в 2023 г. равен 1.

Экологичность энергии, получаемой путем сжигания различных видов топлива, определяется как доля природного газа в общей структуре топливных ресурсов. На анализируемом объекте на природный газ приходится 2 % от общей суммы сжигаемого топлива.

Несмотря на достаточный низкий показатель экологичности сжигания ресурсов, происходит его компенсация за счет высокого показателя внедрения местных видов топлива, чья доля соответственно равна 98 % в структуре топливных ресурсов.

Исходя из того, что на оцениваемом предприятии используется 3 вида топлива, диверсификация ресурсов осуществляется на 50 %. Данное значение рассчитывается как отношение используемых видов топлива к потенциально возможным на территории региона.

При помощи полученных данных были определены значения основных индикаторов. Для определения общего влияния данных параметров на энергетическую безопасность предприятия необходимо воспользоваться формулой 2.11.

$$I_i = \frac{100 \%}{N} \sum_{i=1}^N I_i \quad (2.11)$$

где I_i – размер индикатора, оказывающего положительное влияние на уровень энергетической безопасности;

N – количество показателей в соответствующем блоке.

Первым этапом расчета обобщенной оценки энергетической безопасности является оценка безопасности по отдельным индикативным блокам (табл. 2.5).

Оценка уровня энергетической безопасности для блоков

Наименование блока	Расчетная формула	Пояснение	Оценка
Экологическая безопасность	$I_{\text{экол}} = \frac{100\%}{N_{\text{экол}}} \sum_{i=1}^N I_{\text{пр.стор.}}^{\text{пред}} + (1 - I_{\text{П}}),$	<p>где $N_{\text{экол}}$ – число параметров в экологическом блоке; $I_{\text{пр.стор.}}^{\text{пред}}$ – индикатор продуктов старения в пределах нормативных значений; $I_{\text{П}}$ – индикатор выбросов наиболее опасных групп.</p>	93,09%
Структурно-режимный блок	$I_{\text{СРБ}} = \frac{100\%}{N_{\text{СРБ}}} \sum_{i=1}^N (I_{\text{исп}}^{\text{ЭО}} + I_{\text{ТО}}^{\text{ТО}} + I_{\text{ТЭ}}^{\text{отп}}),$	<p>где $I_{\text{исп}}^{\text{ЭО}}$ и $I_{\text{ТО}}^{\text{ТО}}$ – индикатор использования электро- и теплооборудования; $I_{\text{ТЭ}}^{\text{отп}}$ – индикатор реализуемой энергии от общего объема ($I_{\text{ТЭ}}^{\text{отп}} = 1 - d_{\text{ТЭ}}^{\text{отп}}$).</p>	71,03%
Обеспеченность технологического процесса	$I_{\text{отп}} = \frac{100\%}{N_{\text{отп}}} \sum_{i=1}^N (I_{\text{обесп}}^{\text{MP}} + I_{\text{ост}}^{\text{ОС}} + I_{\text{квал}}^{\text{Иквал}}),$	<p>где $I_{\text{обесп}}^{\text{MP}}$ – индикатор обеспечения материальных запасов; $I_{\text{ост}}^{\text{ОС}}$ – индикатор остаточной стоимости основных средств ($I_{\text{ост}}^{\text{ОС}} = 1 - C_{\text{изв}}^{\text{ОС}}$); $I_{\text{квал}}^{\text{Иквал}}$ – индикатор квалификации сотрудников.</p>	81,13%
Доступность чистой энергии	$I_{\text{дчи}} = \frac{100\%}{N_{\text{дчи}}} \sum_{i=1}^N (I_{\text{беспереб.}}^{\text{MP}} + I_{\text{ЗК-ть}}^{\text{Газ}}),$	<p>где $I_{\text{беспереб.}}^{\text{MP}}$ – индикатор бесперебойности; $I_{\text{ЗК-ть}}^{\text{Газ}}$ – индикатор экологичности сжигаемого топлива.</p>	51,0%
Обеспеченность топливом	$I_{\text{от}} = \frac{100\%}{N_{\text{от}}} \sum_{i=1}^N (I_{\text{местн.топл.}}^{\text{MP}} + I_{\text{диверсиф.}}^{\text{Диверсиф.}}),$	<p>где $I_{\text{местн.топл.}}^{\text{MP}}$ – индикатор местных видов топлива в общем объеме ГЭР; $I_{\text{ЗК-ть}}^{\text{Диверсиф.}}$ – индикатор диверсификации используемых видов топлива из возможных.</p>	74,0%
Уровень энергетической безопасности предприятия	$I_{\text{ЭБ}} = \frac{\sum_{i=1}^N I_i}{N} \cdot 100\%,$	<p>где I_i – уровень энергетической безопасности предприятия; N – число индикативных блоков.</p>	74,05%

Источник: собственная разработка автора

Если принять влияние, оказываемое различными индикативными блоками равным, то:

$$I_{ЭБ} = \frac{\sum_{i=1}^N I_i}{N} \cdot 100 \% \quad (2.12)$$

Результирующее значение в оценке уровня энергетической безопасности составило 74,05 %. Для дальнейшей оценки необходимо воспользоваться пороговыми значениями, чтобы определить на каком уровне находится индекс энергетической безопасности, приведенными на рис. 2.15. Пороговые значения уровней формируются по величине уровня опасности, которой соответствует данный параметр.



Рис. 2.15. Пороговые значения для ранжирования уровня энергетической безопасности

Источник: [63]

Если сравнить полученное значение с пороговыми значениями состояний безопасности, то индекс находится в следующем диапазоне:

$$0,70 < 0,7405 < 0,9$$

Анализируемый объект генерации находится в начальном предкризисном состоянии. Это обусловлено недостатками структурно-режимного блока, топливно-энергетического комплекса. На данном уровне предприятию ничего не угрожает, однако стоит обратить внимание на существующие недостатки функционирования, чтобы предупредить переход к следующей стадии – предкризисное критическое состояние.

2.4. Анализ цифровизации энергосистемы Республики Беларусь в контексте повышения уровня энергетической безопасности

2.4.1. Экономическая целесообразность внедрения цифровых технологий в электроэнергетике

Одним из возможных вариантов повышения уровня энергетической безопасности страны является внедрение цифровых технологий, и, в первую очередь, в электроэнергетику.

Цифровизация активов электроэнергетики – это процесс перехода энергосистемы к ее управлению благодаря новым бизнес-моделям посредством внедрения инноваций в электрооборудование. Цифровые технологии широкодоступны, а их стоимость с каждым годом снижается экспоненциально, особенно в отношении датчиков и вспомогательного программного обеспечения.

Применительно к текущей структуре и работе энергосистемы в целом, цифровизация может обеспечить ряд улучшений, способствующих снижению затрат на существующие и новые проекты по всем типам генерации, техническим характеристикам и повышению конкурентоспособности.

Цифровизация в электроэнергетике носит широкомасштабный характер, включая сбор цифровых данных о состоянии и эффективности активов электроэнергетики, обработку информации через программные платформы и, в конечном итоге, управление активами в реальном времени, что приводит к повышению эффективности их использования (рис. 2.16).

В электроэнергетике цифровые датчики, которых может быть несколько тысяч на одной электростанции, предоставляют информацию в настоящем времени о состоянии различных компонентов электростанции (например, показания температуры), а также входные потоки (например, топливо, воздух или охлаждающая вода) и выходные потоки электроэнергии или выбросов.

В электрических сетях датчики характеризуют состояние линии электропередач в различных точках (например, температура, напряжение или ток). Эта информация может храниться или передаваться для использования в диспетчерском управлении.



Рис. 2.16. Цифровизация электроэнергетической отрасли

Источник: [65]

Датчики также могут собирать дополнительную информацию, такую как температура окружающей среды, что в сочетании с информацией внутри системы может обеспечить лучшее управление самой системой.

Например, высокие температуры окружающей среды могут увеличить физическую нагрузку на электростанции, фактор, который необходимо учитывать при эксплуатации решения о повышении или понижении мощности электростанции. Таким образом, цифровизация может снизить затраты на энергосистему следующими способами:

- снижение затрат на эксплуатацию и техническое обслуживание, что в свою очередь повлечет за собой снижение затрат на электроэнергию предприятиями и, в конечном итоге, стоимости электроэнергии для конечного потребителя;
- повышение эффективности электростанций и сетей;
- сокращение незапланированных отключений и простоев;
- продление срока эксплуатации активов, что снизит инвестиционную потребность энергосистемы;
- снижение уровня потерь, посредством удаленного мониторинга, что обеспечит уменьшение потребляемой электроэнергии для удовлетворения спроса;

- идентификация краж электроэнергии благодаря интеллектуальным счетчикам;
- снижение частоты незапланированных отключений;
- снижения время простоя за счет быстрого определения точки отказа, что снижает затраты и повышает устойчивость и надежность системы;
- сокращение оперативного персонала.

Помимо существенных возможностей цифровизации, стоит отметить и недостатки, которые потенциально могут возникнуть на базе изменений в процессе цифровизации электроэнергетики. Одним из недостатков является увеличения срока эксплуатации оборудования электростанций, работающих на ископаемом топливе. В этом случае, это может замедлить переход к более чистым источникам электроэнергии, что создает дополнительную проблему для ограничения выбросов CO₂ и местных выбросов.

Сложности с получением данных также могут стать серьезным препятствием для использования цифровых технологии для улучшения планирования функционирования энергосистемы. Доступ к информации от отдельных электростанций и сетевых операторов может быть затруднен в связи с высоким уровнем коммерческой конфиденциальности данных. Решение данной проблемы видится во введении требования о раскрытии информации регулирующими органами, которые защищают конфиденциальность. Однако, это вступает в противоречие с требованием информационной безопасности ключевых объектов экономики, к которым, в первую очередь, относятся объекты генерации и передающих сетей.

Проведем SWOT-анализ сильных и слабых сторон цифровизации электроэнергетического комплекса, а также возможностей и угроз со стороны внешнего окружения (рис. 2.17).

Рассмотрим более подробно барьеры на пути цифровизации электроэнергетического комплекса и сгруппируем их. Результаты анализа представлены на рис. 2.18.

<p>Сильные стороны</p> <ul style="list-style-type: none"> • снижение оперативных затрат; • обслуживание по фактическому состоянию ; • сокращение времени на проектирование; • уменьшение использования кабельной продукции 	<p>Слабые стороны</p> <ul style="list-style-type: none"> • сложность обеспечения информационной безопасности; • повышенная сложность работы с МЭК 61850
<p>Возможности</p> <ul style="list-style-type: none"> • протоколирование всех действия в журнале событий; • формирование единой удаленной системы диагностики. 	<p>Угрозы</p> <ul style="list-style-type: none"> • защита информации(действия хакеров); • нагрузка на бюджетную систему.

Рис. 2.17. SWOT-анализ цифровизации электроэнергетического комплекса
 Источник: собственная разработка автора

 <p>Цифровая инфраструктура</p>	 <p>Компетенции и люди</p>	 <p>Организация и культура</p>	 <p>Капитал и инвестиции</p>	 <p>Гос. политика и управление</p>
<p>Доступная физическая и виртуальная инфраструктура, необходимая для внедрения цифровых технологий и процессов в энергетическом секторе</p>	<p>Знания и навыки населения, включая наличие обученного персонала для поддержки цифровых инноваций, а также спрос на цифровые продукты/услуги в энергетике</p>	<p>Общее отношение игроков энергетического сектора к цифровизации – фокус на инновации, готовность менеджмента внедрять цифровые технологии и уровень сопротивления к изменениям</p>	<p>Наличие и безопасность инвестиций в цифровизацию энергетического сектора, включая частные и государственные инвестиции</p>	<p>Программы и нормативные акты для поддержки цифровой трансформации в энергетике. Наряду с заявленными целями и гос. поддержкой нужно обеспечить выполнение и реализацию</p>

Рис. 2.18. Барьеры для реализации комплекса мер по цифровизации электроэнергетического комплекса
 Источник: собственная разработка автора

Внедрение наиболее популярных направлений цифровизации электроэнергетического комплекса будет способствовать развитию и повышению уровня энергосбережения и энергоэффективности экономики страны (рис. 2.19).



Рис. 2.19. Направления энергосбережения и энергоэффективности, имеющие наибольший потенциал

Источник: собственная разработка автора

Таким образом, цифровизация электроэнергетической системы с технической стороны повышает энергобезопасность страны и конкурентоспособность энергосистемы на мировом рынке, с экономической – способствует снижению затрат на протяжении всего технологического цикла, а именно генерации, передачи и распределения.

2.4.2. Опыт цифровизации электроэнергетической системы ЕС

Энергетическая политика Европейского союза начала формироваться на рубеже 80–90-х годов в XX в. с процесса либерализации рынка электроэнергии и газа. Впервые Еврокомиссия обнародовала концепцию масштабных реформ рынков электроэнергии и газа еще в 1988 г. Однако практические мероприятия на этом направлении начались лишь десятилетие спустя, с принятием первой электрической директивы (1996) и первой газовой директивы (1998), носивших характер довольно ограниченного эксперимента.

В 2003 году на базе исследования, проведенного Европейской Комиссией с целью изучения проблем конкуренции на электроэнергетическом рынке Европейского Союза (ЕС) было выдвинуто предложение о необходимости объединения региональных операторов.

Европейское сообщество операторов магистральных сетей в области электроэнергетики (англ. ENTSO-E – European Network of Transmission System Operators for Electricity) было образовано 19 декабря 2008 года (начало свою работу 1 июля 2009 года) и в свою очередь объединило 6 региональных системных операторов (рис. 2.20):

- Объединение системных операторов Ирландии (ATSOI);
- Объединение системных операторов стран Балтии(BALTSO);
- Союз по организации и передаче электроэнергии(UCTE);
- Объединение системных операторов Великобритании (UCTSOA);
- Объединение системных операторов стран Скандинавии (NORDEL).

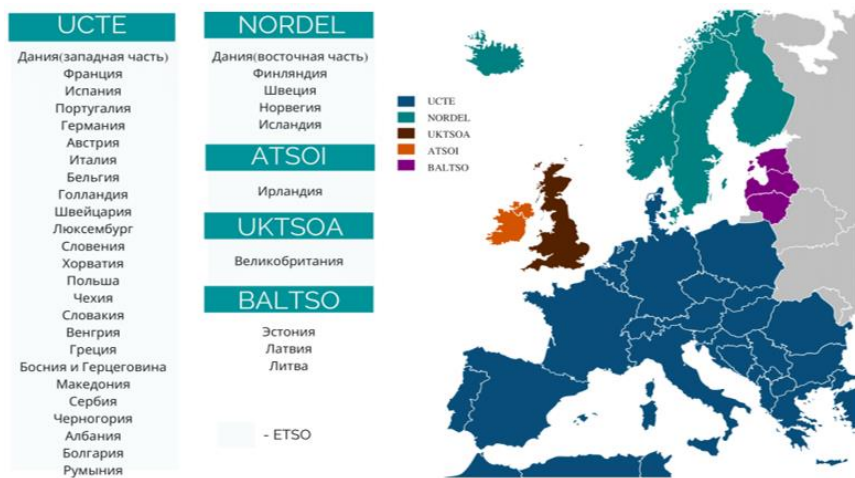


Рис. 2.20. Состав Европейского сообщества магистральных сетей в области электроэнергетики

Источник: [65]

ENTSO-E включает в себя 43 оператора систем передачи электроэнергии из 36 стран Европы, включая страны за пределами

ЕС. Албания и Турция являются последним участником, присоединившимися в марте 2017 года.

Целями ENTSO-E являются обеспечение тесного взаимодействия между региональными операторами для последующей реализации энергетической политики ЕС и Европейской политики в области энергетики и климата, интеграция возобновляемых источников энергии в европейскую энергетическую систему, развитие гибкости в управлении и клиентоориентированного подхода.

Одним из ключевых инструментов для реализации целей ENTSO-E является цифровизация электроэнергетического комплекса (табл. 2.6).

Таблица 2.6

Направления цифровизации ENTSO-E

Сектор	Задачи	Технологии
1	2	3
Производство	<ol style="list-style-type: none"> 1. Прогнозирование использования ветровой генерации, нахождения точки экстремума и оптимального плана использования. 2. Динамическое определение пропускной способности ЛЭП и улучшение инструментов прогнозирования для максимальной интеграции ветровой генерации 	BigData.
Передача и распределение	<ol style="list-style-type: none"> 1. Рост доли распределенной генерации. 2. Управление данными счетчиков в сетях низкого напряжения. 3. Объединение системных операторов посредством ИКТ. 4. Сокращение потерь в сетях. 	BigData; IT&OT; Машинное обучение.
Продажи и агрегаторы	<ol style="list-style-type: none"> 1. Расширение прав и возможностей участников рынка 	ИКТ; Блокчейн.

1	2	3
Потребители	1. Динамическое ценообразование. 2. Интеграция гибкого спроса на электроэнергию (ЭЭ). 3. Развитие электротраспорта. 4. SmartHouse\SmartGrid.	BigData; IoT; контроль спроса на ЭЭ.
Бизнес-модели	1. Системный оператор (англ. Distribution System Operator – DSO) как посредник на рынке. 2. Универсальная концепция интеллектуальной энергетики.	SmartProducts; BigData; IoT; 5G.

Источник: [66]

Таким образом, цифровизация энергетического сектора играет ключевую роль в модернизации единого энергетического рынка ЕС и обеспечивает:

- рост доли распределенной генерации;
- снижение эксплуатационных затрат;
- рост доли ВИЭ;
- развитие электротраспорта;
- создание механизма гибкого спроса на ЭЭ.

Все это способствует не только повышению энергобезопасности каждой страны-участницы ENTSO-E, но и повышению конкурентоспособности ENTSO-E как рынка на мировой арене в целом.

2.4.3. Опыт цифровизации электроэнергетической системы ЕАЭС

Особое внимание в политике Евразийского экономического союза уделяется формированию единого энергетического рынка. В рамках ЕАЭС разработана обширная нормативно-правовая база, которая регулирует создание и развитие единого энергетического рынка государств членов.

К базовым документам ЕАЭС в сфере энергетики относятся: Договор о ЕАЭС, раздел XX «Энергетика»; Приложение № 21 к Договору о ЕАЭС, Протокол об обеспечении доступа к услугам субъектов естественных монополий в сфере электроэнергетики, включая основы ценообразования и тарифной политики; Приложение № 22 к Договору о ЕАЭС Протокол о правилах доступа к услугам субъектов естественных монополий в сфере транспортировки газа по газотранспортным системам, включая основы ценообразования и тарифной политики; Приложение № 23 к Договору о ЕАЭС Протокол о порядке организации, управления, функционирования и развития общих рынков нефти и нефтепродуктов; Концепция общего электроэнергетического рынка ЕАЭС.

Цифровизация электроэнергетического комплекса является одним из приоритетных направлений программы развития ЕАЭС, где выделяются следующие существующие и перспективные технологии (табл. 2.7).

Перспективные направления цифровизации энергетики стран ЕАЭС представлены в табл. 2.8.

Таким образом, основная цель цифровизации – это повышение эффективности работы всего электроэнергетического комплекса и рыночных механизмов с реальным положительным эффектом для потребителей и энергосистемы в целом. Однако нельзя допустить, чтобы цифровизация превратилась в длительную реализацию дорогостоящих проектов, не имеющих ощутимых эффектов, и тем самым дискредитировала себя в глазах потребителей. Поэтому необходимо определить приоритетные направления, внедрение которых повысит эффективность работы энергосистемы и скорость ликвидации аварий, снизит издержки, улучшит показатели надежности.

Цель цифровизации – повышение эффективности и энергобезопасности топливно-энергетического комплекса посредством внедрения цифровых технологий в процесс производства, передачи, распределения и сбыта электроэнергии, а также адаптация новых бизнес-процессов в отрасли [65; 67].

Таблица 2.7

Существующие технологии в электроэнергетике

Технологии	Существующие (2019–2024 гг.)	Перспективные (2025–2030 гг.)
1 Информационные системы управления	2 ADMS-системы с поддержкой функционала: SCADA, DMS, EMS, OMS, GIS, AMI, WFM, базирующиеся на модели сети с процессором топологий.	3 Сетецентрические двухконтурные онлайн и офлайн системы поддержки принятия решений(включая цифровое проектирование)сетевые компании, основанные на онтологии и бизнес-процессов деятельности и математической модели сети элементы искусственного интеллекта (включая предиктивную риск-ориентированную аналитику).

1	2	3
Цифровые подстанции	<p>Разнообразные архитектуры форм вторичных цепей и автоматических систем защиты (централизованная, распределенная, комбинированная) протокола МЭК 61850. Преимущественно с традиционной архитектурой вторичных цепей. На существующих технических решениях в части коммутационного, измерительного и распределительного оборудования, терминалов защитных и автоматических.</p>	<p>Компактные Plug-n-Play центры питания, работающие преимущественно с применением цифровых каналов связи. Вероятно, иной архитектуры по первичным цепям, не требующие специальной длительной наладки при вводе в эксплуатацию, выполненные по цифровым проектам. Имеющие в своем составе интеллектуальное коммутационное оборудование, цифровые системы измерений и контроллеры присоединений интегрированные функции защит и автоматики, учета и передачи данных), вероятно не требующие индивидуальной настройки системы предиктивной диагностики.</p>

Продолжение таблицы 2.7

1	2	3
<p>Системы автоматизации процессов ликвидации аварий воздушных (кабельных) сетей</p>	<p>Преимущественно распределенная автоматизация воздушных сетей с применением автоматических пунктов секционирования, управляемых разъединителей и индикаторов короткого замыкания. Централизованная (с применением индикаторов аварийных событий) автоматизация кабельных сетей. С интеграцией в ADMS-системы.</p>	<p>Адаптивные автокластерные (состоящие из элементарных автоматизированных ячеек) сети оптимальной топологии, рассчитанной с применением цифровых моделей сети, с интеллектуальными автоматическими устройствами (не требующими индивидуаль-ных настроек), а также неавтоматическими, обслуживаемыми делителями сети, интегрируемые в онлайн и офлайн системы поддержки принятия решений.</p>

1	2	3
Интеллектуальные системы учета и энергомониторинга	Системы АИИС КУЭ (АМИ) и интеллектуальные приборы учета электроэнергии. Системы энергомониторинга узлов нагрузки на границах балансовой принадлежности и узлах нагрузки сетей. С интеграцией в соответствующие задачи ADMS-систем.	Интеллектуальные системы энергомониторинга и управления энергопотреблением. Измерительные контроллеры на уровне конечных потребителей, поддерживающие технологии промышленного интернета вещей (в части передачи данных), с интеграцией в онлайн и офлайн системы поддержки принятия решений, а также, вероятно, технологии распределенных реестров для реализации смарт-контрактов. Измерительные контроллеры энергомониторинга.

Источник: [67]

Таблица 2.8

Перспективные технологии в электроэнергетике

Технология	Влияние	Эффект
1	2	3
Онтологические модели деятельности	Постепенная цифровизация деятельности по основному бизнес-процессу самой компании.	Снижение себестоимости всех бизнес-процессов компании
Цифровые двойники (Digital Shadows)	В рамках развития онлайн и офлайн систем поддержки принятия решений создание математических моделей сети, объектов, процессов и т. д.	Снижение операционных затрат и развитие новых видов бизнеса для компании
Промышленный интернет вещей (IoT)	Существенное снижение CAPEX и OPEX на сбор данных от удаленных объектов и устройств в сети.	Снижение операционных затрат и развитие новых видов бизнеса для компании
Большие данные (Big Data)	Существенное повышение прозрачности деятельности, качественное насыщение данными онлайн и офлайн систем поддержки принятия решений.	Оптимальность принятия решений по оперативной и перспективной обстановке. Дополнительные эффекты за счет более полной обработки технологических и корпоративных данных.

1	2	3
<p>Машинное обучение (Machine Learning)</p>	<p>Автоматизированная обработка массив данных в рамках задач онлайн и офлайн систем поддержки принятия решений при наличии соответствующих математических алгоритмов.</p>	<p>Оптимальность принятия решений по оперативной и перспективной деятельности.</p>
<p>Распределенные реестры (Blockchain)</p>	<p>Исключение посредников в цепочке реализации кВт·ч до конечного потребителя, переход на автоматизированные smart-контракты, развитие сервис для активных потребителей и распределенной энергетики.</p>	<p>Развитие новых видов сервисов (бизнеса) сетевых компаний для субъектов рынка.</p>

Источник: [67]

Задачи цифровизации:

- сокращение затрат посредством автоматизации повторяющихся рутинных действий;
- повышение качества обслуживания;
- снижение травматизма на предприятиях электроэнергетического комплекса;
- снижение трудозатрат на всем цикле жизнедеятельности отрасли;
- повышение гибкости электроэнергетического комплекса посредством возможности интеграции возобновляемых источников электроэнергии с дальнейшим упрощением регулирования суточного графика нагрузки.

Можно выделить следующие группы цифровых технологий: интернет вещей, искусственный интеллект, системы распределенного реестра, квантовые технологии, новые производственные технологии, робототехника и сенсорика, технология виртуальной и дополненной реальности.

Интернет вещей представляет собой систему взаимодействия объектов оборудования в цифровом и натуральном выражении и человека, с последующей возможностью передачи данных по сети без необходимости связи человек-человек. Т. е. интернет вещей цифровых технологий в контексте электроэнергетического комплекса может позволить перейти системе от централизованной системы к распределенной.

Искусственный интеллект представляет собой имитацию человеческого мышления/поведения с дальнейшим выполнением конкретно поставленных задач.

В электроэнергетическом комплексе искусственный интеллект используется для оптимизации энергосетей путем управления потоками поставки электроэнергии во всем цикле.

Система распределенного реестра позволяет в отличие от привычного централизованного хранения данных использовать независимые компьютеры для записи данных, общего их использования и синхронизации сделок в соответствующих электронных реестрах. Примером реализации распределенного реестра является блокчейн [68].

Для электроэнергетического комплекса можно выделить следующие технологии в рамках данной группы технологий: цифровые платежи; сертификация энергетических «продуктов», внедрение ВИЭ, развитие микросетей, образование единой платформы ЖКХ, оптовая торговля электроэнергией, использование smart-контрактов для взаимодействия с потребителем, система векторных измерений.

Квантовые технологии в электроэнергетическом комплексе или квантовые вычисления и квантовые коммуникации. Квантовые коммуникации позволят обеспечить передачу данных более безопасно и с большей скоростью, в свою очередь квантовые вычисления на основе квантовой коммуникации позволят упростить принятие стратегически важных решений в будущем таких как строительство дополнительных блоков станций, формирование суточной нагрузки и т. д.

Новые производственные технологии или производство элементов оборудования без принятия физического присутствия человека при непосредственном их создании – «машина создает машину» - значительно снижает уровень брака на производстве и трудозатраты.

Робототехника и сенсорика – это группа – технологий, которая занимается проектированием, строительством и эксплуатацией роботов. Так в электроэнергетическом комплексе робототехника и сенсорика представляет собой роботизированную диагностику инфраструктуры, которая позволяет упрощать эксплуатации и техническое обслуживание оборудования на предприятиях электроэнергетического комплекса.

К технологиям виртуальной и дополненной реальности относятся BIM-технологии и VR-тестировочные базы.

Кросс-отраслевая экосистема – это механизм координации субъектов отрасли, в данном случае электроэнергетического комплекса. Можно выделить следующие технологии в экосистеме: моделирование и прогнозирование параметров энергообъектов с помощью цифровых двойников, распределительная система накопителей энергии, управление спросом и нагрузкой, защита данных и оборудование от кибер-угроз, автоматизация и стандартизация процессов, повышение эффективности производственного персонала.

Для дальнейшей создания классификации цифровых технологий электроэнергетического комплекса необходимо сформировать алгоритм взаимосвязи данных технологий характерный для отрасли (рис. 2.21).



Рис. 2.21. Алгоритм взаимосвязи цифровых технологий в контексте электроэнергетического комплекса

Источник: [49; 65; 68; 71]

Выделим основные компоненты цифровизации электроэнергетического комплекса:

1. Данные. Интерпретация получаемой информации на каждом этапе должна отвечать таким принципам как достоверность, надежность, возможность последующей их апробации и проведению предикативного анализа.

2. Активы или физические объекты электроэнергетического комплекса, которые непосредственно участвуют в производстве и передаче электроэнергии.

3. Взаимодействие на протяжении всего цикла производства, передачи, распределения и сбыта электроэнергии.

4. Гибкость энергосистемы позволяет упростить интеграцию активов, а также отслеживать ценообразование конечного продукта.

Таким образом, объединив все вышеперечисленное, получаем алгоритм взаимосвязи цифровых технологий в контексте электроэнергетического комплекса.

Рассмотрим данный алгоритм в контексте цикла жизнедеятельности энергосистемы, а именно в контексте производства, передачи, распределения и сбыта электроэнергии (рис. 2.22).

В группу производство электроэнергии входят такие технологии, как:

- сертификация конечного продукта, то есть обеспечение его качества;
- виртуальная электростанция – это распределенная энергосистема, а именно объединение децентрализованных поставщиков-потребителей;
- предикативная аналитика, то есть на основе Big Data прогнозирование спроса на электроэнергию и в последствии формирование графиков нагрузки, так же к данному пункту относится и АСМД активов;
- цифровизация деятельности производственного персонала.

Технологии передачи и распределения электроэнергии: CIM или набор стандартов принятых Международной Электротехнической Комиссией (МЭК 61970, МЭК 61968, МЭК 62325), данные стандарты направлены на регламентацию взаимодействия между элементами электроэнергетического комплекса; активно-адаптивные сети, благодаря ним активы энергосистемы будут способны поддерживать непрерывную связь с конечным потребителем электроэнергии; предикативная аналитика в данном пункте будет направлена на техническое обслуживание и ремонты сетей при помощи АСМД; цифровизация деятельности производственного персонала.

Сбыт и потребление включает следующие технологии: цифровые платежи; управление спросом, т. е. в децентрализованной системе потребитель будет сам выбирать поставщика электроэнергии; smart дома/города с собственными источниками производства электроэнергии; vehicle to grid или возможность подключение электромобиля в сеть как для подзарядки, так и обратной отдачи электроэнергии в сеть, тем самым участвуя в управлении спросом на электроэнергию; чат-боты для обслуживания клиентов, т. е. взаимодействие с потребителем в реальном режиме времени.

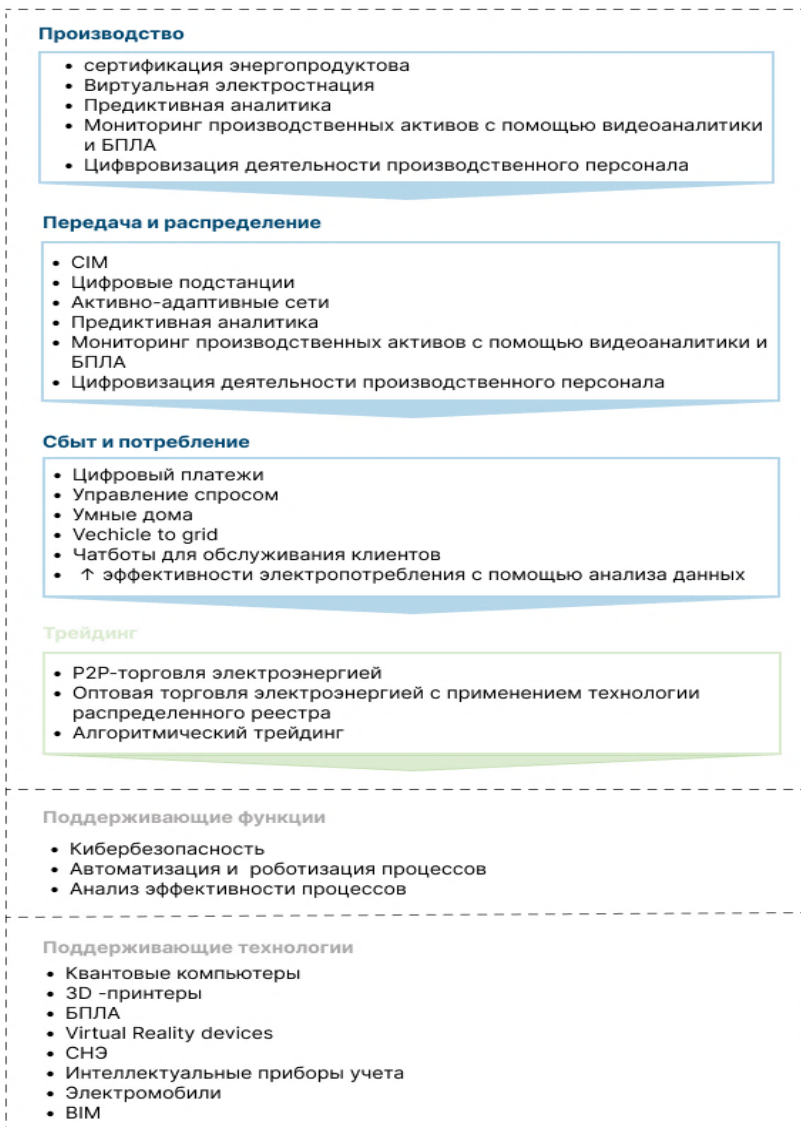


Рис. 2.22. Классификация цифровых технологий электроэнергетического комплекса по стадиям производства электроэнергии

Источник: [67; 71]

При оптовой модели торговли электроэнергией на стадии трейдинга можно выделить такие технологии, как Р2Р-торговля электроэнергией; оптовая торговля электроэнергией с применением распределенного реестра, т. е. возможность управления рисками; алгоритмический трейдинг.

В контексте цифровизации электроэнергетического комплекса и ее классификации необходимо выделить поддерживающие функции и технологии.

Поддерживающие функции – это обеспечение кибербезопасности, автоматизация и роботизация процессов и последующий анализ эффективности процессов в контексте цифровизации.

Поддерживающие технологии – квантовые технологии, 3D-принтеры, беспилотные летательные аппараты (БПЛА), система накопления электроэнергии, интеллектуальные приборы учета, электромобили, ВИМ-технологии.

Исходя из проведенного анализа можно сделать вывод о том, что цифровизация электроэнергетики, с технической стороны позволит повысить энергобезопасность страны и конкурентоспособность энергосистемы на мировом рынке, с экономической – способствует снижению затрат на протяжении всего технологического цикла, а именно генерации, передачи и распределения, то есть цифровизация электроэнергетического комплекса будет способствовать выполнению целей устойчивого развития стран-участниц ЕАЭС [65; 66].

Для детализированной оценки уровня цифровизации электроэнергетической отрасли целесообразно создание индикатора цифровизации электроэнергетического комплекса с субиндексацией по стадиям технологического цикла и учетом оценки поддерживающих функций и технологий [71].

2.4.4. Реализация концепции цифровизации электроэнергетического комплекса Республики Беларусь

Энергетика в настоящее время находится на пороге больших изменений. Нарастающий износ энергетической инфраструктуры, вовлечение в оборот распределенных энергетических ресурсов (в т. ч. возобновляемых), рост спроса на энергию и изменение качественных характеристик спроса, изменение модели поведения потребителей –

все это задает необходимость перехода к следующему энергетическому укладу. Новый технологический пакет, включающий передовые энергетические, информационно-коммуникационные и социальные технологии полностью сформируется в течение ближайших 5 лет и будет определять технологический профиль рынков оборудования, программных систем, инжиниринга и сервисов в энергетике. В Республики Беларусь есть определенные предпосылки (научные разработки, профильные стартапы, развитые инфраструктура и механизмы поддержки инновационных компаний, амбициозные бизнес-компании) для занятия на новых глобальных рынках существенных позиций. Не менее важно то, что распространение в Республике Беларусь решений на основе нового технологического пакета позволит решить ряд проблем эффективности функционирования и развития энергетики, ее национальной безопасности.

Основной целью цифровой трансформации организаций ГПО «Белэнерго» является создание условий для повышения надежности, технологической, экономической и организационно-структурной эффективности функционирования электроэнергетики путем внедрения передовых информационных технологий в процессы, протекающие в энергетической отрасли.

Для достижения данной цели должны быть решены следующие ключевые задачи цифрового развития:

- совершенствование механизмов отраслевого управления с применением платформенных и кросс-платформенных решений;
- цифровая трансформация электроэнергетики;
- автоматизация внутренних и внешних бизнес-процессов организаций энергосистемы (закупка товаров (работ, услуг) и мониторинг складских запасов, система менеджмента качества, кадровая работа, формирование и подача отчетных данных и другое);
- внедрение информационных технологий в управление межгосударственными интеграционными процессами и организация межгосударственного информационного взаимодействия;
- обеспечение защиты данных граждан;
- реализация схемы развития магистральной сети волоконно-оптической и радиорелейной связи до 2030 года и выполнение планов модернизации и развития транспортной сети связи ОЭС Беларуси.

На данный момент цифровизация энергосистемы Республики Беларусь осуществляется в следующих направлениях: «умные сети», АСУТП, АСКУЭ, телемеханика.

Проведем анализ Программы финансирования мероприятий ГПО «Белэнерго» до 2025 г (табл. 2.9).

Таблица 2.9

Программа финансирования ГПО «Белэнерго» на 2021–2022 г
в разрезе мероприятий

Программы	2021	2022	2023	2024	2025
Все мероприятия Программы ГПО «Белэнерго», тыс. руб. с НДС	1654457	1752366	1833218	1825458	2044854
Цифровизация, АСУ, сети связи, тыс. руб. с НДС	64791	65076	67399,5	71210	53125,8
Цифровизация, АСУ, сети связи, %	3,92 %	3,71 %	3,68 %	3,90 %	2,60 %

Источник: [46; 47]

Из табл. 2.10 видно, что до 2024 года видна динамика на увеличения выделяемых средств для финансирования направления цифровизации энергосистемы Республики Беларусь, в 2025 году же наблюдается существенное снижение выделяемых средств. Для более детальной оценки рассмотрим Программу финансирования ГПО «Белэнерго» в разрезе РУП-Облэнерго (табл. 2.10).

Таблица 2.10

Программа финансирования ГПО «Белэнерго» на 2021–2025 г
в разрезе РУП-облэнерго

РУП-Облэнерго	Всего	2022	2023	2024	2025
РУП «Брестэнерго»	30 796	7 562	6 213	4 875	4 875
РУП Витебскэнерго»	32 818	5 800	7 450	17 237	7 665
РУП «Гомельэнерго»	50 990	10 732	12 537	9 948	1 329
РУП «Гродноэнерго»	23 036	4 782	3 000	3 000	3 000
РУП «Минскэнерго»	126 239	30 000	30 000	30 000	29 557
РУП «Могилевэнерго»	31 990	6 200	8 200	6 150	6 700

Источник: [46; 47]

Для наглядности построим графики по табл. 2.10 (рис. 2.23 и 2.24) .

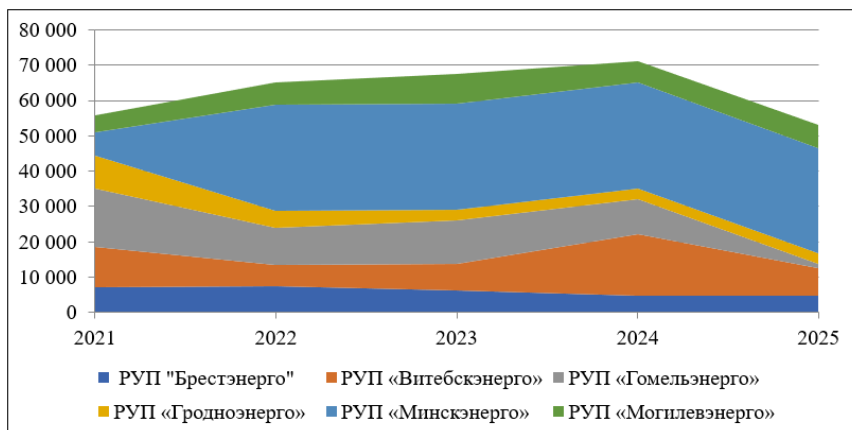


Рис. 2.23. Структура финансирования направления цифровизации РУП-облэнерго по года

Источник: собственная разработка автора

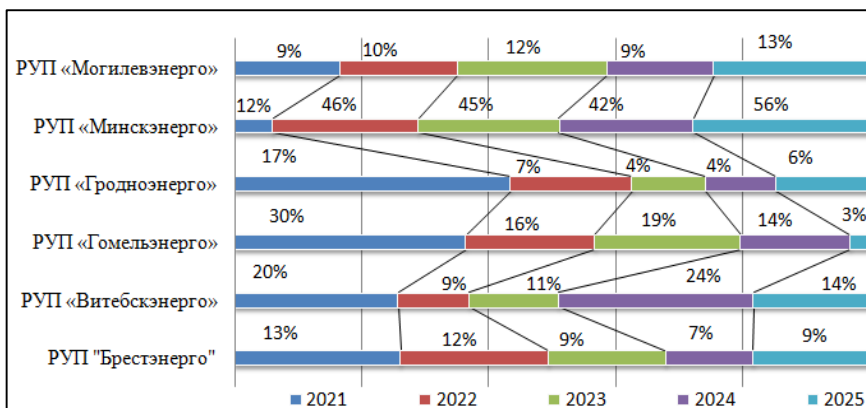


Рис. 2.24. Детальная структура финансирования направления цифровизации РУП-облэнерго по годам

Источник: собственная разработка автора

Таким образом, программа финансирования ГПО «Белэнерго» в разрезе направления цифровизации энергосистемы предусматривает выделение средств на 5 лет в размере 321602,3 тыс. руб. Основная доля данных средств предназначена для финансирования РУП «Минскэнерго» и составляет за 5 лет 42,96 %. Далее следует РУП «Гомельэнерго» – 17,35 %, РУП «Могилевэнерго» – 10,89 % (модернизация средств связи и телемеханики РЭС, Строительство радиорелейной линии связи база Кировского РЭС-база Кличевского РЭС, строительство радиорелейной линии связи «Бельничский РЭС – Круглянский РЭС», реконструкция подстанции 330/220/110/35 кВ «Мирадино» Могилевской области. 2-я очередь, корректировка, реконструкция локальной вычислительной сети комплекса зданий по ул. Бонч-Бруевича, 3 в г. Могилеве, автоматизация тепловых сетей, модернизация средств расчетного учета электрической энергии (внедрение АСКУЭ-быт)), РУП «Гродноэнерго» (модернизация АСУТП ТГ ст. № 3 и вспомогательных узлов главного корпуса на Лидской ТЭЦ.) и РУП Витебскэнерго» (замена автоматизированной системы управления блоков ПГУ на Оршанской ТЭЦ, автоматизированная система диспетчерского контроля и управления РТС ОТЭЦ (АСДКУ РТС ОТЭЦ), 1–10 очереди, автоматизация районов электрических сетей с модернизацией устройств ТМ, РЗА и диспетчерских

щитов, Автоматизация РЭС с установкой реклоузеров, подключение дополнительной нагрузки к автоматике сечения Беларусь-Смоленск (САОН АСБС) с выделением очередей строительства, строительство системы автоматического регулирования частоты и перетоков мощности в Белорусской энергосистеме. 11-я, 12-я очередь – 10,48 %, РУП «Брестэнерго» – 7,48 % (реконструкция диспетчерских сетей Каменецкого РЭС, модернизация АСКУЭ и приборов учета, установка мониторингов выбросов, автоматизация сетей электроснабжения (в т. ч. реклоузеры).

Цифровизация электроэнергетики республики является основой для вхождения в общий рынок энергии и мощности стран-участниц ЕАЭС.

ГЛАВА 3. ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ РИСКОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

3.1. Понятие риска для энергетических предприятий

Риски сопровождают функционирование любой организации вне зависимости от того, к какому виду экономической деятельности она относится. Механизм возникновения самого риска одинаков для всех организаций, однако степень влияния рисков на деятельность организации может в значительной мере отличаться в зависимости от специфики внутренних и внешних факторов, связанных с особенностями технологических процессов. Энергетика является ведущим производственным видом экономической деятельности, осуществляющим выработку и передачу тепловой и электрической энергии, необходимой для функционирования любой организации, а также для жизнедеятельности населения. Переход энергетики Республики Беларусь от чистой монополии к конкурентному рынку потребует от энергетических предприятий умения распознавать риски и управлять ими. В связи с этим был проведен анализ генезиса понятия «риск».

Исследование влияния различных рисков на функционирование организаций ведется на протяжении многих лет. Однако до сих пор не существует единого подхода к определению понятия «риск». Связано это, прежде всего, с тем, что риск – это многогранная категория. Понятие «риск» встречается в философии, психологии, медицине и других науках.

Для того чтобы лучше понять сущность риска, необходимо обратиться к этимологии слова «риск». По мнению Н. Фадейкиной и И. Демчука, «источником термина «risk» могут служить несколько древних слов из разных европейских языков:

- французские «risqué» (сомнительный) и «risdoe» (угроза, рисковать);
- итальянские «risiko» (опасность, угроза) и «risicare» (посметь, отважиться);
- греческое «ridsikon, ridsa» (скала, утес; объезжать скалу, утес);
- латинское «rescum», обозначающее непредсказуемость, опасность или то, что разрушает.

В Европе термин «risk» встречается в средневековых источниках и главная сфера его применения – мореплавание и морская торговля» [72]. Принято считать, что именно от этого и возникло первое значение глагола «рисковать», а именно объезжать утес, скалу, лавировать между скал.

Понятие риска в теорию рыночных отношений впервые ввел французский экономист Р. Кантильон [73], который рассматривал риск как свойство любой торговой деятельности, ведущейся по правилам конкуренции. Прибыли и потери торговца он оценивал как следствие неопределенности и риска.

В истории развития понятия «риск» принято выделять классическую и неоклассическую теории. Классическая теория риска, у истоков которой стояли Дж. Милль и И. У. Сениор [74], приравнивают риск к математическому ожиданию потерь из-за выбора того или иного решения, т. е. риск представляет собой ущерб вследствие осуществления данного решения.

Основоположниками неоклассической теории риска являются экономисты А. Маршалл и А. Пигу [75]. Суть данной теории заключается в том, что предприниматель, отдавая предпочтения одному из альтернативных решений, должен руководствоваться двумя критериями: величиной ожидаемой прибыли и размерами ее возможных колебаний вокруг среднего значения.

Однако перечисленные подходы не учитывают личного отношения предпринимателя к риску. Впервые свое внимание на этот факт обратил внимание Дж. М. Кейнс [76]. Он пишет об «издержках риска» и их покрытии и считает целесообразным учитывать в экономических процессах три основных вида рисков: риск предпринимателя или заемщика, риск кредитора и риск, связанный с возможным уменьшением ценности денежной единицы. В Приложении В приведены некоторые трактовки понятия «риск».

Анализ работ авторов, занимающихся проблемами рисков [74; 77–102], показывает, что в большинстве источников указывается на двойственный характер риска. Большинство исследователей характеризуют риск не только с точки зрения неопределенности наступления событий, но и с точки зрения наличия для экономического субъекта определенных последствий наступления таких событий. В рамках данного подхода можно выделить два основных типа определений.

Классически понятие «риск» учеными рассматривается как наступление нежелательного, негативного события. Так, по мнению Дж. Милля, И. У. Сениора, «классическая теория предпринимательского риска, отождествляет риск с математическим ожиданием потерь из-за выбора того или иного решения, т. е. риск представляет собой ущерб вследствие осуществления данного решения» [74]. Е. J. Vaughan в свою очередь уточняет, что «риск – это гипотетическая возможность наступления ущерба (страхового случая)» [77]. Российский автор И. В. Хохлов отмечает, как и Е. J. Vaughan, что риск – это «возможность или вероятность возникновения ущерба или вреда» [81]. Такого же мнения придерживается и Дж. Ван Хорн, автор книги «Основы управления финансами», который понимает риск как «вероятность неблагоприятного исхода» [78].

Российским ученым И. Т. Балабановым уточняется, что риск может возникнуть как по вине нерегулируемых действий (природа), так и в результате действия индивида [80]. Известный российский специалист по риск-менеджменту И. А. Бланк дает более развернутое понятие риска, дополняя его «возможной вероятностью потери части дохода или капитала предприятием при осуществлении финансово-хозяйственной деятельности в условиях неопределенности внешней и внутренней среды» [79]. Определение, данное С. В. Можяевой, практически созвучно определению И. А. Бланка с некоторой детализацией, что, кроме вероятностной потери организацией своих доходов, появляются и «дополнительные расходы в результате выбранной финансовой политики» [99].

Современный этап развития экономики позволил группе авторов П. Г. Грабову, С. Я. Петровой и К. Г. Романовой расширить понятие риска, данное И. А. Бланком и С. В. Можяевой, как «вероятность потери предприятием не только доходов и появления дополнительных расходов», но и «части своих ресурсов», в результате осуществления не только финансовой, но и определенной производственной деятельности [82]. Л. А. Миэринь дополняет, что риск вызывает и вероятность, в том числе, и недополучения части прибыли [84].

О. Ренн в своем исследовании риска пришел к выводу, что природа риска гораздо шире, и говорит уже не только о вероятностных финансовых потерях для предприятия, но и о возможной потере «политических и социальных ресурсов» [83].

Р. Т. Юлдашев рассматривает риск с точки зрения возможной компенсации (страхования) его неблагоприятного воздействия и определяет риск как «вероятность понести убыток или упустить выгоду» [87].

Неопределенность финансовой деятельности субъекта бизнеса позволила некоторым зарубежным исследователям рассматривать риск именно с этой точки зрения. Так, Дж. П. Морган определяет риск как «неопределенность финансовых результатов в будущем» [87].

Такие авторы, как А. А. Титович, Э. А. Уткин, Л. Галиц, делают акцент на вероятностном исходе события в деятельности организации [93; 97; 98].

В. М. Гранатуров, рассматривая риск как «объективно-субъективную экономическую категорию», уточняет, что это результат воздействия на объект комбинации как «ряда объективных и (или) субъективных факторов, которые не учитывались при его планировании» [91].

Ряд авторов определяют риск «как деятельность, связанную с выбором» и обращают внимание на возможность получения количественной и качественной оценки вероятности достижения предполагаемого результата (А. П. Альгин) [94]. Н. З. Хаймурзина в рамках диссертационного исследования, посвященного проблемам управления рисками в условиях неравновесной экономики, уточняет, что риск является «фактором качественного изменения характеристик системы» [95].

Однако ряд авторов предполагают, что рисковое событие не всегда связано с потерями для бизнеса, поэтому говорят как о негативной природе влияния риска на бизнес, так и позитивной. Например, российские авторы М. Г. Лапуста и Л. Г. Шаршукова считают, что риск «характеризуется сочетанием возможности достижения как нежелательных, так и особо благоприятных отклонений от запланированных результатов» [90].

А. Г. Ивасенко, рассматривая факторы проявления риска, отмечает, что «сущность риска состоит в возможности отклонения полученного результата от запланированного» и оно не всегда отрицательное. Поэтому в дальнейшем он уточняет, что «можно говорить не только о риске потерь, но и о риске выгоды» [92].

Белорусский ученый Л. Ф. Догиль, рассматривая комплексно риски организации в условиях неопределенности, справедливо замечает, что они присущи всей деятельности организации, как «связанной с производством продукции, товаров, услуг, их реализацией, товарно-денежными и финансовыми операциями, коммерцией, осуществлением социально-экономических и научно-технических проектов» [89].

Таким образом, авторы, придерживающиеся первого типа определения рассматриваемого понятия, относят к категории риска вероятность наступления события, приводящего к нежелательным результатам. К авторам данной группы можно отнести ранее упоминаемых Дж. Милль и И. У. Сениор, а также Дж. Ван Хорна, Е. Дж. Ваугхама, О. Ренна, И. А. Бланка, И. Т. Балабанова. Эти авторы отождествляют риски именно с опасностью потери различных ценностей, тогда как И. В. Хохлов, С. В. Можаяева, П. Г. Грабовый, С. Я. Петрова, К. Г. Романова, Л. А. Миэринь рассматривают риск не только с точки зрения возникновения потерь, но и недополучения прибыли и возникновения дополнительных расходов.

В определениях понятия «риск» второго типа рассматриваются не только отрицательные, но и положительные последствия наступления непредвиденного события. Данное утверждение можно заметить в определениях таких авторов, как Л. Галиц, А. Г. Иваенко, М. Г. Лапуста, В. В. Шахов и др. Ряд исследователей в своих определениях не указывают прямо на возможность положительных отклонений вследствие риска, однако говорят об отклонениях от некоторых ожидаемых значений. Это, к примеру, А. П. Альгин, В. М. Гранатуров, Л. Ф. Догиль, Дж. П. Морган, А. А. Титович, Э. А. Уткин, Н. Г. Хаймерзина и др.

В Международном стандарте ISO 31000 «Риск-менеджмент: принципы и руководства» (Riskmanagement – Principles and guidelines) риск определяется как результат неуверенности в целях. При этом уточняется, что результат – это отклонение от ожидаемого, причем как положительное, так и (или) отрицательное. Государственный стандарт Республики Беларусь «Менеджмент риска. Термины и определения», который основан на официальном переводе международного стандарта ISO 31000 «Риск-менеджмент: принципы и инструкции», принимает такой же подход к определению риска

[103]. Таким образом, в указанных стандартах подчеркивается необходимость определения риска с позиций сторонников второго типа трактовки.

Величина и влияние того или иного риска на хозяйственную деятельность организации в значительной степени зависит от отраслевой специфики.

Одним из основополагающих документов для развития как отдельных организаций в частности, так и всей экономики в целом является Концепция национальной безопасности Республики Беларусь. Данный документ содержит основные национальные интересы в различных сферах для гармоничного развития белорусского государства. Так в утвержденной указом Президента Республики Беларусь от 9 ноября 2010 года № 575 Концепции национальной безопасности одним из национальных интересов в экономической сфере указано «достижение уровня энергетической безопасности, достаточного для нейтрализации внешней зависимости от поступления энергоносителей» [7]. Проект Концепции национальной безопасности Республики Беларусь, который был рассмотрен и утвержден Постановлением Советом безопасности Республики Беларусь от 6 марта 2023 года № 1 среди экономических национальных интересов так же имеется один, который затрагивает развитие топливно-энергетического комплекса, а именно «достижение уровня энергетической безопасности, обеспечивающего приемлемый уровень диверсификации топливно-энергетического баланса страны по видам и поставщикам потребляемых топливно-энергетических ресурсов, экономически и экологически оправданное использование потенциала местных энергоресурсов, снижение энергоемкости ВВП» [104].

Поэтому созданная Концепция энергетической безопасности Республики Беларусь до 2035 года является одной из составных частей в развитии общей национальной безопасности Республики Беларусь.

Концепцией энергетической безопасности Республики Беларусь до 2035 года рассматривается вопрос о переходе к рынку энергии и мощности как инструменту совершенствования системы управления топливно-энергетическим комплексом (ТЭК), а именно: «Совершенствование системы управления ТЭК и его организационной структуры должно осуществляться путем создания оптового рынка электрической энергии и его интеграции в оптовый рынок электрической

энергии государств – членов ЕАЭС. Целью совершенствования системы управления ТЭК является переход на рыночные отношения, создание республиканского оптового рынка электрической энергии» [8].

Согласно данной Концепции, создание оптового рынка электрической энергии поможет решить несколько важных вопросов. Прежде всего речь идет о привлечении отечественных и иностранных инвесторов в энергетические предприятия. Также будет обеспечена диверсификация поставок электрической энергии, что является необходимым условием для интеграции энергетики Республики Беларусь в энергетический рынок стран Европейского союза и государств – участников ЕАЭС и Содружества Независимых Государств с целью формирования общего электроэнергетического рынка Союзного государства Беларуси и России, ЕАЭС, Содружества Независимых Государств.

Однако реализация данных мероприятий должна проходить в условиях, гарантирующих обеспечение энергетической безопасности и надежности энергоснабжения потребителей.

Энергетика является одним из базовых видов экономической деятельности, так как от ее стабильного функционирования зависят все остальные виды деятельности. Проблемы, с которыми в последние десятилетия столкнулась энергетика (значительные физический и моральный износ оборудования, закредитованность, наличие перекрестного субсидирования и т. д.), дали ясно понять, что необходимы коренные изменения. В связи с этим в последние годы энергетика активно движется в направлении перехода от государственной монополии к рыночным отношениям. Для энергетических предприятий эти перемены принесут с собой необходимость самостоятельного ведения хозяйственной деятельности, что будет связано с большим количеством различных рисков. Создание оптового и розничного рынков энергии и мощности будет означать переход к рыночным отношениям между производителями и потребителями энергии.

Совершенствование системы управления энергетикой предполагается провести в три этапа. На первом этапе было предложено после выделения из состава энергосберегающих организаций 12 электростанций высокого давления создать генерирующую организацию РУП «Белгенерация», в которой будет сосредоточен основной объем

производства электроэнергии (около 90 % от общего объема производства электроэнергии) и тепловой энергии (около 60 %). На втором этапе филиалы «Энергонадзор» должны быть выведены из состава РУП-Облэнерго и на их базе создано государственное учреждение «Госэнергонадзор». Согласно разработанным мероприятиям, на третьем этапе предполагалось выделить из состава энергоснабжающих организаций высоковольтные электрические линии и трансформаторные подстанции напряжением 220–750 кВ, межгосударственные электрические линии и трансформаторные подстанции напряжением 10–110 кВ и передать их РУП «ОДУ», на базе которого будет создано РУП «Высоковольтные электрические сети». Данный алгоритм реформирования энергетики Республики Беларусь был сформулирован заместителем Министра энергетики Республики Беларусь В. М. Каранкевичем в 2014 году [105].

Однако проведенные исследования и анализ опыта реформирования энергетического сектора соседних стран показали, что в данный алгоритм требуется внести определенные изменения. Эти изменения нашли свое отображение в Проекте Закона «Об электроэнергетике», который был внесен на рассмотрение в Совет Министров Республики Беларусь в сентябре 2017 года [106].

Согласно данному Проекту, организационная структура энергетики после реформирования должна иметь следующий вид:

1. ГПО «Белэнерго» – управляющая организация, которая выполняет функции оптового и розничного рынка (оператора централизованных торгов, финансового оператора).

2. РУП «Белгенерация», в состав которой входит РУП «Белорусская АЭС» и 12 электростанций высокого давления.

3. РУП «Высоковольтные электрические сети» – системно-сетевой оператор, который обеспечивает передачу электрической энергии к потребителям.

4. Государственный энергетический надзор, который выполняет следующие функции: надзор за выполнением всеми участниками оптового и розничного рынков требований нормативных правовых актов; прием в эксплуатацию электроэнергетических объектов и энергоприемников потребителей; участие в технических расследова-

ниях причин аварий, отказов в работе электрооборудования, в расследовании несчастных случаев, произошедших на поднадзорных объектах и связанных с эксплуатацией электро- и теплоустановок.

5. Производители с установленной мощностью менее 50 МВт.

6. Потребители с правом выхода на оптовый рынок: энергоснабжающие организации РУП «Облэнерго», а также потребители, объем потребления которых составляет 1–2 млрд кВт·ч в год.

7. Потребители розничного рынка.

Согласно данному Проекту, 5 марта 2019 года было создано государственное учреждение «Государственный энергетический и газовый надзор», в основные функции которого входит осуществление надзора за соблюдением требований к техническому состоянию энергетических устройств, а также к качеству электрической и тепловой энергии и т. д. Дальнейшее реформирование энергетики Республики Беларусь возможно после устранения перекрестного субсидирования.

Основными целями проведения реформирования энергетики являются:

- обеспечение устойчивого функционирования и развития энергетической сферы деятельности;
- повышение эффективности энергетических предприятий на основе их конкуренции на рынке;
- привлечение инвестиций в энергетику;
- обеспечение надежного энергоснабжения.

Рынок энергии принципиально отличается от рынков любых других товаров и услуг в силу своей технологической специфики [107–111]. Прежде всего, это обусловлено спецификой производственных процессов в энергетике, а именно особенностями электротехнических процессов, протекающих в генерации и передаче энергии:

- технологическое единство и совпадение во времени процессов генерации, передачи и потребления энергии;
- быстрое развитие аварий, требующее автоматического управления режимами;
- невозможность складировать электроэнергию;
- обезличенность электроэнергии как товара, так как вся электроэнергия поступает в общую сеть;
- невозможность выбраковки энергии;

- потребность в электроэнергии постоянно и повсеместна;
- соответствие объема и режима производства электроэнергии объему и режиму потребления;
- параллельная работа всех станций на совмещенный суточный график нагрузки района;
- обеспечение надежного энергоснабжения при невозможности складирования электроэнергии требует создания резерва генерирующей мощности, резерва по пропускной способности линий электропередачи, запаса воды на ГЭС, запаса топлива на ТЭС;
- динамичность во времени параметров энергетических процессов при синхронной работе электростанций требует автоматизации управления электростанциями и сетевыми объектами [112].

В связи со спецификой энергетики достижение вышеперечисленных целей реформирования предусматривает развитие конкуренции в сфере генерации и сбыта, а также ремонтных работ (осуществление ремонта электрооборудования, монтажа, наладки и пр.), но в то же время сохранение естественной монополии в сфере передачи, распределения энергии и оперативно-диспетчерского управления (рис. 3.1).

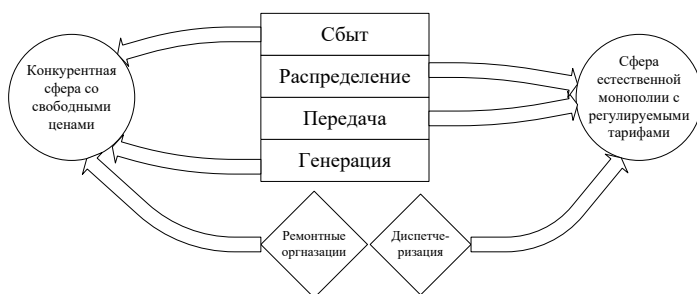


Рис. 3.1. Сферы деятельности в энергетике после проведения реформ
 Источник: Разработка автора на основе [113]

Энергетика Республики Беларусь до недавнего времени была выстроена по принципу чистой государственной монополии. Однако заложенные в Концепции энергетической безопасности Республики Беларусь организационные изменения, а именно поэтапное сокращение перекрестного субсидирования в тарифах на энергию и ценах на газ и разделение конкурентных и естественно монопольных видов

деятельности в энергетике, приведут к необходимости функционирования энергетических предприятий в рыночных условиях. Это означает, что руководство энергетических предприятий будет вынуждено не только научиться выявлять основные риски, присущие специфике их деятельности, но также проводить их экономическую оценку и управлять ими [114–116].

Вопросами рисков энергетических предприятий ученые заинтересовались достаточно недавно. Основные авторы, которые работают по данной проблематике в Российской Федерации – это В. А. Белобров, Г. И. Горемыкина, И. Н. Мастяева, О. С. Павлова, А. А. Федорчук, В. И. Эдельман и др. [117–133]. Однако ни одним из данных авторов не дается определение понятия «риск» для предприятий энергетической сферы.

Учитывая специфику энергетического производства, а также особенности трансформации энергетики Республики Беларусь, примем следующее понятие риска энергетического предприятия в условиях динамически развивающихся энергетических систем Республики Беларусь. Риск энергетического предприятия – это присущая деятельности по производству, передаче, распределению и сбыту энергии возможность понесения потерь или неспособность выполнить обязательства по энергоснабжению потребителей, вследствие наступления отклонений, связанных с возрастанием неопределенности внешних или внутренних факторов [134; 135].

Введение данного определения позволит энергетическим предприятиям более четко разграничить возможные риски и выстроить стратегию управления ими с учетом технологических особенностей.

3.2. Классификация рисков энергетических предприятий Республики Беларусь

Анализ экономической литературы, посвященной проблемам управления рисками [136–145], показывает, что среди исследователей нет единого подхода к классификации рисков. Также анализ показал, что существует более тридцати классификационных признаков рисков. В целом можно сгруппировать классификационные признаки по трем характеристикам: причины возникновения рисков, последствия рисков и прочие параметры рисков (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Классификационные признаки рисков

Классификационный признак	Виды риска
1	2
<i>Причины возникновения рисков</i>	
По сфере возникновения	внешние и внутренние
По основным факторам возникновения	экономические, политические, технические, экологические, социальные, юридические, информационные, нравственные
По источнику возникновения	техногенные, природные, смешанные
По причине возникновения	риски неопределенности будущего, риски взаимодействия, риски недостатка информации
По объекту возникновения	риск отдельной операции, риск отдельного направления деятельности, риск деятельности предприятия в целом
По видам предпринимательской деятельности	финансовые, производственные, коммерческие, инвестиционные, маркетинговые, инновационные, управленческо-организационные
По принадлежности субъекта	инвестора, банковские, лизинговые, производителя, поставщиков
<i>Последствия рисков</i>	
По возможным результатам	чистые и спекулятивные
По типичности отрицательных последствий	фундаментальные, спорадические

Продолжение таблицы 3.1

1	2
По стадиям жизненного цикла организации	риски стадии зарождения; риски стадии развития; риски стадии спада
По роду потерь	материальные, трудовые, финансовые, потери времени, специальные
По виду ущерба	прямой ущерб, косвенные потери
По характеру воздействия на результаты производства	аддитивные, мультипликативные
По возможным последствиям	снижение конкурентоспособности, убытки, упущенная выгода, снижение рентабельности
По распределению бремени рисков	односторонние, двусторонние, многосторонние
<i>Прочие параметры рисков</i>	
По возможности предвидеть риск	предвидимые и непредвидимые
По масштабам	локальные, отраслевые, региональные, национальные, международные
По возможности диверсификации	систематические и специфические
По длительности воздействия	непрерывные, дискретные (моментные), повторяющиеся (периодические)
По степени учета временного фактора	бессрочные и срочные
По степени управляемости	управляемые, условно-нерегулируемые, неуправляемые
По интенсивности проявления	динамические и статические
По степени обоснованности	обоснованные и необоснованные

Окончание таблицы 3.1

1	2
По частоте возникновения	редкие, средние, частые
По степени приемлемости (допустимости)	минимальные, допустимые, критические
По возможности страхования	страхуемые, не страхуемые
По времени возникновения	ретроспективные, текущие, потенциальные
По степени объективности и субъективности решений	субъективные и объективные
По наличию аналогов решений	ординарные, неординарные
По возможности регулирования степени риска	управляемые, неуправляемые, условно управляемые
В зависимости от уровня принятия решений	глобальные, локальные

Источник: Разработка автора на основе [136–145]

Некоторые классификации рисков представлены в Приложении Г. Большинство белорусских и российских авторов частично либо полностью поддерживают классификацию, описанную И. Т. Балабановым [80].

Согласно этой классификации, риски можно разделить на две большие группы: чистые риски (риски, причинами которых являются стихийные бедствия и различные несчастные случаи и которые практически всегда несут в себе потери), спекулятивные риски (риски, которые могут принести как потери, так и дополнительную прибыль) (рис. 3.2).

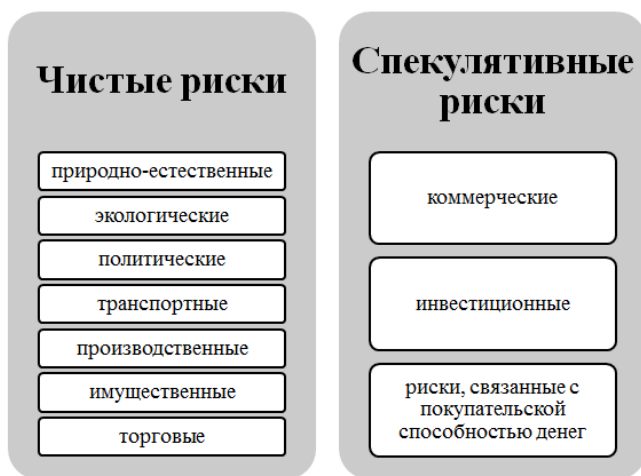


Рис. 3.2. Классификация рисков

Источник: [80]

На наш взгляд, следует согласиться, с мнением Ю. В. Дроновой, что «любая классификация рисков является инструментом, позволяющим выявить и оценить их уровень, однако ни одна из приведенных в литературе классификаций не позволяет систематизировать все существующие типы рисков» [146].

Так, С. Е. Королева предлагает довольно общую классификацию рисков, включающую 11 видов рисков, не разделяя их, на внешние и внутренние риски.

В тоже время, автор выделяет такие пограничные риски, как хозяйственные, коммерческие, предпринимательские [145].

А. А. Титович выделяет 3 группы рисков – в зависимости от возможного результата (чистые и спекулятивные); в зависимости от основной причины возникновения (природно-естественные, экологические, политические, транспортные, коммерческие) и по структурному признаку (имущественные, производственные, торговые, финансовые) [93].

Анализ классификации рисков, предложенной В. В. Арсеновым и И. В. Жарковым, показал, что предпринимательский и финансовый риск, по их мнению, имеет решающее значение для управления рис-

ками. Авторы особое внимание акцентируют на возможные проявления инвестиционного риска и риска, связанного с покупательной способностью денег. В тоже время, наряду с традиционными видами рисков, выделяют такие виды рисков, как демографический и профессиональный риски [141].

Белорусский ученый Л. Ф. Догиль разработал довольно подробную классификацию рисков, выделяя чистые и условные риски. В том числе, автором предлагается разделять чистые риски на объективные и субъективные риски. Следует отметить интересный подход автора при выделении отдельных рисков, учитывающий принятие управленческого решения. Так, Л. Ф. Догилем предлагается выделять в группе чистых рисков ситуационные риски, риски на этапе принятия решения, над ситуативные риски и риски на этапе реализации решения [89].

А. С. Шапкин и В. А. Шапкин выделяют классические чистые и спекулятивные риски с подробной их классификацией [96]. Разработанная ими классификация рисков впоследствии стала основой для разработки классификаций рисков рядом авторов.

Авторы И. В. Никулин, В. М. Гранатуров, Е. Н. Станиславчик в своих исследованиях акцентируют внимание именно на коммерческих (предпринимательских) рисках. Так, И. В. Никулин разделяет коммерческие риски, используя маркетинговый подход – на риски для производителя и риски для клиента [147]. В. М. Гранатуров, среди предпринимательских рисков, выделяет природно-климатические, технико-технологические, криминально-правовые, политико-экономические и организационно-управленческие риски [91]. Исследуя природу рисков, присущих инвестиционному проектированию, Е. Н. Станиславчик уточняет, что общий риск предпринимательства (производственный, коммерческий, финансовый) компенсируется предпринимательским доходом, а специальные частные риски составляют часть затрат инвестора, часть из которых не страхуются (калькуляционный риск), а часть включаются в затраты (несобственный риск) [148].

Ряд авторов, при разработке классификации рисков, учитывают технологические особенности вида деятельности. Например, А. К. Покровский классифицирует риски предприятий транспорта на промышленные и транспортные, экологические, инвестиционные, кредитные и технические риски [149].

Особенности энергетики, как вида деятельности, учтены в своем исследовании Ю. В. Дроновой. Автором предлагается строить классификацию рисков в несколько этапов. Ю. В. Дронова предлагает «на первом этапе риски энергетического предприятия разделить на три группы – риски микросреды, риски макросреды и риски внутренней среды. На втором этапе для построения карты рисков для каждого уровня рассматривать риски, связанные с различными процессами в деятельности данного предприятия. Для рисков внутренней среды – это технический, экономический, производственный и другие виды рисков, для уровня макросреды – это инфляционный, политический риск» [146].

Для разработки экономико-математического обеспечения формирования стратегии нивелирования рисков электроэнергетических компаний, М. Г. Цаплиной предлагается выделять внешние, отраслевые и внутренние риски [150].

Одной из основных причин отсутствия единой классификации рисков является значительное влияние специфики деятельности организации на перечень ее основных рисков. Кроме того, влияние одного и того же вида риска на организации различных видов деятельности будет отличаться. Для учета этих факторов был проведен опрос респондентов – специалистов организаций различных видов экономической деятельности, в задачу которых входил выбор из перечня рисков наиболее значимых для их организаций (табл. 3.2).

Анализ данных показал, что, по мнению респондентов, для производственных предприятий наиболее весомыми являются чистые риски, тогда как финансовые организации в основном подвержены спекулятивным рискам. Однако технологические процессы производства продукции на различных производственных предприятиях настолько отличаются друг от друга, что при классификации рисков возникает необходимость учета не только вида экономической деятельности, но и специфики технологии каждого конкретного предприятия.

Таблица 3.2

Перечень наиболее значимых рисков для организаций различных видов экономической деятельности

Вид экономической деятельности	Наиболее характерные риски
Промышленное предприятие	Производственный, природно-естественный, экологический, валютный, риск банкротства, административно-управленческий
Торговое предприятие	Транспортный, торговый, валютный, природно-естественный, инфляционный
Производственно-торговое предприятие	Производственный, торговый, транспортный, валютный, природно-естественный, риск банкротства
Финансовая организация	Риск банкротства, инфляционный, валютный, риск снижения ликвидности, процентный, кредитный

Источник: Разработка автора на основе данных опроса

Деятельность энергетических предприятий в рыночных условиях связана с различными факторами риска, которые принято делить на внешние и внутренние факторы. Внешние факторы риска – это такие условия, которые предприятие не в состоянии изменить, но учет которых необходим, так как они в значительной мере могут повлиять на деятельность предприятия. К таким факторам чаще всего относят экономические факторы макроуровня, а также политические, правовые и форс-мажорные факторы различного происхождения. Внутренние факторы риска – это факторы микроуровня, то есть связанные с функционированием самого предприятия [151; 152].

Влияние этих факторов ведет к возникновению различного рода рисков. На рис. 3.3 представлена авторская классификация рисков энергетических предприятий, которые, как и факторы риска, разделены на внешние и внутренние риски.

Особенности производства энергии и специфика функционирования энергетики в целом приводят к тому, что наибольшее влияние на энергетические предприятия будут иметь внешние риски, а именно правовой и регуляторный, а также рыночный [153; 154].

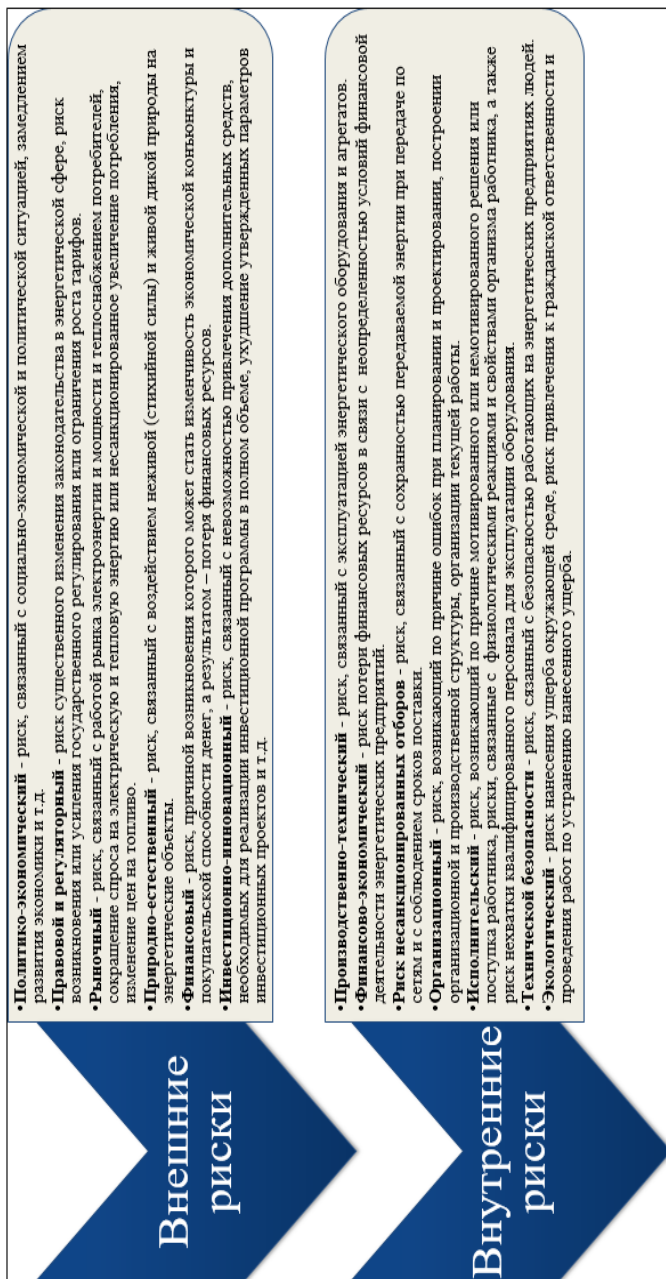


Рис. 3.3. Классификация рисков энергетических предприятий

Источник: собственная разработка автора

В настоящий момент более 80 % топлива, потребляемого станциями для производства энергии, поставляется из Российской Федерации. Таким образом, энергетические предприятия зависимы как от объемов и качества поставляемого топлива, так и от цены, выставяемой поставщиком без возможности поиска альтернативных вариантов поставок.

Данным риском невозможно управлять на уровне предприятия, однако учет этого риска необходим. Изменение цен на топлива – это одна из составляющих рыночного риска. Также в составе этого риска необходимо учитывать и колебания спроса на энергию конкретного энергетического предприятия [155; 156].

Значительное влияние на энергетические предприятия оказывает система правового регулирования их деятельности. После реформирования энергетики предприятия генерации и сбыта будут функционировать в системе рыночных отношений, тогда как предприятия передачи и распределения будут, как и прежде функционировать по правилам естественной монополии.

Тем не менее для предприятий генерации и сбыта велика вероятность государственного регулирования тарифов, что в значительной мере повлияет на эффективность их функционирования.

Внутренние риски предприятия подлежат управлению на микроуровне. Таким образом, энергетические предприятия способны самостоятельно учитывать и управлять этими рисками.

Производственно-технический риск – это вероятность убытков или дополнительных издержек, связанных со сбоями или остановкой производственных процессов, нарушением технологии выполнения операций, низким качеством сырья или работы персонала и т. п.

Этот вид риска наиболее чувствителен к изменению намеченных объемов генерации энергии, плановых материальных и трудовых затрат, к изменению цен и др.

Выделяют три основных вида проявления производственно-технического риска: невыполнение запланированного объема выпуска изделий; нанесение ущерба здоровью сотрудников, непосредственно участвующих в производстве; загрязнение окружающей среды и нанесение ущерба здоровью людей, не имеющих отношения к данному производству.

Невыполнению запланированного объема выработки энергии могут способствовать такие рискообразующие факторы, как:

– нехватка трудовых ресурсов: уровень автоматизации технологических процессов в энергетике требует наличия высокой квалификации персонала и опыта работы, в связи с этим необходимо минимизировать текучесть кадров на энергетических предприятиях;

– низкая эффективность кадров: причинами возникновения являются низкая мотивация труда, недостаточные санитарно-гигиенические условия труда и отсутствие профессионального развития;

– низкая надежность технических средств: предпосылкой возникновения является длительный период эксплуатации энергетического оборудования;

– нестабильное обеспечение топливом и материалами: для обеспечения надежности и бесперебойности энергоснабжения требуется диверсификация поставщиков топлива и основных материалов.

Основными факторами, которые могут привести к нанесению ущерба здоровью сотрудников, непосредственно участвующих в производстве, являются нарушение правил техники безопасности и вредность производства. Причинами возникновения данных факторов являются недостаточность опыта работы, несоблюдение нормативов по охране здоровья, неправильное использование оборудования и его значительный износ.

К загрязнению окружающей среды и нанесению ущерба здоровью людей, не имеющих отношения к данному производству, может привести превышение лимитов объемов загрязнения, а также техногенные аварии. Энергетические предприятия относятся к III классу опасности. В связи с этим производственные объекты энергетики подлежат обязательному страхованию гражданской ответственности юридических лиц за вред, причиненной деятельностью, а также постоянному мониторингу количества выбросов.

Каждый вид проявления производственно-технического риска можно выразить в стоимостном выражении, т. е. недоотпуск электрической или тепловой энергии влечет за собой недополучение денежных средств от потребителей, выплату штрафа за срыв сроков и объемов отпуска энергии; загрязнение окружающей среды и нанесение ущерба здоровью людей, не имеющих отношения к данному производству, приводит к систематическим выплатам за загрязнение окружающей среды, выплаты штрафов за превышение лимитов по загряз-

нению окружающей среды, выплаты штрафов за ликвидацию техногенной аварии, возмещение материального и морального ущерба гражданам, не имеющим отношения к данному производству [157].

Одной из главных проблем энергетики в целом является стремительное старение основных производственных мощностей. Значительный моральный и физический износ основных производственных средств требует реализации в энергетике новой технической политики. В целях реализации данной политики проводится модернизация существующих мощностей с вводом парогазовых установок, а также запускаются новые установки с использованием возобновляемых источников энергии.

Загрязнение окружающей среды и нанесение ущерба здоровью людей, не имеющих отношения к данному производству, являются важными видами проявления производственно-технического риска. Поэтому огромное внимание на энергетических предприятиях уделяется технике безопасности и охране труда. Снижению возможности возникновения аварий способствует система планово-предупредительных ремонтов, существующая на данный момент на станциях. Однако возникновение аварийных ситуаций приводит к негативным последствиям не только в отношении окружающей среды и здоровья людей. Прежде всего, авария означает для энергосистемы снижение располагаемой мощности и как следствие сбой в энергообеспечении. Подобные сбои могут привести к созданию аварийных ситуаций уже непосредственно на производственных предприятиях, а также перебои в энергообеспечении населения, сбой в работе общественного транспорта и т. д.

Еще одной особенностью проявления производственно-технического риска на энергетических предприятиях является отсутствие возможности выбраковки продукции. Качество отпускаемой электрической и тепловой энергии и возможные отклонения регламентированы ГОСТ 32144-2013 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения» [158].

Производственно-технический риск на энергетических предприятиях может достигать очень больших величин, ведь остановка станции приведет к значительным экономическим потерям как самой станции, так и промышленных потребителей. Поэтому необходимо

производить постоянный мониторинг производственно-технического риска, а также разрабатывать мероприятия по его управлению. Однако к аварийным ситуациям может привести не только производственный фактор, но и человеческий. Для снижения данного фактора на энергетических предприятиях проводится постоянная работа по повышению квалификации персонала в области охраны труда и техники безопасности, а также имеются нормативы по проведению проверки требуемых знаний на каждом рабочем месте. Однако данные мероприятия не могут полностью исключить влияние человеческого фактора, в связи с этим для энергетических предприятий целесообразным будет выделение исполнительского риска.

Основной составляющей финансового риска будет являться валютный риск, так как оплата за импортируемое топливо производится в валюте и цены на топливо имеют стабильную тенденцию к росту.

3.3. Ключевые индикаторы риска теплоэлектростанций и обоснование их пороговых значений

Для грамотной оценки рисков любого предприятия необходимо определить индикаторы, которые будут свидетельствовать о наличии данного риска. Для каждого риска перечень индикаторов будет дифференцирован. При этом система расчетов индикаторов риска посредством показателей должна быть показательной и мобильной.

Стоит отметить, что большинство необходимой для расчетов индикаторов информации содержится в имеющихся формах финансовой отчетности энергетических предприятий. Однако необходимо использование не только финансовой документации, но и производственной и оперативной от основных технических отделов и служб для оценки производственно-технического и прочих рисков.

Использование ключевых индикаторов риска (КИР) является распространенной практикой при управлении рисками различных организаций, активно используемой зарубежными риск-менеджерами. Так, в Российской Федерации разработан стандарт Р 50.1.090–2014 «Менеджмент риска. Ключевые индикаторы риска», в котором дается следующее определение ключевых индикаторов риска – «количественные показатели источников (факторов) риска» [159]. Со-

гласно этому стандарту, использование системы ключевых показателей риска позволит отслеживать и прогнозировать различные рискованные ситуации и слабые места организации. Таким образом, основным отличием ключевых индикаторов риска от показателей эффективности деятельности предприятия является возможность не только анализировать текущее состояние рисков на предприятии, но также прогнозировать и предотвращать риски. В стандарте Р 50.1.090–2014 «Менеджмент риска. Ключевые индикаторы риска» указывается на тот факт, что «не существует универсального КИР, помогающего оценить одновременно все виды риска», то есть применение метода КИР означает разработку целого перечня индикаторов, которые отражали бы особенность вида деятельности, а также в полной мере соответствовали определяемому риску

В настоящее время в Республике Беларусь не разработана нормативная и методическая база для применения ключевых индикаторов риска. Система КИР для энергетических предприятий Республики Беларусь должна стать эффективным инструментом управления рисками. Однако использование КИР сопряжено с определенными сложностями. Одной из основных является необходимость создания такой системы КИР, которая бы охватывала все процессы, происходящие на энергетическом предприятии, а также реагировала на все внешние и внутренние изменения. При этом необходимо использовать оптимальное количество показателей, которые, с одной стороны, в полной мере описывали бы все параметры рисков, а, с другой, не были чрезмерно трудозатратными в использовании при анализе.

Риски энергетических предприятий классифицируются на внешние и внутренние [160]. При этом внешние риски являются объектом учета в рамках стратегического и тактического планирования деятельности на уровне ГПО «Белэнерго». Поэтому в первую очередь особое внимание при управлении рисками на теплоэлектростанциях необходимо уделять внутренним рискам. Рассмотрим более подробно процесс создания системы КИР для генерирующих предприятий (теплоэлектростанций) Республики Беларусь.

Как отмечалось ранее, основными внутренними рисками теплоэлектростанций являются: производственно-технический, финансово-экономический, организационный, исполнительский, тех-

нической безопасности, экологический. Предлагается следующая система ключевых показателей риска, которая позволит теплоэлектростанциям оценить данные виды рисков (табл. 3.3) [161; 162].

Таблица 3.3

Система ключевых индикаторов риска электростанции

Риск	Ключевые индикаторы риска
Производственно-технический	коэффициент использования установленной мощности (электрический)
	коэффициент использования установленной мощности (тепловой)
	количество отказов оборудования I степени (не по вине персонала)
	количество отказов оборудования II степени (не по вине персонала)
	коэффициент выполнения ремонтных работ
Финансово-экономический	себестоимость производства 1 кВт·ч, коп./кВт·ч
	себестоимость производства 1 Гкал, руб./Гкал
	удельный расход топлива на производство 1 кВт·ч, г
	удельный расход топлива на производство 1 Гкал, кг
	расход электроэнергии на собственные нужды, млн кВт·ч
	рентабельность затрат, %
Организационный	коэффициент текущей ликвидности
	прибыль на 1 руб. заработной платы
Исполнительский	коэффициент текучести кадров
	количество отказов оборудования I и II степени (по вине персонала)
Технической безопасности	количество несчастных случаев на производстве
Экологический	количество выбросов, тонн

Источник: Разработка автора

Следующим этапом является определение пороговых значений каждого индикатора. Пороговые значения необходимы для того, чтобы информировать субъект управления рисками о потенциально возникшем превышении уровня определенного риска. Принято разделять пороговые значения на несколько зон:

- зеленая зона, в которой уровень риска является приемлемым, поэтому никаких дополнительных мероприятий по его управлению не требуется;

- желтая зона, при попадании в которую риск требует непрерывного мониторинга и разработки ряда мероприятий, которые могут быть предприняты как для перехода показателя в зеленую зону, так и в случае ухудшения показателя;

- красная зона, которая свидетельствует о недопустимом уровне риска и необходимости оперативного информирования субъекта управления рисками и разработки мер по его снижению [163].

Пороговые значения могут быть установлены различными способами. Для определения величин, ограничивающих зеленую, желтую и красную зону каждого индикатора могут быть использованы данные ретроспективного анализа. Также возможно применение результатов общепромышленной практики. Однако энергетические предприятия Республики Беларусь, в настоящее время функционирующие в условиях государственной монополии, ранее сталкивались в основном с технологическими рисками, но не рассматривали их как объект управления. Данная проблема актуализируется при функционировании теплоэлектростанций в рыночных условиях. В настоящее время общепромышленная практика управления рисками энергетических предприятий отсутствует.

Еще одним способом установления пороговых значений может быть выбор диапазона показателя субъектом управления рисками на основе практических знаний специфики и особенностей технологических процессов генерации энергии и опыта управления рисками.

Большинство предложенных нами индикаторов риска в той или иной мере используется в настоящий момент для анализа технико-экономических показателей работы теплоэлектростанции, поэтому формирование информационной базы для определения уровня пороговых значений не вызовет затруднений. В этой связи ретроспектив-

ный анализ является наиболее приемлемым вариантом для установления пороговых значений и в дальнейшем будет использоваться в настоящем исследовании.

Следует отметить, что ряд финансово-экономических показателей на данный момент не определяется на уровне теплоэлектростанций. Это связано с существующей организационно-правовой формой предприятий энергетики, которая представлена в областях РУП-Облэнерго, включающих ряд филиалов. Для подготовки Приложения 1 к Национальному стандарту бухгалтерского учета и отчетности «Индивидуальная бухгалтерская отчетность» в целом по РУП-Облэнерго используются данные филиалов, что позволяет сформировать законченный бухгалтерский баланс. В этой связи ряд показателей сейчас на уровне филиалов не рассчитывается в виду отсутствия полных данных. Например, на уровне теплоэлектростанции в настоящее время отсутствует возможность рассчитать величину прибыли и соответственно приемлемые значения для таких индикаторов риска, как рентабельность затрат, показателей ликвидности и платежеспособности, прибыль на 1 рубль фонда заработной платы и др. Установление пороговых значений для перечисленных КИР можно провести экспертным методом с привлечением специалистов энергосистемы.

Значение таких показателей, как количество несчастных случаев на производстве, отказы оборудования по вине персонала и отказы оборудования I степени не по вине персонала должно стремиться к нулю. Значение больше нуля для этих индикаторов говорит о риске. В этой связи, для данных индикаторов целесообразно определение двух зон: приемлемой (зеленой) и неприемлемой (красной).

Значение большинства технико-экономических показателей работы теплоэлектростанции зависит от ее мощности и степени участия в покрытии нагрузки энергосистемы. В структуре генерирующих источников Республики Беларусь в последние годы наблюдается определенная тенденция по распределению выработки между источниками. Так свыше 50 % генерируется конденсационными электрическими станциями (КЭС), более 40 % теплоэлектроцентралями (ТЭЦ), а на долю возобновляемых источников энергии приходится около 1 % выработки.

Теплоэлектростанции принято делить на станции высокого, среднего и низкого давления в зависимости от параметров используемого

в технологическом цикле пара [164]. К станциям высокого давления относятся генерирующие источники, давление пара которых превышает 12 МПа, а температура рабочего тела превышает 540 °С. Основной задачей станций высокого давления является поддержание нормативных параметров качества энергии в энергосистеме. Именно станции высокого давления задействованы в базовой части графика нагрузки энергосистемы, а это значит, что коэффициент использования установленной мощности у них будет наибольшим среди всех станций. К станциям высокого давления относятся такие станции как Лукомльская ГРЭС и Березовская ГРЭС, а также 10 ТЭЦ (Минская ТЭЦ-4, Минская ТЭЦ-5, Гомельская ТЭЦ-2, Минская ТЭЦ-3, Могилевская ТЭЦ-2, Гродненская ТЭЦ-2, Новополоцкая ТЭЦ, Мозырская ТЭЦ, Бобруйская ТЭЦ-2, Светлогорская ТЭЦ). Проанализировав структуру, представленную на предыдущем рисунке, можно сделать вывод, что станциями высокого давления вырабатывается свыше 91 % от общей выработки всей энергосистемы. К станциям среднего давления относятся станции с меньшими параметрами пара.

Для того чтобы выделить пороговые значения каждого КИР используем метод нормального распределения Гаусса-Лапласа, которое используется в математической статистике при построении доверительных интервалов и проверки статистических гипотез [165–167].

Для проведения анализа на основе нормального распределения Гаусса-Лапласа будем использовать ретроспективный анализ данных по генерирующим источникам (ТЭЦ и КЭС).

Прежде всего проведем отбор необходимых данных для проведения анализа. В рамках данной работы была использована квотная выборка, так как доля выработки станций различного типа очень отличается. Так, в энергосистеме имеется более 40 генерирующих источников, а на долю 12 станций высокого давления приходится более 90 % общей выработки.

Поэтому целесообразно осуществить выборку с применением квотного метода отдельно по станциям высокого, среднего и низкого давления.

Отбирать количество исследуемых объектов в каждой группе будем исходя из структуры выработки.

Так как наибольшая доля выработки принадлежит станциям высокого давления, то доля анализируемых станций в общей выборке

будет наибольшей. Таким образом, для определения интервалов пороговых значений будет использоваться данные по 13 теплоэлектростанциям. Распределение по станциям высокого среднего и низкого давления проведем согласно объему вырабатываемой энергии, поэтому для анализа используем данные 10 теплоэлектростанций высокого давления (ТЭС ВД), 2 теплоэлектростанции среднего давления (ТЭС СД) и 1 теплоэлектростанция низкого давления (ТЭС НД). Пример исходных данных представлен в табл. 3.4–3.6.

Как видно из табл. 3.4–3.6, помимо разброса коэффициента использования установленной мощности значительно отличаются и другие показатели. Проведенный анализ данных по энергосистеме показал, что расхождение в значениях по некоторым показателям из предложенного списка ключевых показателей риска может достигать 3–4 раз.

Целью данного исследования является создание универсальной системы ключевых индикаторов риска, которая характерна для любого генерирующего предприятия. Поэтому целесообразным будет переход от абсолютных величин, характеризующих фактический уровень показателей за определенный момент времени, к относительным показателям, путем сравнения значений текущего года с уровнем 2016 года, принятого за базу (таблицы 3.7–3.9).

Таблица 3.4

Показатели ТЭС высокого давления в фактических величинах

Ключевые индикаторы риска	ТЭС ВД-1							
	2016 год	2017 год	2018 год	2019 год	2020 год	2021 год	2022 год	
1	2	3	4	5	6	7	8	
Коэффициент использования установленной мощности электрический	0,44327	0,43580	0,51762	0,53790	0,54548	0,44741	0,43098	
Коэффициент использования установленной мощности тепловой	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	0,04	
Количество отказов оборудования II степени (не по вине персонала)	10	10	12	10	13	8	7	
Коэффициент выполнения ремонтных работ	1,00	0,99	0,99	0,98	0,96	1,00	0,99	
Себестоимость производства 1 кВт·ч, коп./кВт·ч	8,16	8,76	7,30	7,69	8,25	6,99	6,08	
Себестоимость производства 1 Гкал, руб./Гкал	54,53	60,61	49,08	50,88	53,51	50,60	45,34	
Удельный расход топлива на производство 1 кВт·ч, г	266,2	262,2	260,9	263,1	267,4	265,9	259,5	
Удельный расход топлива на производство 1 Гкал, кг	176,08	176,12	176,13	176,08	176,20	176,49	176,95	

1	2	3	4	5	6	7	8
Расход электроэнергии на собственные нужды, млн кВт·ч	149,792	146,220	143,475	151,825	162,137	136,388	123,504
Коэффициент текущей загрузки	0,05	0,06	0,04	0,04	0,05	0,06	0,07
Количество выбросов, т	2435	1756	1928	1899	2063	3317	1874

Источник: собственная разработка автора

Показатели ТЭС среднего давления в фактических величинах

Ключевые индикаторы риска	ТЭС СД-1							
	2016 год	2017 год	2018 год	2019 год	2020 год	2021 год	2022 год	
1	2	3	4	5	6	7	8	
Коэффициент использования установленной мощности электрический	0,57344	0,60306	0,54944	0,53935	0,56414	0,59823	0,56857	
Коэффициент использования установленной мощности тепловой	0,19	0,20	0,20	0,19	0,19	0,22	0,21	

Окончание табл. 3.5

1	2	3	4	5	6	7	8
Количество отказов оборудования II степени (не по вине персонала)	1	0	1	1	0	1	1
Коэффициент выполнения ремонтных работ	0,88	0,92	0,95	1,08	1,00	0,88	1,02
Себестоимость производства 1 кВт·ч, коп./кВт·ч	4,76	4,59	4,45	4,57	4,56	4,08	3,96
Себестоимость производства 1 Гкал, руб./Гкал	50,02	48,44	46,87	48,98	48,23	43,08	41,38
Удельный расход топлива на производство 1 кВт·ч, Г	155,3	153,2	152,2	151,0	151,7	152,5	152,0
Удельный расход топлива на производство 1 Гкал, кг	163,25	163,25	162,20	161,77	161,34	162,01	162,00
Расход электроэнергии на собственные нужды, млн кВт·ч	18,879	18,963	18,838	18,759	18,932	20,706	21,183
Коэффициент текучести кадров	0,05	0,06	0,02	0,03	0,03	0,06	0,08
Количество выбросов, т	273	287	266	253	310	310	275

Источник: собственная разработка автора

Таблица 3.6

Показатели ТЭС низкого давления в фактических величинах

Ключевые индикаторы риска	ТЭС НД-1							
	2016 год	2017 год	2018 год	2019 год	2020 год	2021 год	2022 год	
1	2	3	4	5	6	7	8	
Коэффициент использования установленной мощности электрический	0,52421	0,49733	0,48689	0,43963	0,45381	0,47859	0,50371	
Коэффициент использования установленной мощности тепловой	0,12	0,13	0,12	0,12	0,12	0,14	0,14	
Количество отказов оборудования II степени (не по вине персонала)	1	1	1	0	3	1	1	
Коэффициент выполнения ремонтных работ	0,86	0,87	0,94	0,95	1,01	1,14	0,95	
Себестоимость производства 1 кВт·ч, коп./кВт·ч	10,54	11,00	11,66	11,51	9,59	8,02	8,47	
Себестоимость производства 1 Гкал, руб./Гкал	59,05	76,09	65,15	72,93	61,74	62,52	53,66	
Удельный расход топлива на производство 1 кВт·ч, г	275,1	258,6	273,8	250,9	246,4	228,2	253,2	
Удельный расход топлива на производство 1 Гкал, кг	180,63	177,30	181,18	178,19	179,50	175,77	175,81	

Окончание табл. 3.6

1	2	3	4	5	6	7	8
Расход электроэнергии на собственные нужды, млн кВт.ч	3,411	3,411	3,557	3,169	3,425	3,501	3,502
Коэффициент текучести кадров	0,03	0,06	0	0,02	0,02	0,03	0,06
Количество выбросов, т	128	107	105	98	100	213	152

Источник: собственная разработка автора

Коэффициенты роста показателей ТЭС высокого давления

Ключевые индикаторы риска	ТЭС ВД-1						
	2017/2016	2018/2016	2019/2016	2020/2016	2021/2016	2022/2016	
1	2	3	4	5	6	7	
Коэффициент использования установленной мощности электрический	0,98314	1,16772	1,21348	1,23058	1,00934	0,97228	
Коэффициент использования установленной мощности тепловой	1	1	1	0,8	1	0,8	
Количество отказов оборудования II степени (не по вине персонала)	1	1,2	1	1,3	0,8	0,7	
Коэффициент выполнения ремонтных работ	0,99	0,99	0,98	0,96	1	0,99	
Себестоимость производства 1 кВт·ч, коп./кВт·ч	1,07304	0,89432	0,94142	1,01084	0,85584	0,74472	

Окончание табл. 3.7

1	2	3	4	5	6	7
Себестоимость производства 1 Гкал, руб./Гкал	1,11164	0,90016	0,93317	0,98141	0,92793	0,83161
Удельный расход топлива на производство 1 кВт·ч, г	0,98497	0,98009	0,98835	1,00451	0,99887	0,97483
Удельный расход топлива на производство 1 Гкал, кг	1,00023	1,00028	1,00000	1,00068	1,00233	1,00494
Расход электроэнергии на собственные нужды, млн кВт·ч	0,97615	0,95783	1,01357	1,08241	0,91052	0,82450
Коэффициент текучести кадров	1,2	0,8	0,8	1	1,2	1,4
Количество выбросов, т	0,72115	0,79179	0,77988	0,84723	1,36222	0,76961

Источник: собственная разработка автора

Коэффициенты роста показателей ТЭС среднего давления

Ключевые индикаторы риска	ТЭС СД-1						
	2017/2016	2018/2016	2019/2016	2020/2016	2021/2016	2022/2016	
1	2	3	4	5	6	7	
Коэффициент использования установленной мощности электрический	1,05167	0,95815	0,94056	0,98380	1,04324	0,99151	
Коэффициент использования установленной мощности тепловой	1,05263	1,05263	1	1	1,15789	1,10526	
Количество отказов оборудования II степени (не по вине персонала)	0	1	1	0	1	1	
Коэффициент выполнения ремонтных работ	1,0454545	1,079546	1,227273	1,136364	1	1,159091	
Себестоимость производства 1 кВт·ч, коп./кВт·ч	0,96474	0,93547	0,95933	0,95856	0,85677	0,83233	

Окончание табл. 3.8

1	2	3	4	5	6	7
Себестоимость производства 1 Гкал, руб./Гкал	0,96841	0,93698	0,97904	0,96416	0,86119	0,82726
Удельный расход топлива на производство 1 кВт·ч, г	0,98648	0,98004	0,97231	0,97682	0,98197	0,97875
Удельный расход топлива на производство 1 Гкал, кг	1,00000	0,99357	0,99093	0,98830	0,99240	0,99234
Расход электроэнергии на собственные нужды, млн кВт·ч	1,00445	0,99783	0,99364	1,00281	1,09677	1,12204
Коэффициент текучести кадров	1,2	0,4	0,6	0,6	1,2	1,6
Количество выбросов, т	1,05128	0,97436	0,92674	1,13553	1,13553	1,00733

Источник: собственная разработка автора

Коэффициенты роста показателей ТЭС низкого давления

Ключевые индикаторы риска	ТЭС НД-1						
	2017/ 2016	2018/ 2016	2019/ 2016	2020/ 2016	2021/ 2016	2022/ 2016	
1	2	3	4	5	6	7	
Коэффициент использования установленной мощности электрический	0,94872	0,92881	0,83865	0,86569	0,91298	0,96088	
Коэффициент использования установленной мощности тепловой	1,08333	1	1	1	1,16667	1,16667	
Количество отказов оборудования II степени (не по вине персонала)	1	1	0	3	1	1	
Коэффициент выполнения ремонтных работ	1,0116279	1,093023	1,104651	1,174419	1,325581	1,104651	
Себестоимость производства 1 кВт·ч, коп./кВт·ч	1,04391	1,10617	1,09241	0,91024	0,76105	0,80371	

Окончание табл. 3.9

1	2	3	4	5	6	7
Себестоимость производства 1 Гкал, руб./Гкал	1,28853	1,10318	1,23493	1,04558	1,05873	0,90867
Удельный расход топлива на производство 1 кВт·ч, г	0,94002	0,99527	0,91203	0,89567	0,82952	0,92039
Удельный расход топлива на производство 1 Гкал, кг	0,98156	1,00304	0,98649	0,99374	0,97309	0,97332
Расход электроэнергии на собственные нужды, млн кВт·ч	1,00000	1,04280	0,92905	1,00410	1,02639	1,02668
Коэффициент текущей стоимости кадров	2	0	0,66667	0,66667	1	2
Количество выбросов, т	0,83594	0,82031	0,76563	0,78125	1,66406	1,18750

Источник: собственная разработка автора

В математической статистике существует несколько видов распределения случайных величин. Основные из них представлены на рис. 3.4.

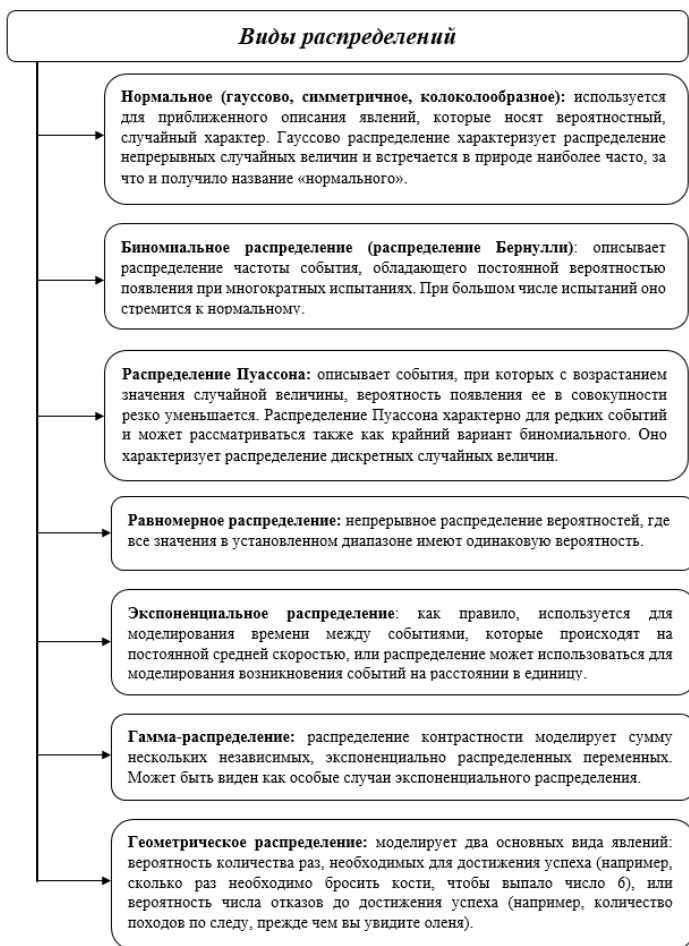


Рис. 3.4. Виды распределения случайных величин

Источник: разработка автора на основе [136–145]

В зависимости от количества данных и специфики явлений, которыми описываются выбранные величины, необходимо использование различных видов распределения. Так, если все используемые

значения имеют абсолютно равную вероятность, то можно использовать равномерное распределение. При описании редких явлений используют распределение Пуассона. Если же нам необходимо определить количество необходимых повторений для достижения конкретного результата, то использоваться будет геометрическое распределение.

Примем, что использованные в данной работе данные подчиняются нормальному распределению, называемому также распределением Гаусса-Лапласа, – наиболее часто встречающийся вид распределения.

Нормальное распределение, называемое также распределением Гаусса-Лапласа, – наиболее часто встречающийся вид распределения. Многие распределения могут быть также аппроксимировано нормальным.

Непрерывная случайная величина распределена нормально, если плотность ее распределения имеет вид, представленный в формуле (3.1):

$$f(x) = \frac{1}{\sigma \times \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}, \quad (3.1)$$

где σ – дисперсия случайной величины;

e – основание натурального логарифма;

μ – математическое ожидание.

Функция плотности $f(x)$ нормального распределения определена на всей числовой оси x от $-\infty$ до $+\infty$, т. е. каждому значению x соответствует вполне определенное значение функции. Математическое ожидание μ и дисперсия σ^2 являются параметрами нормального распределения (рис. 3.5).

Для табулирования функции плотности целесообразно преобразовать случайную величину. Положим, что (формула (3.2)):

$$\lambda = \frac{x-\mu}{\sigma}. \quad (3.2)$$

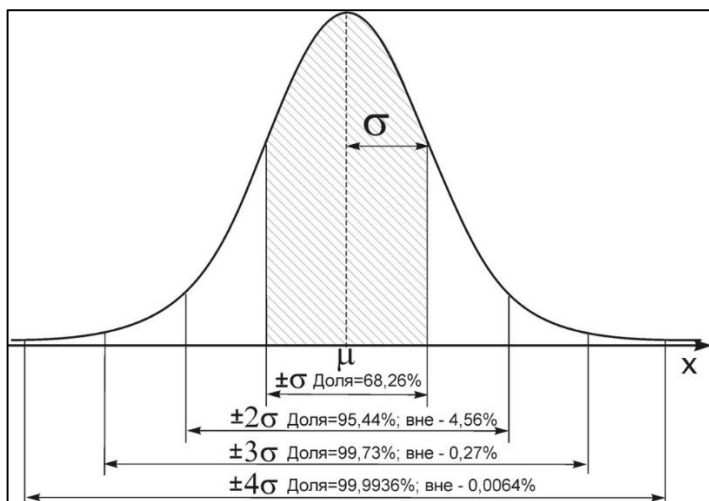


Рис. 3.5. Стандартная нормальная плотность распределения

Источник: [166]

Тогда из формулы (3.1) при $\mu = 0$ и $\sigma = 1$ получим выражение нормированной (стандартной) плотности нормального распределения (формула (3.3)):

$$\varphi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}}. \quad (3.3)$$

На рисунке 3.5 представлен график стандартного нормального распределения, симметричного относительно оси, проходящей через точку $\lambda = 0$. Функция плотности в точке $\lambda = 0$ достигает максимума, равного $\varphi(\lambda = 0) = 0,3989$. Кривая распределения имеет две точки перегиба при $\lambda = \pm\sigma$. Касательные в точках перегиба пересекают ось абсцисс в точках $\lambda = \pm 2\sigma$. Функция плотности стандартного нормального распределения быстро убывает по обе стороны от $\lambda = 0$, и ветви кривой асимптотически приближаются к оси λ .

Тогда можно утверждать, что (формула (3.4)):

$$F(\lambda) = \int_{-\infty}^{\lambda} \varphi(z) dz. \quad (3.4)$$

Функция $F(\lambda)$ – называется функцией нормального распределения. Эта функция указывает вероятность, с которой случайная величина не превысит значение λ . Значения $F(\lambda)$ приведены в Приложении Д.

На рис. 3.6 представлена интегральная кривая стандартного нормального распределения.

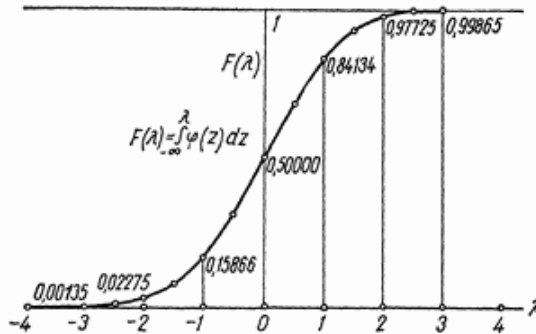


Рис. 3.6. Интегральная кривая стандартного нормального распределения

Источник: [166]

С помощью функции распределения можно указать, с какой вероятностью нормальная случайная величина примет значение, принадлежащее интервалу $[-\lambda; +\lambda]$ (формула (3.5)):

$$\Phi(\lambda) = \int_{-\lambda}^{+\lambda} \varphi(z) dz. \quad (3.5)$$

Вследствие симметрии нормальной кривой распределения между $F(\lambda)$ и $\Phi(\lambda)$ существуют следующие соотношения (формула (3.6)–(3.8)):

$$F(\lambda > 0) = 0,5 + 0,5 \cdot \Phi(\lambda), \quad (3.6)$$

$$F(\lambda < 0) = 0,5 - 0,5 \cdot \Phi(\lambda), \quad (3.7)$$

$$\Phi(\lambda) = F(\lambda > 0) - F(\lambda < 0). \quad (3.8)$$

С помощью таблицы Д Приложения Д и формул (3.6)–(3.8) можно указать, с какой вероятностью нормированное значение нормальной случайной величины попадет в заранее выбранный интервал (табл. 3.10).

Таблица 3.10.

Распределение вероятности

λ	Интервал	Вероятность
1	$\pm\sigma$	0,68268, или 68,3 %
2	$\pm 2\sigma$	0,95450, или 95,5 %
3	$\pm 3\sigma$	0,99730, или 99,7 %

Источник: [166]

Из приведенных результатов видно, что рассеяние нормальной случайной величины практически укладывается на участке $\mu \pm 3\sigma$. Этим выводом воспользуемся при проверке результатов выборки.

Для определения пороговых значений ключевых индикаторов риска будем использовать отклонение от средней в размере $\pm\sigma$.

Среднеквадратическое (стандартное) отклонение является одним из наиболее распространенных показателей при оценке уровня индивидуального риска (формула (3.9)):

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2 \times P_i}, \quad (3.9)$$

где σ – среднеквадратическое (стандартное) отклонение;

n – число наблюдений;

R_i – конкретное значение возможных вариантов изучаемого показателя ТЭЦ и КЭС;

\bar{R} – среднее ожидаемое значение изучаемого показателя;

P_i – возможная частота получения отдельных вариантов изучаемого показателя.

Далее были рассчитаны среднее значение (μ) и величины среднеквадратического отклонения (σ) по каждому из указанных показателей для теплоэлектростанций (табл. 3.11 и 3.12).

Таблица 3.11.

Расчетные значения средней величины, среднеквадратического отклонения и пороговых значений ключевых индикаторов риска для ТЭС

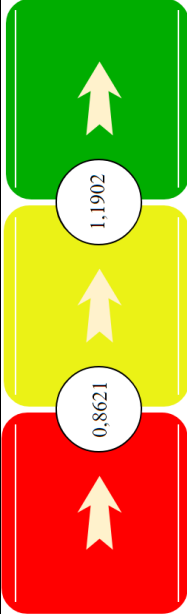
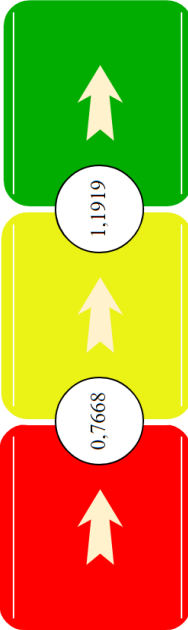
Ключевые индикаторы риска	Расчетные значения				
	1	2	3	4	5
Коэффициент использования установленной мощности электрический		1,0261	0,1640	0,8621	1,1902
Коэффициент использования установленной мощности тепловой		0,9794	0,2126	0,7668	1,1919
Количество отказов оборудования II степени (не по вине персонала)		1,2288	0,7433	0,4856	1,9721
Коэффициент выполнения ремонтных работ		1,0185	0,0768	0,9417	1,0953
Себестоимость производства 1 кВт·ч (коп./кВт·ч)		0,9226	0,0840	0,8386	1,0065
Себестоимость производства 1 Гкал (руб./Гкал)		0,9500	0,2222	0,7278	1,1722

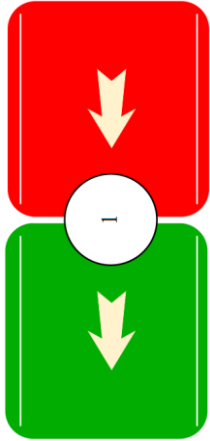
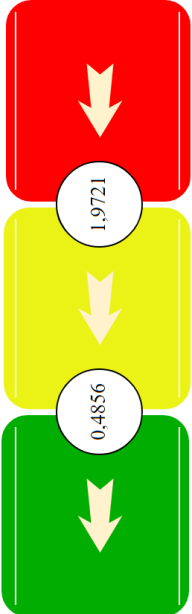
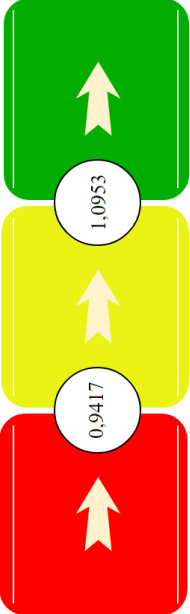
1	2	3	4	5
Удельный расход топлива на производство 1 кВт·ч (г)	0,9960	0,0426	0,9534	1,0386
Удельный расход топлива на производство 1 Гкал (кг)	0,9964	0,0218	0,9746	1,0182
Расход электроэнергии на собственные нужды (млн кВт·ч)	1,0334	0,1485	0,8848	1,1819
Коэффициент текучести кадров	0,8711	0,3286	0,5425	1,1997
Количество выбросов, т	1,0595	0,3728	0,6867	1,4323

Источник: собственная разработка автора

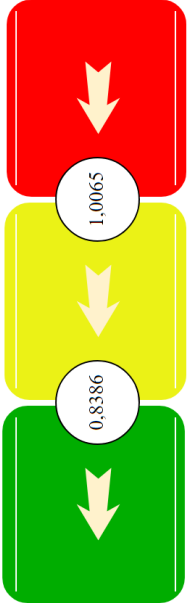
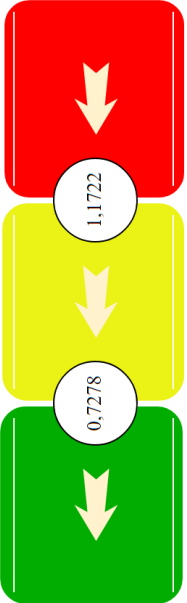
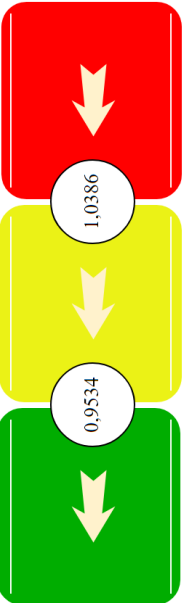
Таблица 3.12.

Расчетные значения средней величины, среднеквадратического отклонения и пороговых значений ключевых индикаторов риска для ТЭС

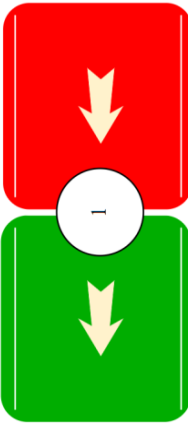
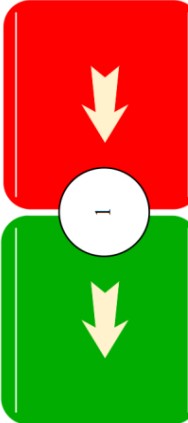
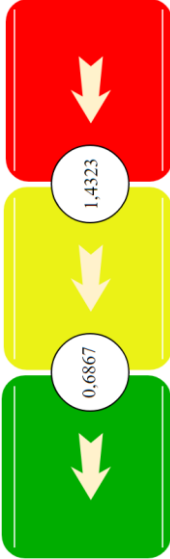
Ключевой индикатор риска	Пороговые значения	Графическая интерпретация
<p>1</p> <p>Коэффициент использования установленной мощности (электрический)</p>	<p>2</p> <p>Пороговое значение 1: 0,8621</p> <p>Пороговое значение 2: 1,1902</p>	<p>3</p> 
<p>Коэффициент использования установленной мощности (тепловой)</p>	<p>Пороговое значение 1: 0,7668</p> <p>Пороговое значение 2: 1,1919</p>	

1	2	3
<p>Количество отказов обслуживания I степени (не по вине персонала)</p>	<p>Пороговое значение 1: 1</p>	
<p>Количество отказов обслуживания II степени (не по вине персонала)</p>	<p>Пороговое значение 1: 0,4856 Пороговое значение 2: 1,9721</p>	
<p>Коэффициент выполнения ремонтных работ</p>	<p>Пороговое значение 1: 0,9417 Пороговое значение 2: 1,0953</p>	

Продолжение табл. 3.12

1	2	3
<p>Себестоимость производства 1 кВт·ч, коп./кВт·ч</p>	<p>Пороговое значение 1: 0,8386 Пороговое значение 2: 1,0065</p>	
<p>Себестоимость производства 1 Гкал, руб./Гкал</p>	<p>Пороговое значение 1: 0,7278 Пороговое значение 2: 1,1722</p>	
<p>Удельный расход топлива на производство 1 кВт·ч, г</p>	<p>Пороговое значение 1: 0,9534 Пороговое значение 2: 1,0386</p>	

1	2	3
<p>Удельный расход топлива на производство 1 Гкал, кг</p>	<p>Пороговое значение 1: 0,9746 Пороговое значение 2: 1,0182</p>	
<p>Расход электроэнергии на собственные нужды, млн кВт·ч</p>	<p>Пороговое значение 1: 0,8848 Пороговое значение 2: 1,1819</p>	
<p>Коэффициент текучести кадров</p>	<p>Пороговое значение 1: 0,5425 Пороговое значение 2: 1,1997</p>	

1	2	3
<p>Количество отказов обслуживания I и II степени (по вине персонала)</p>	<p>Пороговое значение 1: 1</p>	
<p>Количество несчастных случаев на производстве</p>	<p>Пороговое значение 1: 1</p>	
<p>Количество выбросов, т</p>	<p>Пороговое значение 1: 0,6867 Пороговое значение 2: 1,4323</p>	

Источник: собственная разработка автора

Среднее значение показателей получено по формуле средней арифметической простой. Для получения нижнего порогового значения ключевого индикатора риска от среднего значения необходимо отнять величину среднеквадратического отклонения, а для верхнего порогового значения – прибавить среднеквадратическое отклонение к среднему значению.

Для того, чтобы доказать правильность выбора закона нормального распределения при определении пороговых значений ключевых индикаторов риска теплоэлектростанций, была проведена проверка использованных данных на соответствие нормальному распределению. Для этого были построены кривые распределения данных. Ниже приведен алгоритм расчетов и построения на примере индикатора риска коэффициент использования установленной мощности (электрический). Была проведена группировка статистического ряда на 10 групп. Для организации автоматического подсчета количества повторений в каждом диапазоне была написана программа с использованием надстройки Visual Basic for Applications (VBA) из Microsoft Excel. Итог группировки представлен в табл. 3.13 и на рис. 3.7.

Таблица 3.13.

Группировка данных по ключевому индикатору риска
«коэффициент использования установленной мощности
электрический»

Диапазоны группировки	Количество повторений	Диапазоны группировки	Количество повторений
0,6–0,7	1	1,1–1,2	4
0,7–0,8	1	1,2–1,3	6
0,8–0,9	11	1,3–1,4	2
0,9–1,0	31	1,4–1,5	1
1,0–1,1	18	1,5–1,6	3

Источник: собственная разработка автора

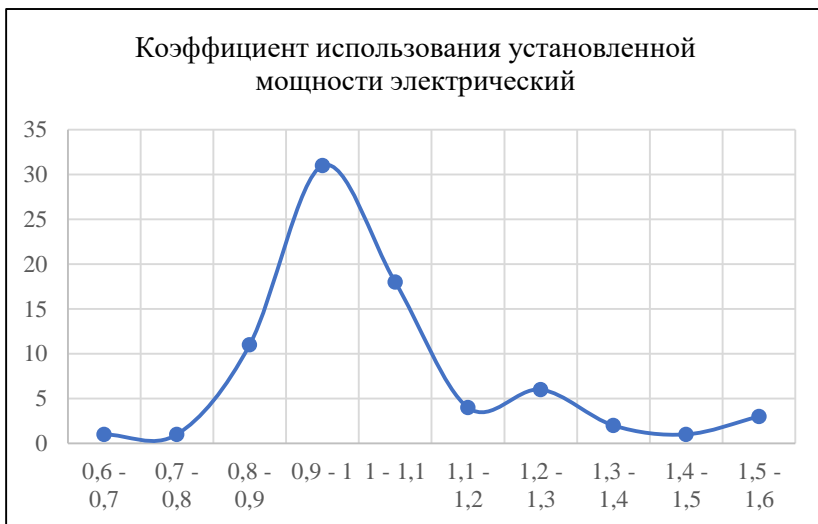


Рис. 3.7. Распределение данных по ключевому индикатору риска «коэффициент использования установленной мощности электрической»
 Источник: собственная разработка автора

Как видно на рис. 3.7 кривая распределения использованных данных имеет колоколообразную форму, что позволяет сделать вывод о том, что распределение данных подчиняется закону нормального распределения. Для подтверждения данной гипотезы были определены значения критериев Колмогорова-Смирнова и Пирсона (χ^2).

Любое предположение H о распределении выборочных наблюдений называется *статистической гипотезой* H .

Процедура обоснованного сопоставления высказанной гипотезы с выборочными данными называется *статистической проверкой гипотезы*.

Гипотеза, подлежащая проверке, называется основной или нулевой (обозначается H_0), гипотеза же принимаемая при отклонении H_0 называется альтернативной (обозначается H_1).

Пусть $\{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ выборка из генеральной совокупности F признака (случайной величины) X . Проверяется гипотеза $H_0 : F = F_0$ против альтернативы $H_1 : F \neq F_0$.

Универсальным критерием для проверки гипотезы о законе распределения является критерий Хи-квадрат Пирсона. Данный критерий можно применять, как к количественным, так и категориальным данным. Также к универсальным критериям можно отнести критерий Колмогорова-Смирнова. Однако данный критерий применим только в предположении, что генеральная совокупность имеет непрерывное распределение. Кроме того, критерий Колмогорова-Смирнова предполагает, что гипотеза $H_0 : F = F_0$ однозначно определяет распределение, или, как говорят в математической статистике, является **простой**. На практике же, как правило, рассматривается **сложная** гипотеза $H_0 : F = F_0$, определяющая распределение F_0 с точностью до параметров (например, мы говорим, что F_0 – нормальный закон распределения, но параметры распределения не указываем).

Кроме универсальных критериев, можно выделить группу критериев для проверки гипотезы о распределении данных по нормальному закону. Если предположение о нормальности принимается, то можно использовать параметрические методы статистики, основанные на предположении о нормальности данных. В противном случае следует применять непараметрические методы. Параметрические критерии проверки гипотез обладают большей мощностью по сравнению с непараметрическими.

Рассмотрим проверку гипотезы о законе распределения на примере критерия Хи-квадрат Пирсона.

Пусть $\{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ выборка из генеральной совокупности F , причем предполагается, что данные измерены в количественной шкале. Проверяется гипотеза $H_0 : F = F_0$ против альтернативы $H_1 : F \neq F_0$.

Представим выборку в виде интервального ряда, разбив наблюдаемую область значений случайной величины на m интервалов. Пусть n_i , $i = \overline{1, m}$ – число элементов выборки попавших в i -ый интервал, а p_i – теоретическая вероятность попадания в этот интервал, вычисленная при условии истинности H_0 . Заметим, что если параметры закона распределения F_0 неизвестны, необходимо предварительно найти оценки этих параметров, чтобы вычислить вероятности p_i (правильнее говорить в этом случае не о вероятностях p_i , а об их оценках). Составим статистику, которая характеризует сумму квадратов отклонений наблюдаемых значений n_i от ожидаемых np_i по всем интервалам группирования (формула (3.10)):

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^m \frac{(n_i - np_i)^2}{np_i}. \quad (3.10)$$

Если H_0 верна, то при фиксированном m и $n \rightarrow \infty$ статистика χ^2 стремится к распределению Хи-квадрат с $m - k - 1$ степенью свободы, где k – число неизвестных параметров распределения, оцениваемых по выборке. Очевидные, что малые наблюдаемые значения статистики χ^2 в пользу H_0 , большие же значения в пользу H_1 , поэтому критическую область значений статистики следует выбрать правостороннюю. Выберем в качестве $\chi_{кр}^2$ квантиль распределения Хи-квадрат уровня $1 - \alpha$, тогда критерий уровня значимости α для проверки H_0 будет иметь вид (формула (3.11)):

$$\delta = \begin{cases} H_0, & \chi_{\text{набл}}^2 < \chi_{\text{кр}}^2 \\ H_1, & \chi_{\text{набл}}^2 \geq \chi_{\text{кр}}^2 \end{cases},$$

$$\chi_{\text{набл}}^2 = \sum_{i=1}^m \frac{(n_i - np_i)^2}{np_i}, \quad (3.11)$$

где $\chi_{кр}^2$ – квантиль распределения Хи-квадрат уровня $1 - \alpha$ с $m - k - 1$ степенью свободы;

k – число неизвестных параметров распределения, оцениваемых по выборке.

Данный критерий носит название критерия Хи-квадрат Пирсона. Наблюдаемый уровень значимости критерия: $\alpha_{набл} = P(\chi^2 \geq \chi_{набл}^2)$.

Расчетные данные для определения величины χ^2 представлены в табл. 3.14.

Таблица 3.14.

Расчетные данные для определения статистических характеристик распределения

x	Количество повторений f	$\bar{x} - x$	t	$\varphi(t)$	f_1	$f - f_1$
0,6–0,7	1	–0,376	–2,176	0,03788	1,712	–0,712
0,7–0,8	1	–0,276	–1,597	0,11092	5,013	–4,013
0,8–0,9	11	–0,176	–1,018	0,23713	10,716	0,284
0,9–1	31	–0,076	–0,438	0,36213	16,365	14,635
1–1,1	18	0,024	0,141	0,39505	17,853	0,147
1,1–1,2	4	0,124	0,720	0,30785	13,912	–9,912
1,2–1,3	6	0,224	1,300	0,17137	7,744	–1,744
1,3–1,4	2	0,324	1,879	0,06814	3,079	–1,079
1,4–1,5	1	0,424	2,459	0,01936	0,875	0,125
1,5–1,6	3	0,524	3,038	0,00393	0,178	2,822
Итого	78	–	–	–	77,446	–

Источник: собственная разработка автора

$$\bar{x} = 1,026; \sigma = 0,17260144; \frac{n \cdot i}{\sigma} = 45,1908175; \chi^2 = 4,40733246$$

При $m - 3 = 10 - 3 = 7$ табличное значение существенности $\chi^2 = 14,067$. Так как расчетное значение меньше табличного, то распределение является нормальным.

Критерий согласия Колмогорова-Смирнова рассчитывается по следующей формуле (формула (3.12)):

$$K_k = \frac{|\chi^2 - (m - 3)|}{\sqrt{2 \cdot (m - 3)}} \quad (3.12)$$

Полученное значение необходимо сравнить со значением 3. Если рассчитанное значение меньше 3, то гипотеза считается подтвержденной.

Для нашего примера величина критерия была равна:

$$K_k = 0,69291955$$

Таким образом проверка по обоим критериям согласия доказала, что использованные для расчета ключевого индикатора риска «коэффициент использования установленной мощности (электрический)» данные подчиняются закону нормального распределения.

Расчет критериев Колмогорова-Смирнова и Пирсона (χ^2) для всех ключевых индикаторов риска (Приложение Ж) показал, что все использованные данные подчиняются закону нормального распределения, а значит, что использованная гипотеза верна.

Большинство КИР будет иметь три зоны – зеленая, желтая и красная. Однако в силу специфики того или иного КИР возможно сокращение количества зон. Как было указано ранее, попадание значения какого-либо ключевого индикатора в красную зону будет означать, что свершилось определенное рисковое событие и необходимо разработать мероприятия по управлению данным риском.

Использование ключевых индикаторов риска при управлении ими позволяет осуществить выбор наиболее значимых в данный момент анализа рисков теплоэлектростанции для дальнейшего управления ими, а также производить мониторинг уровня различных видов риска и разработать мероприятия по уменьшению их негативного воздействия на деятельность теплоэлектростанции и тем самым повысить эффективность управления рисками.

3.4. Управленческое воздействие на риски теплоэлектростанций

В основе принятия решений в области управления рисками лежит их оценка и анализ, от качества проведения которых во многом будет зависеть эффективность всей системы управления рисками.

Управление рисками на любом предприятии может быть организовано на основании различных подходов, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки. Так, автором Ф. Г. Ванюрихиным были выделены три основные группы подходов к организации управления рисками (табл. 3.15) [165].

По мнению автора [165], при формальном подходе система контроля и управления рисками строится на формальных требованиях закона либо заказчика. В связи с этим, чаще всего руководство не заинтересовано в затратах на создание качественной информационной базы рисков, а используемый инструментарий риск-менеджмента не адаптируется под особенности организации. Главным преимуществом данного подхода являются минимальные затраты на риск-менеджмент. Однако уровень угроз чаще всего полностью неизвестен, а статистика по рискам самостоятельно не ведется, а затраты на компенсацию потерь от рисков, а также на их страхование стремятся к максимуму.

Для стандартного подхода при организации управления рисками характерна достаточная зрелость системы контроля рисков и предупреждения наступления рисков событий, а используемый инструментарий более разнообразен и современен. Большая часть рисков подвергается дроблению либо компенсации на ранних стадиях возникновения рисков ситуаций. В тоже время, при использовании данного подхода система управления рисками недостаточно развита для эффективного воздействия на сложные риски, которые обладают такими свойствами, как адаптация и мимикрия. При использовании данного подхода затраты на управление рисками компенсируются за счет роста доходов в силу повышения качества управления, большинство рискообразующих факторов идентифицированы и нейтрализованы. Однако, за счет передачи функции управления рисками на аутсорсинг, контроль рисков чаще всего носит непостоянный характер.

Таблица 3.15.

Подходы к организации процесса управления рисками

Группа	Характеристики	Преимущества	Недостатки
1 Формальная, Basic	<p>2</p> <p>Система контроля и управления риском, строится на выполнении формальных требований закона, регулятора или заказчика.</p> <p>На предприятии отсутствует философия управления риском, руководство не заинтересовано в «лишних» тратах на сбор статистики и составление программы риск-менеджмента. Применяемые инструменты – тривиальные, не адаптированные. Применяется шаблонный (типовой) подход к выбору инструментария и методики его применения.</p>	<p>3</p> <p>При достаточном потенциале роста тарифа или цены на товары и услуги все издержки и потери при реализации риска компенсируются за счет добавочной стоимости и дополнительной прибыли. Расходы на риск-менеджмент в данном случае минимальны.</p>	<p>4</p> <p>Уровень угроз полностью неизвестен, статистика по рискам и событиям самостоятельно не ведется, динамика рискового потока не отслеживается. Расходы на компенсацию убытков, потерь, а также на страхование рисков стремятся к максимуму.</p>

1	2	3	4
Стандартная, Standard	<p>Большая часть присущего риска дробится, распределяется, компенсируется на ранних стадиях зарождения и проявления деструктивных факторов, а также продается на более выгодных условиях остаточный риск. Система контроля рисков и предупреждения наступления рисковых событий имеет достаточную зрелость и оснащена необходимыми инструментами, но не достаточно для эффективного противодействия сложным рискам, со значительной деструктивной динамикой и обладающим свойствами «адаптация» и «микрия».</p>	<p>Затраты на риск-менеджмент компенсируются за счет роста доходов, обеспеченных повышением качества управления. Большое деструктивных факторов риска предприятия идентифицировано и нейтрализовано. За счет применения большого материала в бизнес-процессах реализуются новые конкурентные преимущества.</p>	<p>За счет передачи функции риск-менеджмента на аутсорсинг, контроль рисков осуществляется на постоянной («время от времени») основе.</p>

Окончание табл. 3.15

1	2	3	4
<p>Прогрессивная Improvements Dynamic.</p>	<p>Функции оценки, анализа рисков управления рисками не находятся в противодействии или взаимозависимости (собилюдается баланс интересов). На предприятии достигнут баланс «контроль – риск». Риски известны, просчитаны, взвешены, нейтрализованы или минимизированы. Достигнуты максимальные показатели вовлеченности в процесс и понижение значимости управления рисками всех работников предприятия.</p>	<p>Максимальные условия обеспечения защищенности, безопасности и непрерывности ключевых процессов. Система менеджмента предприятия эффективна за счет обеспечения равномерного распределения функций управления, контроля и мониторинга.</p>	<p>Создание и поддержание системы на работоспособном уровне финансово и ресурсно-загратно.</p>

Источник: [165]

Наиболее эффективным подходом к организации управления рисками является прогрессивный метод. При его использовании все риски известны, просчитаны, взвешены, нейтрализованы или минимизированы. Это может быть достигнуто только путем понимания и максимального вовлечения в процесс управления рисками всех работников предприятия. Основными преимуществами данного подхода являются: максимальные условия для обеспечения защищенности, безопасности и непрерывности ключевых процессов; система менеджмента предприятия эффективна за счет обеспечения равномерного распределения функций управления, контроля и мониторинга. Но, стоит понимать, что создание и поддержание системы управления рисками при данном подходе является финансово- и ресурсно наиболее затратными.

Управление рисками на энергетических предприятиях в настоящее время носит достаточно формальный характер. Прежде всего это обусловлено тем, что в настоящее время энергетика Республики Беларусь все еще выстроена по вертикально-интегрированному принципу. Как итог, каждому предприятию пока еще нет необходимости самостоятельно противостоять внешним и внутренним рискообразующим факторам. Однако требуется постепенный переход к стандартному подходу, так как это даст большую стабильность энергетическим предприятиям при работе в рыночных конкурентных условиях.

В практике риск-менеджмента существует большое количество инструментов для проведения анализа рисков. Например, М. В. Грачевым предложены следующие основные методы оценки рисков (табл. 3.16).

Анализ риска принято разделять на качественный и количественный анализ. Ученые по-разному трактуют содержание качественного анализа. Так, Л. Ф. Догиль считает, что при проведении качественного анализа требуется «выявить основные виды рисков, влияющих на финансово-хозяйственную деятельность фирмы, компании и уже на начальном этапе оценить количественный состав рисков» [89].

Таблица 3.16.

Основные инструменты для анализа рисков

Название метода	Сущность метода	Сфера применения
1	2	3
Метод экспертных оценок	Комплекс логических и математико-статистических методов и процедур по переработке необходимой информации, связанных с деятельностью эксперта	Идентификация рисков, ранжирование рисков, качественная оценка
SWOT-анализ	Таблица, позволяющая наглядно противопоставлять сильные и слабые стороны проекта, его возможности и угрозы	Экспертная оценка рисков, разработка мер по управлению рисками
Роза (звезда), спираль рисков	Иллюстративная экспертная оценка рискованности факторов	Наглядное ранжирование рисков
Метод аналогий или консервативные прогнозы	Исследование накопленного опыта по проектам-аналогам с целью расчета вероятностей возникновения потерь	Оценка риска часто повторяющихся проектов
Метод ставки процента с поправкой на риск	Увеличение безрисковой ставки процента на величину надбавки за риск (рисковая премия)	Дополнительный учет факторов риска при расчете эффективности проекта

1	2	3
Метод критических значений	Нахождение тех значений переменных (факторов), проверяемых на риск, которые приводят расчетную величину соответствующего критерия эффективности проекта к критическому пределу	Мониторинг рисков в процессе управления проектом в условиях риска и неопределенности
«Деревья» решений	Метод принятия статистических решений при выборе одного из альтернативных вариантов и формировании оптимальной стратегии	Анализ рисков виртуального проекта. Управление проектом

Источник: [166]

В. В. Арсенов утверждает, что при проведении качественного анализа «оценки указывается вид риска, его причины, последствия, меры по снижению убытка и профилактические меры» [141]. Анализ сущности качественного анализа рисков, отраженный в работах отечественных и зарубежных авторов [167–169], позволил сформулировать основные задачи качественного анализа:

- 1) определение факторов риска;
- 2) определение этапов работы, процессов или хозяйственных операций, при выполнении которых возникает риск;
- 3) идентификация рисков и их характеристика.

Выявление и идентификация рисков является важным этапом, позволяющим сформировать эффективную систему управления рисками, так как только на четко обозначенный объект можно оказать управленческое воздействие, в то время как не выявленные риски могут оказать непредсказуемое, а в некоторых случаях и катастрофическое влияние на деятельность предприятия [170].

Качественный анализ рисков с учетом специфики деятельности энергетических предприятий был проведен нами в главе 1 и позволил получить классификацию рисков энергетических предприятий.

Количественная оценка рисков является продолжением их качественного анализа. Количественная оценка риска предполагает выявление таких характеристик риска, как вероятность и размер возможного ущерба, и базируется на инструментарии теории вероятностей, математической статистики, теории исследования операций и т. д. [171; 172]. Существует множество различных методов оценки рисков. Согласно анализу работ различных авторов [81; 91; 173; 174], наиболее часто применяемыми являются методы сценарного анализа, методы математической статистики, метод аналогий, методы оценки потерь, аналитический метод, методы экспертных оценок, а также методы теории статистических игр. Каждый из указанных методов имеет свои достоинства и недостатки. Рассмотрим их подробнее.

К *методам сценарного анализа* относятся метод Монте-Карло, метод «древа решений» и диаграмма Торнадо. Эти методы обеспечивают наглядность полученных в результате анализа данных в виде графического отображения различных вариантов решений. Также эти методы являются относительно простыми в использовании при известном количестве альтернативных сценариев развития ситуации с известными вероятностными и стоимостными показателями. Однако большое количество альтернативных вариантов развития ситуации приводит к значительному возрастанию объемов расчетов, что в свою очередь увеличивает вероятность ошибок. При использовании *методов математической статистики* проводится расчет таких величин, как дисперсия, среднеквадратическое отклонение, вариация и корреляция, а также математическое ожидание. *Дисперсия* характеризует степень колеблемости изучаемого показателя по отношению к его средней величине. *Среднеквадратическое (стандартное) отклонение* является одним из наиболее распространенных при оценке уровня индивидуального риска, так же, как и дисперсия определяющий степень колеблемости и построенный на ее основе. *Коэффициент вариации*. Он позволяет определить уровень риска, если показатели среднего ожидаемого дохода от осуществления финансовых операций различаются между собой. *Бета-коэффициент (или*

бета). Он позволяет оценить индивидуальный или портфельный систематический финансовый риск по отношению к уровню риска финансового рынка в целом. Этот показатель используется обычно для оценки рисков инвестирования в отдельные ценные бумаги. Данный показатель не может иметь применения на энергетических предприятиях, так как деятельность таких предприятий не подразумевает торговлю на рынке ценных бумаг. Одним из основных достоинств методов математической статистики является объективность и точность в сочетании с простотой использования. В то же время для проведения математических расчетов требуется наличие большого объема исходных данных, которые будут использованы в достаточно громоздких вычислениях. Также при применении методов математической статистики не учитывается влияние различных внутренних и внешних факторов. *Аналитические методы* основаны на использовании абсолютных и относительных показателей и не предполагают применения статистической обработки. Данные методы позволяют произвести всестороннюю оценку надежности и эффективности предприятия. Используемые методики отличаются простотой, информативностью и доступностью. Основной сложностью в применении данных методов является определение оптимальных («эталонных») значений выбранных показателей. Также расчеты сопряжены с использованием большого количества исходных данных. Применение *методов оценки потерь* требуют наличия значений вероятности возникновения рисков ситуации, а также величины возможных потерь. Данный метод позволяет получить оценку степени риска в стоимостном выражении. Главным преимуществом можно считать наглядность полученных результатов в виде графического изображения кривой потерь или карты рисков. В то же время данный метод позволяет определить лишь уровень отдельного риска по факту получения конечного результата. *Методы экспертных оценок* нашли широкое применение в риск-менеджменте. Основными вариантами экспертной оценки является ранжирование, непосредственная оценка, последовательное сравнение, парное сравнение. Экспертные методы оценки применяются в том случае, если на предприятии отсутствуют необходимые данные для осуществления расчетов экономико-статистическими методами. Эти методы базируются на опросе квалифицированных специалистов (страховых, финансовых, инве-

стиционных менеджеров соответствующих специализированных организаций) с последующей математической обработкой результатов этого опроса. В целях получения наиболее развернутой характеристики уровня риска по рассматриваемой операции опрос следует ориентировать на отдельные виды рисков, идентифицированные по данному предприятию. Эффективность применения методов экспертных оценок проявляется при решении сложных, нестандартных и неформализованных проблем, требующих широкого спектра знаний, опыта и интуиции компетентных специалистов. Основными недостатками данного метода оценки рисков являются: трудности проведения процедуры опроса, вероятность ошибок на стадии отбора экспертов, отсутствие абсолютных гарантий правильности полученных оценок ввиду наличия субъективизма. *Методы использования аналогов* заключается в поиске сходных (аналогичных) ситуаций, проектов или событий. Данные методы также просты в использовании, однако во многом зависят от знаний и опыта риск-менеджера, а значит, подвержены высокой степени субъективизма. *Методы теории статистических игр*, такие как критерии Вальда, Сэвиджа, Гурвица, Байеса, Лапласа и т. д., чаще применяются при принятии решений в условиях неопределенности. Главным преимуществом данных методов является учет различных факторов, однако существует сложность в определении воздействия неконтролируемых факторов, в особенности факторов внешней среды.

Проанализировав достоинства и недостатки различных методов оценки рисков, а также учитывая специфику деятельности и производственного процесса генерирующих предприятий можно сделать следующие выводы:

– наиболее подходящими методами проведения количественного анализа рисков теплоэлектростанций являются аналитические методы и методы оценки потерь. Связано это с обеспечением данными методами наиболее точной оценки, как самих отдельных рисков, так и их стоимостного выражения. Также использование данных методов возможно для теплоэлектростанций в связи наличием соответствующей методической, нормативно-правовой и инструктивной базы;

– использование метода экспертных оценок может найти широкое применение для анализа рисков энергетических предприятий, так как

обеспечивает наиболее полный учет количественных и качественных параметров. Одной из особенностей энергетики является высокий уровень квалификации персонала, что обеспечивает наличие опытных экспертов. Однако требуется повышение квалификации специалистов энергетических предприятий в области риск-менеджмента для увеличения качества принимаемых решений;

– применение методов сценарного анализа, методов математической статистики, методов использования аналогов и методов теории статистических игр для теплоэлектростанций имеет ограничения. Связано это с недостаточностью или полным отсутствием необходимых статистических данных и информационных баз, а также сведений об аналогичных ситуациях или сценариях ввиду новизны применения риск-менеджмента для предприятий энергетики.

Одним из применяемых методов оценки рисков промышленных предприятий является метод FMEA (от англ. Failure Mode and Effects Analysis), который применяется для управления рисками потенциальных дефектов в их новых проектах. В основе данного метода лежит оценка трех критериев: значимости (насколько тяжелыми будут последствия данного дефекта для потребителя), вероятности (как часто возникает определенное нарушение и может ли ситуация повториться), обнаружения (возможность обнаружения) (формула (3.13)):

$$R = S \times O \times D, \quad (3.13)$$

где R – величина анализируемого риска, в баллах;

S – значимость (Severity) риска, в баллах;

O – вероятность (Occurrence) риска, в баллах;

D – обнаружение (Detection) риска, в баллах [139].

Однако данный метод применим только для оценки производственных рисков и не подходит для других видов. Поэтому считаем целесообразным использование иного метода, в основе которого лежит определение двух основных показателей: вероятности возникновения риска и величины потенциальных последствий. Для определения уровня риска необходимо воспользоваться формулой (3.14):

$$R = P \times S, \quad (3.14)$$

где P – вероятность возникновения риска, в баллах;

S – величина потенциальных последствий, в баллах.

Алгоритм применения метода оценки потерь: определить размерность шкал оценки вероятности возникновения риска и величины потенциальных последствий; задать каждому значению в шкалах четкие параметры; определить критерии критичности для риска.

Первым шагом является определение размерности шкал для вероятности возникновения риска и тяжести последствий. В практике управления рисками применяются 10-ти, 5-ти, 4-х и 3-х балльные шкалы. В табл. 3.17 представлена характеристика значений вероятности возникновения риска и величины потенциальных последствий в шкалах различных размерностей, полученная на основе анализа источников [175–178].

Для проведения анализа рисков энергетических предприятий будем использовать 4-х балльную шкалу. Такая размерность шкалы позволяет избежать избыточного объема информации, что наблюдается при использовании 10-ти балльной шкалы, в то же время обеспечивает ее достаточность. Далее зададим каждому значению в шкалах четкие параметры.

4-х балльная шкала количественной оценки вероятности рисков теплоэлектростанций представлена в табл. 3.18.

Оценка же тяжести последствий должна отражать специфику деятельности предприятия.

Подход к управлению рисками любого предприятия зависит от ряда факторов и может быть активным, адаптивным или консервативным. Выбор того или иного подхода к управлению определяется сложившимися особенностями управления рисками в организации, имеет свои достоинства и недостатки (табл. 3.19) [179–182].

На практике консервативный метод, несмотря на свою экономичность, является малоиспользуемым, так как величина суммы возможного ущерба может быть несопоставима с ресурсами предприятия.

Таблица 3.17.

Характеристика величин вероятности и потенциальных последствий в различных шкалах

Количественный показатель (в баллах)			10	Качественный показатель вероятности возникновения риска	Качественный показатель величины потенциальных последствий	10	Количественный показатель (в баллах)		
3	4	5					9	5	4
3	4	5	10	Всегда	Катастрофическая	10	5	4	3
			9	Практически неизбежно	Критическая	9			
2	3	4	8	Очень часто	Высокая	8	4	3	2
			7	Часто	Значительная (серьезная)	7			
	2	3	6	Возможно	Существенная	6	3		
			5	Периодически	Средняя	5			
1	1	1	4	Редко	Умеренная	4	2	2	1
			3	Маловероятно	Низкая	3			
			2	Практически невозможно	Приемлемая	2			
			1	Невероятно	Незначительная	1			

Источник: разработка автора на основе [174–177]

Таблица 3.18.

Количественная оценка вероятности возникновения риска энергетических предприятий

Значение, балл	Вероятность	Описание
4	Практически неизбежно	1 раз в течение рабочей смены или чаще
3	Часто	1 раз в месяц или чаще
2	Редко	1 раз в квартал или чаще
1	Невероятно	Реже, чем 1 раз в полугодие год

Источник: собственная разработка автора

Таблица 3.19.

Характерные особенности подходов к управлению рисками организации

Подход к управлению	Особенности управления	Достоинства	Недостатки
Активный	Управляющие воздействия направлены на предупреждение рисков факторов, влияющих на исход финансовой операции или деятельности предприятия	Максимальный контроль над существующими угрозами	Самый дорогостоящий подход, основные затраты связаны с прогнозированием и оценкой рисков, а также на организацию непрерывного контроля и мониторинга
Адаптивный	Управляющее воздействие оказывают в ходе проведения операции или осуществления деятельности, как реакция на изменения среды.	Относительная простота в осуществлении, так как сам процесс управления является адаптивной к уже непоследственно сложившейся ситуации	Позволяет контролировать только часть неопределенностей и возможных потерь
Консервативный (пассивный)	Связан с локализацией наступившего ущерба, а также устранением его влияния на дальнейшие события. Локализация убытков, нейтрализация их влияния на работу предприятия	Затраты на средства управления рисками минимальны	Возможный ущерб может оказаться критичным

Источник: разработка автора на основе [179–182]

Некоторые авторы выделяют также комплексный или интегрированный подход, который объединяет несколько подходов и обеспечивает высокую гибкость в управлении рисками, позволяя выбрать наиболее подходящий подход к управлению каждого отдельного риска. Таким образом, комплексный подход является самым универсальным и результативным, однако и самым затратным [181]. Поэтому данный подход чаще всего используется крупными промышленными предприятиями.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Энергетической безопасности принадлежит ведущая роль в системе экономической безопасности личности, общества и государства в условиях современного уровня развития цивилизации. Возможная утрата страной энергетической безопасности в перспективе может быть спровоцирована рядом обстоятельств.

Прежде всего, это может быть связано с трудностями финансового характера в обеспечении мероприятий по поддержанию энергетических объектов в безопасном состоянии, как на государственном, так и на региональном уровнях. Энергетика Республики Беларусь имеет статус важнейшей естественной монополии и это вызывает определенные сложности для нее при формировании тарифов, в связи с обеспечением и сохранением социальной поддержки отдельных групп потребителей. Требуется скорейшего разрешения противоречия между реально понесенными затратами предприятий энергетики и уровнем их возмещения потребителями через систему тарифов на энергию. Следует отметить высокую значимость энергетической безопасности Республики Беларусь для обеспечения других видов национальной безопасности, обеспечивающих выживание, устойчивое функционирование и развитие субъектов хозяйственности всех уровней в условиях недостаточности большинства видов собственных энергетических ресурсов, потребляемых для производства энергии и обеспечения потребностей современного производства. Проблема устойчивого развития энергетики Республики Беларусь тесно связана с решением проблемы энергетической безопасности на всех уровнях.

Переход энергетики Республики Беларусь к рыночным взаимоотношениям приведет к неизбежному росту вероятности возникновения рисков. Сочетание новых условий функционирования энергетических предприятий в рыночной среде с необходимостью поддержания надежного и бесперебойного энергоснабжения потребителей обуславливает целесообразность разработки инструментария для управления рисками с учетом специфики технологического процесса производства энергии. Результаты проведенного исследования могут явиться основой для разработки новых методов управления, использующих инструменты риск-менеджмента в энергетике.

К основным результатам исследования относятся:

1. Развитие теоретических и методических подходов к оценке уровня энергетической безопасности, включающих:

– комбинированный подход, при котором объектами энергетической безопасности являются все составляющие технологического цикла, как участники процесса производства энергии, так потребители на всех уровнях;

– систему общих угроз энергетической безопасности, внешние угрозы, включающие трансграничные и внутренние угрозы энергетической безопасности;

– уточненное понятие «энергетическая безопасность», определенное как самостоятельный компонент национальной безопасности, включающий в себя обеспечение надежности и устойчивости субъектов процесса генерации, передачи, распределения энергии и потребителей на уровнях предприятия, отрасли, региона и государства от внешних и внутренних угроз.

2. Расчет индекса энергетической безопасности объекта генерации;

3. Развитие теоретических подходов к управлению рисками энергетических предприятий, включающих:

а) уточнение понятия «риск энергетического предприятия» как присущую деятельности по производству, передаче, распределению и сбыту энергии возможность понесения потерь или неспособность выполнить обязательства по энергоснабжению потребителей вследствие наступления отклонений, связанных с возрастанием влияния неопределенности внешних или внутренних факторов;

б) авторскую классификацию рисков в энергетике, которая стала основой для формирования модели управления рисками.

4. Модель управления рисками теплоэлектростанций и алгоритм ее реализации. В основе разработанной модели лежит целенаправленное воздействие субъекта управления рисками посредством ключевых принципов, функций и процессов управления на риски теплоэлектростанций. Алгоритм реализации модели управления рисками теплоэлектростанции включает следующие этапы: разработку организационного обеспечения модели, создание ее информационного и методического обеспечения, формирование системы коммуникаций

и информирования о рисках, а также практическую реализацию предлагаемой модели.

5. Авторская методика определения пороговых значений ключевых индикаторов риска теплоэлектростанций, которая включает:

- а) выбор ключевых индикаторов рисков;
- б) обоснование уровня пороговых значений для выбранных индикаторов с применением методов математической статистики;
- в) оценку соответствия ключевых индикаторов риска их пороговым значениям;
- г) программное обеспечение для автоматизации процесса группировки данных по ключевым индикаторам риска энергетических предприятий с целью построения кривой распределения данных и подтверждения нормальности распределения.

Данная методика позволяет информировать субъект управления рисками теплоэлектростанции о возникшем превышении уровня определяемого риска

Практическая значимость исследования заключается в том, что основные положения, выводы и рекомендации исследования ориентированы на широкое применение при осуществлении мероприятий по решению проблем энергетической безопасности и управления рисками на предприятиях ТЭК, а также разработки комплекса практических мероприятий в этой сфере. Предложен подход к развитию концепции энергетической безопасности, сформулированы основные направления мероприятий в области энергетической безопасности, даны рекомендации по организации системы управления рисками в энергетике.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. 17 целей устойчивого развития Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sdgs.by/> – Дата доступа: 09.09.2022.

2. Sustainable development goals knowledge platform [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sustainabledevelopment.un.org/sdgs>. – Дата доступа: 09.09.2022.

3. What is the energy trilemma? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.worldenergy.org/assets/images/imported/2013/09/Trilemma-original.pdf> – Дата доступа: 16.10.2020.

4. World Energy Trilemma. Time to get real – the case for sustainable energy investment. World Energy Council 2013. 113 p. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.worldenergy.org/assets/images/imported/2013/09/2013-Time-to-get-real-the-case-for-sustainable-energy-nvestment.pdf> – Дата доступа: 16.10.2020.

5. ESG как инструмент антикризисного реагирования/ Ермолова А. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://grasias.ru/publication/esg-kak-instrument-antikrizisnogo-reakirovaniya/> – Дата доступа: 22.12.2022.

6. Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/about/development-agenda>. – Дата доступа: 16.10.2020.

7. Об утверждении Концепции национальной безопасности Республики Беларусь [Электронный ресурс] : указ Презид. Респ. Беларусь, 9 нояб. 2010 г., № 575 // Нац. Правовой Интернет-портал Респ. Беларусь // Pravo.by. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=p31000575>. – Дата доступа: 08.09.2023.

8. Об утверждении Концепции энергетической безопасности Республики Беларусь [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 23 дек. 2015 г., № 1084 // ИПС «Эталон online». – Режим доступа: <https://etalonline.by/document/?regnum=c21501084>. – Дата доступа: 20.06.2017.

9. Ожегов, С. И. Толковый словарь русского языка / С. И. Ожегов, Н. Ю. Шведова – 4-е изд. – М. : Азбуковник, 1997. — 944 с

10. Об энергетической стратегии России на период до 2020 года : Утв.: Распоряжение Правительства РФ от 28.08.2003 № 1234-р (ред. от 15.06.2009) . – М., 2003. – 118 с.

11. Энергетическая безопасность Казахстана как фактор устойчивого развития [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://articlekz.com/article/7883>. – Дата доступа: 02.02.2020.

12. Национальная энергетическая программа Кыргызской Республики на 2008-2010 годы и стратегии развития топливно-энергетического комплекса до 2025 года : утв. постановлением Жогорку Кенеша Кыргызской Республики от 24.04.2008 года № 346-IV, 2008. – 51 с.

13. Yergin D. The Quest : Energy, Security, and the Remaking of the Modern World. – New York : Penguin Press HC, 2011. – 816 p.

14. Примаков, Е. М. Мир без России? К чему ведет политическая близорукость / Е. М. Примаков. – М. : ИИК «Российская газета», 2009. – 239 с.

15. Деденкулов, А. В. Проблемы энергетической безопасности в начале XXI века: вызовы и возможности / А. В. Деденкулов // Вестн. МГИМО-Университета, Экон. и эконом. науки. – 2013. – № 1(28). – С. 241–248.

16. Манцерава, Т. Ф. Повышение энергетической безопасности Республики Беларусь / Т. Ф. Манцерава, Е. П. Корсак // Современное состояние экономики России: вызовы, возможности, риски: сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, 21 декабря 2021 г., Тверь. В 2 ч. / под общ. ред. И. В. Вяжиной, Г. Г. Скворцовой. – Тверь : Тверской государственный технический университет, 2022. – Ч. 2. – С. 69–76

17. Левинзон, С. В. Энергобезопасность: от чего зависит, на что влияет / С. В. Левинзон // Энергия: экономика, техника, экология. – 2016. – № 7. – С. 44–50.

18. Нагорнов, В. Н. Повышение энергетической безопасности теплоэнергетической системы / В. Н. Нагорнов, Т. Ф. Манцерава, Е. П. Корсак // Управление в социальных и экономических системах:

материалы XXVII Международной научно-практической конференции, г. Минск, 17 мая 2018 г. / редкол.: Н. В. Суша [и др.]. – Минск : Минский инновационный университет, 2018. – С. 27–28.

19. Шестопапов, П. В. Энергетическая безопасность: определение понятия и сущность / П. В. Шестопапов // Проблемы экономики и юридической практики. – 2012. – № 5. – С. 200–201.

20. Глушкова, И. В. Сущность и содержание понятия «энергетическая безопасность» / И. В. Глушкова // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2015. – № 1–2. – С. 15–17.

21. Дубровин Е., Дубровин И. Энергетическая безопасность как важная составляющая национальной безопасности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.eprussia.ru/epr/170/12776.htm>. – Дата доступа: 09.12.2021.

22. Школер, Р. А. Энергетическая безопасность Российской Федерации и оптимальная стратегия развития ТЭК в условиях глобализации : автореф. дис. ... канд. экон. наук : 08.00.14 / Р. А. Школер ; Гос. унив., Высш. школа экон.. – М., 2019. – 40 с.

23. Мальцева П. Н. Система государственного управления энергетической безопасностью северного региона (на примере Магаданской области) / Магадан. ин-т экономики С.-Петерб. ун-та упр. и экономики. – СПб. : Издательство Санкт-Петербургского университета управления и экономики, 2012. – 170 с

24. Печковская, В. В. Национальная безопасность России в условиях глобализации энергетического бизнеса / В. В. Печковская // ТЭК. – 2003. – № 4. – С. 32–35.

25. Быкова, Е. В. Необходимость и возможные направления координации работ в области энергетической безопасности стран СНГ / Е. В. Быкова, В. М. Постолатий // Экономическая и энергетическая безопасность регионов России: материалы междунар. 124 науч.-практ. конф., г. Пермь: в 2 ч. – Пермь: Перм. гос. ун-т, 2003. – Ч.1. – С. 49–51.

26. Динков, В. А. Энергетическая безопасность и энергетическое сотрудничество в нефтегазовой сфере / В. А. Динков // Энергетическая политика. – 1996. – Вып. 3–4. – С. 24–26.

27. Лобов, О. И. Энергетическая безопасность России во взаимосвязи с проблемами энергетической безопасности других государств СНГ / О. И. Лобов // Энергетическая политика. – 1996. – Вып. 3–4. – С. 6–9.

28. Макаров, А. А. Долгосрочные аспекты обеспечения энергетической безопасности государств СНГ / А. А. Макаров // Энергетическая политика. – 1996. – Вып. 3–4. – С. 27–29.

29. Серов, В. М. Организация сотрудничества России с государствами СНГ в топливно-энергетической сфере / В. М. Серов // Энергетическая политика. – 1996. – Вып. 3–4. – С. 29–30.

30. Экономические аспекты развития мирового энергетического рынка / А. Е. Дайнеко и [др.]; под науч. ред. А. Е. Дайнеко ; Белорусский национальный технический университет. – Минск : Право и экономика, 2023. – 176 с.

31. Доклад о человеческом развитии в Российской Федерации за 2017 год / под ред. С. Н. Бобылева и Л. М. Григорьева. – М. : Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации, 2017. – 292 с.

32. 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.

33. Корсак, Е. П. Энергетическая безопасность национальной экономики: проблематика, результаты, перспективы / Е. П. Корсак // «Новая экономика». – 2019. – № 1(73). – С. 194–200.

34. Новак, А. Поиск баланса в решении энергетической «трилеммы» [Электронный ресурс] : доклад в рамках WEC–2013. – Режим доступа: <http://www.orte.by/News/1553.html> – Дата доступа: 13.02.2020.

35. Мастепанов, А. М. Мировая энергетика: основные проблемы и тенденции развития – Глава 4 учебника «Современная мировая политика» / Под ред. Е. П. Бажанова; 2-е изд. Дипломатическая академия МИД России. – М. : Издательско-торговая корпорация «Дашков и К». – 2019. – С. 67–99.

36. Мастепанов, А. М. Энергетический переход как генеральное направление развития энергетики будущего / А. М. Мастепанов // Экологический вестник России. – 2020. – № 1. – С. 10–15.

37. Мастепанов, А. М. Энергетический переход как генеральное направление развития энергетики будущего / А. М. Мастепанов // Экологический вестник России. – 2020. – № 2. – С. 12–19.

38. Хлопов, О. А. Проблемы энергетического перехода в меняющемся ландшафте глобальной энергетической безопасности / О. А. Хлопов // Власть. – 2021. – № 5. – С. 58–65.

39. Кононов, Ю. Д. Анализ зарубежного опыта комплексной оценки состояния энергетической безопасности / Ю. Д. Кононов // Энергетическая политика. – 2017. – Вып. 1. – С. 98–107.

40. Energy Dictionary / World Energy Council. – Paris : Jouve Sl., 1992. – 633 p.

41. Манцорова, Т. Ф. Теория устойчивого развития топливно-энергетического комплекса сквозь призму энергетической трилеммы / Т. Ф. Манцорова, Е. П. Корсак // Управление в социальных и экономических системах : м-лы ХХХ международной научно-практической конференции, г. Минск, 14 мая 2021 г. / редкол.: Н. В. Суша (предс.) и др. ; Минский инновационный ун-т. – Минск : Минский инновационный университет, 2021. – С. 38–39.

42. Кондраков, О. В. Мониторинг как элемент обеспечения энергетической безопасности региона / О. В. Кондраков // Социально-экономические явления и процессы. – 2012. – № 3. – С. 50–54.

43. Стратегия развития АО «Самрук-Энерго» на 2018–2028 гг. : утв.: Решением Совета Директоров АО «Самрук-Энерго» от 28.08.2018 г. Протокол № 08/18. – Астана, 2018. – 14 с.

44. Антипова, Е. А. Электроэнергетика Республики Беларусь: динамика и территориальная структура в XXI веке / Е. А. Антипова, Л. О. Жигальская // Весці БДПУ. Серыя 3. Фізіка. Матэматыка. Інфарматыка. Біялогія. Геаграфія. – 2020. – № 1 (103). – С. 51–61.

45. Жигальская, Л. О. Экономико-энергетическое развитие районов Беларуси: особенности и перспективы / Л. О. Жигальская // Социальноэкономическая география: теория, методология и практика преподавания: материалы междунар. науч. конф. «Четвертые Макасовские чтения», Москва, 19 апр. 2019 г. / Московский педагогический гос. ун-т. Геогр. фак.; редкол.: Д. В. Заяц [и др.]. – М. : МПГУ, 2019. – С. 30–38.

46. Жигальская, Л. О. Развитие электроэнергетики Беларуси в контексте обеспечения энергетической безопасности / Л. О. Жигальская // XIII Машеровские чтения: материалы междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Витебск, 18 окт. 2019 г. / Витеб. гос. ун-т им. П. М. Машерова;

редкол.: И. М. Прищепа [и др.]. – Витебск: ВГУ им. П. М. Машерова, 2019. – С. 56–58.

47. Жигальская, Л. О. Региональные особенности и перспективы развития электроэнергетики Беларуси [Электронный ресурс] / Л. О. Жигальская // Демографические риски XXI века. К Международному дню народонаселения: тез. докл. VI межвуз. студенч. конф. с междунар. участием, Минск, 17 мая 2019 г. / Белорус. гос. ун-т; редкол.: Е. А. Антипова [и др.]. – Минск : БГУ, 2019. – С. 19–20.

48. Khodkovskaya, J. V., Fazrakhmanov, I. I., Barkova, E. E., Korsak, K. P. Sustainable Development of the Region: Environmental and Economic Aspects of Security (2022) Geo-Economy of the Future: Sustainable Agriculture and Alternative Energy: Volume II., 2, pp. 717-726. 87) https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85160681339&doi=10.1007%2f978-3-030-92303-7_74&partnerID=40&md5=7969c59b49d04481ecb7a6a2765f596b DOI: 10.1007/978-3-030-92303-7_74 Тип документа: Book Chapter Стадия публикации: Final Источник: Scopus

49. Azzuni, A.; Breyer, C. Definitions and dimensions of energy security: A literature review. *Wiley Interdiscip. Rev. Energy Environ.* 2017, 7, e268.

50. Множественная регрессия [Электронный ресурс]. – Электронный учебник по статистике, Statsoft. – Режим доступа: <http://statsoft.ru/home/textbook/modules/stmulreg.html>. – Дата доступа: 23.10.2021.

51. Манцерава, Т. Ф. Повышение энергетической безопасности как фактор устойчивого развития Республики Беларусь / Т. Ф. Манцерава, Е. П. Корсак // Современное состояние экономических систем: управление, развитие, безопасность: сборник научных трудов III Международной научно-практической конференции, 20 декабря 2022 г., Тверь / под общ. ред. И. В. Вяжиной, Г. Г. Скворцовой. – Тверь : Тверской государственный технический университет, 2023. – С. 52–59.

52. Манцерава, Т. Ф. Основные подходы к оценке уровня энергетической безопасности странами ЕАЭС / Т. Ф. Манцерава, Е. П. Корсак // Современные технологии и экономика энергетики: материалы Международной научно-практической конференции. – СПб. : СПбПУ им. Петра Великого, 2021. – С. 61–63.

53. Корсак, Е. П. Энергетическая безопасность: аспекты и оценки / Е. П. Корсак // Современные технологии и экономика в энергетике : материалы Международной научно-практической конференции, 27 апреля 2023 г. – СПб. : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2022. – С. 30–32
54. Данилина, Н. Е. Мониторинг энергетической и промышленной безопасности / Н. Е. Данилина, А. Л. Панищев // Инновационная наука. – 2017. – № 4. – С. 39–43.
55. Пыхов, П. А. Диагностика энергетической безопасности регионов России / П. А. Пыхов // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 6–2. – С. 325–329
56. Береснева, Н. М. Система поддержки индикативного анализа энергетической безопасности России : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.18 / Н. М. Береснева ; Ин-т систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН. – Иркутск, 2008. – 129 с. : ил.
57. Жакиева, Ш. И. Оценка уровня энергетической безопасности стран мира безопасности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://articlekz.com/article/21112>. – Дата доступа: 23.10.2023.
58. Безруких, П. П. Использование энергии ветра. Техника, экономика, экология : учеб. пособие. / П. П. Безруких. – М. : Колос. 2008. – 196 с.
59. Манцерова, Т. Ф. Возобновляемые источники энергии в системе энергетической безопасности страны / Т. Ф. Манцерова, Е. П. Корсак, Д. Н. Матвейчук // Экономический бюллетень. – 2020. – № 10. – С. 42–49
60. Karachurina, G. G., Vassilyeva, Y. P., Gaisina, A. V., Khisamutdinov, I. A., Mantserova, T. F. World Nuclear Power in the Context of Sustainable Development Geo-Economy of the Future: Sustainable Agriculture and Alternative Energy: Volume II., 2, pp. 265-275. 63) https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85160707519&doi=10.1007%2f978-3-030-92303-7_30&partnerID=40&md5=a59033e597386a2bb312e4c81bc2d2bc DOI: 10.1007/978-3-030-92303-7_30 Тип документа: Book Chapter Стадия публикации: Final Источник: Scopus
61. Надежность топливо- и энергоснабжения и живучесть систем энергетики регионов России / Л. Л. Богатырев [и др.]; под науч. ред. Н. И. Воропая, А. И. Татаркина. – Екатеринбург : Урал. ун-т, 2003. – 390 с.

62. Савельев, В. А. Оценка влияния угроз на региональную энергетическую безопасность с использованием элементов теории риска / В. А. Савельев, В. В. Батаева // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики / отв. ред. Н. И. Воронин, А. Н. Назарычев. – Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2015. – Вып. 65. – С. 396–404.

63. Манцерава, Т. Ф. Определение уровня энергетической безопасности предприятия энергетики / Т. Ф. Манцерава, Е. П. Корсак // Современные технологии и экономика энергетики. Мат-лы Международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 2022. – С. 54–56.

64. Манцерава, Т. Ф., Лапченко, Д. А. Основные подходы к экономической диагностике предприятий энергетики. Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2019. – 62(4). – С. 362-376. <https://doi.org/10.21122/1029-7448-2019-62-4-362-376>.

65. Русецкая, М. И. Экономическая целесообразность использования цифровых технологий в электроэнергетическом комплексе / М. И. Русецкая; науч. рук. Е. П. Корсак // Международной научно-практической конференции: социально-экономическое развитие организаций и регионов в условиях цифровизации экономики. – Витебск : ВГТУ, 2020. – С. 306–309

66. Корсак, Е. П. Цифровизация и ее роль в управлении топливно-энергетическим комплексом Республики Беларусь / Е. П. Корсак, М. И. Русецкая, А. Д. Полухович // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия D, Экономические и юридические науки: научно-теоретический журнал – Полоцк, 2020. – № 13. – С. 46–51.

67. Русецкая, М. И. Перспективы цифровой трансформации / М. И. Русецкая; науч.рук. Е. П. Корсак // Актуальные проблемы энергетики 2019: материалы студенческой научно-технической конференции /Белорусский национальный технический университет, Энергетический факультет. – Минск : БНТУ, 2019. – С. 506–509.

68. Русецкая, М. И. Blockchain как новый уровень энергетики / М. И. Русецкая, Я. А. Стасул; науч. рук. Е. П. Чиж // Модернизация хозяйственного механизма сквозь призму экономических, правовых,

социальных и инженерных подходов : сборник материалов XI Международной научно-практической конференции, 23 ноября 2017 г. : в 2 т. / Белорусский национальный технический университет, Факультет технологий управления и гуманитаризации, Кафедра «Экономика и право» ; пред. редкол. С. Ю. Солодовников. – Минск : БНТУ, 2017. – Т. 2. – 2017. – С. 211.

69. Русецкая, М. И. Анализ развития энергетических рынков мира / М. И. Русецкая, В. Н. Богурина; науч. рук. Е. П. Корсак // Актуальные проблемы энергетики: материалы 75-й научно-технической конференции студентов и аспирантов / Белорусский национальный технический университет, Энергетический факультет. Секция: Экономика и организации энергетики. – Минск : БНТУ, 2019 – С. 82.

70. Русецкая, М. И. Энергетическая политика в области энергоэффективности в странах Евразийского экономического союза/ М. И. Русецкая; науч. рук. Е. П. Чиж // Экономика энергетики и энергосбережение : материалы междунар. науч. конф., 10 апреля 2018 г. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2018. – С. 190–192.

71. Русецкая М. И., Манцерава Т. Ф., Корсак Е. П. Анализ энергетического комплекса стран – участниц ЕАЭС и формирование групп-технологий его цифровизации. Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2023; – 66(2): – С. 169–185. <https://doi.org/10.21122/1029-7448-2023-66-2-169-185>

72. Фадейкина, Н. Эволюция взглядов на категории «риск» и «неопределенность» в экономической науке / Н. Фадейкина, И. Деймчук // Ресурсы. Информация. Снабжение. Конкуренция. – 2013. – № 3. – С. 202–208.

73. Анфилатов, В. С. Системный анализ в управлении : учеб. пособие / В. С. Анфилатов, А. А. Емельянов, А. А. Кукушкин ; под ред. А. А. Емельянова. – М. : Финансы и статистика, 2002. – 368 с.

74. Боди, З. Финансы : [пер. с англ.] / З. Боди, Р. К. Мертон. – М. : Вильямс, 2007. – 584 с.

75. Чернова, Г. В. Практика управления рисками на уровне предприятия : учеб. пособие / Г. В. Чернова. – СПб. : Питер, 2000. – 172 с.

76. Кейнс, Дж. М. Общая теория занятости процента и денег : в 2 т. / Дж. М. Кейнс. – М. : Эконом-ключ, 1993. – 2 т. – (Антология экономической классики).

77. Vaughan, E. J. Risk management / E. J. Vaughan. – New York : Wiley, 1997. – 255 p.

78. Ван Хорн, Дж. К. Основы управления финансами : [пер. с англ.] / Дж. К. Ван Хорн. – М. : Финансы и статистика, 2005. – 799 с. – (Серия по бухгалтерскому учету и аудиту UNCTC / гл. ред. Я. В. Соколов).

79. Бланк, И. А. Управление финансовыми рисками / И. А. Бланк. – Киев : Ника-Центр, 2005. – 600 с.

80. Балабанов, И. Т. Основы финансового менеджмента : учеб. пособие / И. Т. Балабанов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Финансы и статистика, 2002. – 525 с.

81. Хохлов, Н. В. Управление риском / Н. В. Хохлов. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 239 с.

82. Риски в современном бизнесе: методология и практика / П. Г. Грабовый [и др.] ; Нац. исслед. ун-т, Моск. гос. строит. ун-т ; под ред. П. Г. Грабового. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Просвещение, 2017. – 285 с.

83. Ренн, О. Три десятилетия исследования риска: достижения и новые горизонты / О. Ренн // Вопросы анализа риска. – 1999. – Т. 1, № 1. – С. 81–98.

84. Миэринь, Л. А. Основы рискологии : учеб. пособие / Л. А. Миэринь ; С.-Петерб. гос. ун-т экон. и финансов. – СПб. : Изд-во С.-Петерб. гос. ун-та экон. и финансов, 1998. – 138 с.

85. Страхование и управление риском : терминологический словарь / сост.: В. В. Тулинов, В. С. Горин. – М. : Наука, 2000. – 565 с.

86. Страховой бизнес : слов.-справ. / сост. Р. Т. Юлдашев. – М. : Анкил, 2005. – 832 с.

87. Morgan, J. P. RiskMetrics – Technical Document [Electronic resource] / J. P. Morgan // Reuters ltd International marketing. – Mode of access: <http://www.jpmorgan.com/RiskManagement/RiskMetrics/RiskMetrics.html>. – Date of access: 04.01.2022.

88. Краснова, И. И. Управление хозяйственными рисками / И. И. Краснова // Наука – образованию, производству, экономике : материалы 4-й Международной науч.-техн. конф. : в 2 т. / Белорус.

нац. техн. ун-т ; редкол.: Б. М. Хрусталеv, Ф. А. Романюк, А. С. Калининченкo. – Минск , 2006. – Т. 1. – С. 328–332.

89. Догиль, Л. Ф. Управление рисками и страхование в бизнесе : учеб.–метод. пособие / Л. Ф. Догиль. – Минск : Мисанта, 2014. – 327 с.

90. Лапуста, М. Г. Риски в предпринимательской деятельности / М. Г. Лапуста, Л. Г. Шаршукова. – М. : ИНФРА-М, 1998. – 224 с.

91. Гранатуров, В. М. Экономический риск: сущность, методы измерения, пути снижения : учеб. пособие / В. М. Гранатуров. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Дело и сервис, 2016. – 288 с.

92. Ивасенко, А. Г. Финансовый менеджмент : учеб. / А. Г. Ивасенко, В. А. Павленко, О. С. Рябых. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2002. – 175 с.

93. Титович, А. А. Менеджмент риска и страхования : учеб. пособие / А. А. Титович. – Минск : Выш. Шк., 2008. – 271 с.

94. Альгин, А. П. Риск и его роль в общественной жизни / А. П. Альгин. – М. : Мысль, 1989. – 187 с.

95. Хаймурзина, Н. З. Управление рисками в условиях неравновесной экономики : дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05 / Н. З. Хаймурзина ; Ульяновский гос. ун-т. – М., 2006. – 168 с.

96. Шапкин, А. С. Теория риска и моделирование рискованных ситуаций : учебник для бакалавров / А. С. Шапкин, В. А. Шапкин. – 6-е изд. – М. : Дашков и К, 2014. – 880 с.

97. Уткин, Э. А. Риск-менеджмент / Э. А. Уткин. – М. : Тандем, 1998. – 286 с.

98. Галиц, Л. Финансовая инженерия: инструменты и способы управления финансовым риском : [пер. с англ.] / Л. Галиц ; под. ред. А. М. Зубкова. – М. : ТВП, 1998. – 576 с.

99. Можаяева, С. В. Экономика энергетического производства : учеб. пособие / С. В. Можаяева. – 6-е изд., доп. и перераб. – СПб. : Лань, 2011. – 272 с.

100. Солодовников, С. Ю. Модернизация белорусской экономики и экономика рисков: актуальные проблемы и перспективы : [монография] / С. Ю. Солодовников, Т. В. Сергиевич, Ю. В. Мелешко ; [под науч. ред. С. Ю. Солодовникова]. – Минск : БНТУ, 2019. – 490 с.

101. Найт, Ф. Х. Риск, неопределенность и прибыль / Ф. Х. Найт ; пер. с англ. М. Я. Каждана, В. Г. Гребенникова. – М. : Дело, 2003. – 352 с. – (Современная институционально-экономическая теория).

102. Лапченко, Д. А. Оценка и управление экономическим риском: теория и практика : монография / Д. А. Лапченко. – Минск : Амалфея, 2007. – 148 с.

103. Риск Менеджмент – Принципы и руководства : Международный Стандарт ISO 31000:2009 [Электронный ресурс] / Журнал «Management». – Режим доступа: <https://iso-management.com/wp-content/uploads/2017/07/ISO-31000-2009.pdf> – Дата доступа: 09.09.2016.

104. О рассмотрении проекта новой Концепции национальной безопасности Республики Беларусь [Электронный ресурс] : постановление Совета безопасности Респ. Беларусь, 6 марта 2023 г., № 1 // Нац. Правовой Интернет-портал Респ. Беларусь // Pravo.by. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=P223s0001>. – Дата доступа: 08.09.2023.

105. Каранкевич, В. М. Актуальные аспекты реформирования белорусской энергетики : [беседа с зам. Министра энергетики Респ. Беларусь В. М. Каранкевичем] / В. М. Каранкевич ; беседовала О. Гончар // Энергетическая стратегия. – 2014. – № 2. – С. 16–18.

106. Об электроэнергетике [Электронный ресурс] : проект Закона Республики Беларусь // Министерство энергетики Респ. Беларусь. – Режим доступа: <http://minenergo.gov.by/zakonodatelstvo/proekti/>. – Дата доступа: 30.08.2018.

107. Экономика организации (предприятия) : учеб. пособие / Л. Н. Нехорошева [и др.] ; под ред. Л. Н. Нехорошевой. – Минск : БГЭУ, 2020. – 686 с.

108. Чеботарева, Г. С. Методический инструментарий оценки инвестиционной привлекательности энергогенерирующей компании : автореф. дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05 / Г. С. Чеботарева ; Урал. федер. ун-т им. первого Президента России Б. Н. Ельцина. – Екатеринбург, 2016. – 24 с.

109. Падалко, Л. П. Энергетическая безопасность – важная предпосылка устойчивого функционирования и развития национальной

экономики / Л. П. Падалко // Экономический бюллетень Научно-исследовательского экономического института Министерства экономики Республики Беларусь. – 2011. – № 4. – С. 20–25.

110. Ламакин, Г. Н. Основы менеджмента в электроэнергетике : учеб. пособие : в 2 ч. / Г. Н. Ламакин. – Тверь : Изд-во Тверского гос. техн. ун-та, 2006. – Ч. 1. – 207 с.

111. Русак, И. Н. Экономика электростанций на возобновляемых источниках энергии в Республике Беларусь / И. Н. Русак, К. Ю. Гладков // Научные стремления : сб. науч. ст. – Минск, 2020. – С. 24–27.

112. Манцерова, Т. Ф. Специфика учета и управления рисками энергетических предприятий / Т. Ф. Манцерова, Е. И. Тымуль // Экономическая наука сегодня : сб. науч. ст. / Белорус. нац. техн. ун-т ; редкол. : С. Ю. Солодовников (председатель редкол.) [и др.]. – Минск, 2015. – Вып. 3. – С. 60–69.

113. Экономика и управление в энергетике : учеб. Для магистров / Н. Г. Любимова [и др.] ; под общ. Ред. Н. Г. Любимовой, Е. С. Петровского. – М. : Юрайт, 2014. – 485 с.

114. Тымуль, Е. И. Необходимость учета рисков в предпринимательской деятельности. / Е. И. Тымуль // Экономика глазами молодых : материалы VII Междунар. экон. форума молодых ученых, Минск, 20–22 июня 2014 г. / Белорус. гос. экон. ун-т ; редкол. : Г. А. Короленок [и др.]. – Минск, 2014. – С. 310–312.

115. Тымуль, Е. И. Этапы и цели формирования рынка энергии в Республике Беларусь / Е. И. Тымуль // Модернизация хозяйственного механизма сквозь призму экономических, правовых и инженерных подходов : сб. материалов IX Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 30 нояб. 2016 г. / Белорус. нац. техн. ун-т ; редкол. : С. Ю. Солодовников (председатель) [и др.]. – Минск, 2016. – С. 265–267.

116. Тымуль, Е. И. Определение рисков энергетических предприятий / Е. И. Тымуль // Модернизация хозяйственного механизма сквозь призму экономических, правовых и инженерных подходов : сб. материалов X Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 30 марта 2017 г. / Белорус. нац. техн. ун-т ; редкол. : С. Ю. Солодовников (председатель) [и др.]. – Минск, 2017. – С. 236–238.

117. Белобров, В. А. Риск-менеджмент в электроэнергетике: цель и надежность электроснабжения / В. А. Белобров, В. И. Эдельман // ЭнергоРынок. – 2006. – № 1. – С. 15–17.

118. Горемыкина, Г. И. Экономико-математическое моделирование процесса управления рисками компаний энергетического сектора : монография / Г. И. Горемыкина, И. Н. Мастяева, А. А. Федорчук. – М. : МЭСИ, 2014. – 173 с.

119. Мирзаханян, Р. Э. Методы и модели оценки рисков в различных областях / Р. Э. Мирзаханян, И. Н. Мастяева // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 9. – С. 399–402.

120. Павлова, О. С. Организационно-экономическое обеспечение риск-менеджмента на предприятиях электроэнергетики : автореф. дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05 / О. С. Павлова ; С.-Петерб. гос. ун-т экон. и финансов. – СПб., 2011. – 19 с.

121. Федорчук, А. А. Разработка модели оценки рисков электроэнергетической компании : автореф. дис. ... канд. экон. наук : 08.00.13 / А. А. Федорчук ; Моск. экон.-стат. ин-т. – М., 2012. – 24 с.

122. Эдельман, В. И. Надежность технических систем: экономическая оценка / В. И. Эдельман. – М. : Экономика, 1988. – 151 с.

123. Чиж, Е. П. Риски энергетической безопасности / Е. П. Чиж // Экономика энергетики и энергосбережение : материалы Междунар. Науч. конф., Санкт-Петербург, 10 апр. 2018 г. – СПб., 2018. – С. 147–150.

124. Колибаба, В. И. Специфика проявления и принципы классификации финансовых рисков в электроэнергетике / В. И. Колибаба, Ю. П. Ямпольский // Финансовые риски. – 2008. – № 39. – С. 61–65.

125. Шамсудинович, Дж. А. Учет и оценка экономических рисков хозяйствующего субъекта (на примере предприятий электрических сетей) : автореф. дис. ... канд. экон. наук : 08.00.12 / Дж. А. Шамсудинович ; Финансовая акад. при Правительстве Рос. Федерации. – М., 2004. – 23 с.

126. Нагорнов, В. Н. Индикаторы энергетической безопасности ТЭС / В. Н. Нагорнов, В. В. Кравченко // Перспективы развития энергетики в XXI веке : материалы Республиканской науч.-практ. конф., Минск, 12–14 мая 2010 г. / Белорус. нац. техн. ун-т ; редкол.: С. М. Силук [и др.]. – Минск, 2011. – С. 88.

127. Нагорнов, В. Н. Минимизация воздействия внешних и внутренних угроз энергетической безопасности тепловых электрических станций / В. Н. Нагорнов, В. В. Кравченко // Наука и техника. – 2012. – № 4. – С. 81–86.

128. Быков, А. А. Возможности и риски научно-технического прогресса / А. А. Быков, Н. А. Хаустович, О. Колб // Финансы. Учет. Аудит. – 2017. – № 8. – С. 38–41.

129. Энергетические риски в малой открытой экономике : науч.-практ. пособие / А. А. Быков [и др.]. – Минск : Мисанта, 2013. – 108 с.

130. Афанасьева, М. В. Развитие систем риск-менеджмента современных энергетических компаний / М. В. Афанасьева // Эффективное антикризисное управление. – 2015. – № 1. – С. 90–97.

131. Проблемы оценок и управления экологическими рисками на предприятиях ТЭК / А. П. Хаустов [и др.] // Экологическая безопасность. – 2005. – № 6. – С. 25–30.

132. Крючкова, В. Н. Особенности управления рисками в электроэнергетике / В. Н. Крючкова // Молодой ученый. – 2017. – № 15. – С. 412–414.

133. Камчатова, Е. Ю. Риски энергетических компаний / Е. Ю. Камчатова, А. В. Костенко // Вестник Университета. – 2016. – № 11. – С. 69–74.

134. Манцерава, Т. Ф. Финансовые риски в энергетике : генезис, особенности учета, управление / Т. Ф. Манцерава, Е. И. Тымуль // Труды Белорус. гос. технологического ун-та. Экономика и управление. – 2014. – № 7. – С. 49–51.

135. Тымуль, Е. И. Эволюция понятия «риск» и его особенности на предприятиях энергетики / Е. И. Тымуль // Вестн. БарГУ. Сер. : Исторические науки и археология. Экон. науки. Юрид. науки. – 2017. – № 5. – С. 112–115.

136. Брасс, А. А. Управление организацией : учеб. Пособие / А. А. Брасс. – Минск : Амалфея : Мисанта, 2014. – 346 с.

137. Петрович, М. В. Управление организацией : учеб. / М. В. Петрович ; Акад. упр. при Президенте Респ. Беларусь. – 3-е изд., стер. – Минск : Акад. упр. при Президенте Респ. Беларусь, 2020. – 479 с.

138. Володько, В. Ф. Основы менеджмента : учеб. пособие / В. Ф. Володько. – 3-е изд. – Минск : Адукацыя і выхаванне, 2010. – 303 с.

139. Беляцкий, Н. П. Интеллектуальные техники менеджмента : учеб. пособие / Н. П. Беляцкий, А. И. Максимчук. – Минск : Адукацыя і выхаванне, 2017. – 255 с.

140. Пригожин, А. И. Методы развития организаций / А. И. Пригожин. – М. : МЦФЭР, 2003. – 864 с.

141. Арсенов, В. В. Управление экономическими рисками : учеб. пособие для слушателей системы доп. образования взрослых по спец. «Экономика и управление промышленных предприятий», «Антикризисное управление предприятием», «Деловое администрирование» / В. В. Арсенов ; Акад. упр. при Президенте Респ. Беларусь. – Минск : Акад. упр. при Президенте Респ. Беларусь, 2021. – 202 с.

142. Костина, Ю. А. Сущность системы риск-менеджмента, ключевые элементы и этапы формирования / Ю. А. Костина // Финансы и кредит. – 2011. – № 14. – С. 66–70.

143. Ермасова, Н. Б. Риск-менеджмент организации : учеб.-практич. пособие / Н. Б. Ермасова. – М. : Дашков и К, 2012. – 380 с.

144. Тепман, Л. Н. Управление рисками в условиях финансового кризиса : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлениям экономики и управления / Л. Н. Тепман, Н. Д. Эриашвили. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2014. – 295 с.

145. Королева, С. Е. Управление хозяйственными рисками : пособие / С. Е. Королева, Г. В. Подгорный. – Минск : Амалфея, 2014. – 120 с.

146. Дронова, Ю. В. Модели оценки рисков производственной деятельности энергетического предприятия : автореф. дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05 / Ю. В. Дронова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. – Новосибирск, 2005. – 23 с.

147. Никулин, И. В. Управление предпринимательскими рисками торгово-посреднических компаний : автореф. дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05 / И. В. Никулин ; С-Пб. гос. инж-экон. ун-т. – Санкт-Петербург, 2010. – 18 с.

148. Станиславчик, Е. Н. Финансовые инструменты управления рисками в инвестиционном проектировании : уч.-практ. пособ. / Е. Н. Станиславчик. – М. : Дело и сервис, 2016. – 192 с.

149. Покровский, А. К. Риск-менеджмент на предприятиях промышленности и транспорта : учеб. пособие / А. К. Покровский. – М. : КНОРУС, 2016. – 160 с.

150. Цаплина, М. Г. Разработка математического и программного обеспечения формирования стратегий нивелирования рисков электроэнергетических компаний : автореф. дис. ... канд. экон. наук :

08.00.13 / М. Г. Цаплина ; Кубанск. гос. агр. ун-т. – Краснодар, 2017. – 23 с.

151. Тымуль, Е. И. Особенности факторов риска энергетических предприятий / Е. И. Тымуль // Государственное регулирование экономики и повышение эффективности деятельности субъектов хозяйствования : XI Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 16–17 апр. 2015 г. : сб. науч. ст. / Акад. упр. при Президенте Респ. Беларусь ; редкол.: С. А. Пелих (председатель) [и др.]. – Минск, 2015. – С. 210–212.

152. Тымуль, Е. И. Процедура диагностики и управления рисками в энергетике / Е. И. Тымуль // Проблемы модернизации экономики сквозь призму экономических, правовых, социальных и инженерных подходов : сб. ст. победителей Междунар. конкурса студ. и молодых ученых, Минск, 2016 г. / Белорус. нац. техн. ун-т. – Минск, 2016. – С. 126–136.

153. Тымуль, Е. И. Отраслевая специфика рисков в энергетике / Е. И. Тымуль // Модернизация хозяйственного механизма сквозь призму экономических, правовых и инженерных подходов : сб. материалов VII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 95-летию Белорус. нац. техн. ун-та, Минск, 29 окт. 2015 г. / Белорус. нац. техн. ун-т ; редкол. : С. Ю. Солодовников (председатель) [и др.]. – Минск, 2016. – С. 504–507.

154. Тымуль, Е. И. Управление предприятиями энергетики с учетом влияния рисков внешней и внутренней среды / Е. И. Тымуль // Экономика глазами молодых : материалы IX Междунар. экон. форума молодых ученых, Минск, 16–17 сент. 2016 г. / Белорус. гос. экон. ун-т ; редкол. : Г. А. Короленок [и др.]. – Минск, 2016. – С. 178–180.

155. Тымуль, Е. И. Специфика учета финансовых рисков в энергетике Республики Беларусь / Е. И. Тымуль, Т. Ф. Манцерова // Актуальные проблемы экономических, юридических и социально-гуманитарных наук : сб. ст. ежегодной Всерос. с междунар. участием науч.-практ. конф., Пермь, 21 нояб. 2013 г. / Перм. ин-т эк-ки и фин. ; под ред. Е. В. Поносовой. – Пермь, 2013. – С. 64–67.

156. Тымуль, Е. И. Диагностика и управление финансовыми рисками в энергетике / Е. И. Тымуль // Государственное регулирование экономики и повышение эффективности деятельности субъектов хозяйствования : X Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 10–11 апр.

2014 г. : сб. науч. ст. : в 2 ч. / Акад. упр. при Президенте Респ. Беларусь ; редкол. : С. А. Пелих (председатель) [и др.]. – Минск, 2014. – Ч. 1. – С. 398–400.

157. Тымуль, Е. И. Особенности проявления производственных рисков в энергетике / Е. И. Тымуль // Устойчивое развитие экономики : состояние, проблемы, перспективы : IX Междунар. науч.-практ. конф., Пинск, 22 мая 2015 г. : сб. тр. / Полесский гос. ун-т ; редкол. : К. К. Шебеко [и др.]. – Пинск, 2015. – С. 212–213.

158. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения : ГОСТ 32144-2013. – Введ. 07.01.2014. – М. : Стандартинформ, 2014. – 19 с.

159. Менеджмент риска. Ключевые индикаторы риска : Р 50.1.090–2014 : утв. Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии 08.10.14, № 1276-ст : введ. 12.01.2015. – М. : Стандартинформ, 2015. – 15 с.

160. Тымуль, Е. И. Риски энергетических предприятий : технологические и экономические аспекты / Е. И. Тымуль // Экономика. Управление. Инновации. – 2019. – № 1. – С. 26–30.

161. Тымуль, Е. И. Формирование системы индикаторов риска для организаций энергетики / Е. И. Тымуль // Вестн. БарГУ. Сер. : Исторические науки и археология. Экон. науки. Юрид. науки. – 2016. – № 4. – С. 91–97.

162. Тымуль, Е. И. Использование ключевых индикаторов риска в риск-менеджменте энергетических предприятий / Е. И. Тымуль // Белорусская думка. – 2021. – № 4. – С. 63–66.

163. Сизикова, В. Методика разработки системы индексов ключевых индикаторов риска / В. Сизикова, В. Гаврилина, В. Битюцкий // Риск-менеджмент в кредитной организации. – 2016. – № 4. – С. 54–69.

164. Вспомогательное оборудование электростанций [Электронный ресурс] : учеб.-метод. комплекс для студентов спец.: 1-53 01 04 «Автоматизация и управление теплоэнергетическими процессами» / сост.: Н. Б. Карницкий, Е. В. Пронкевич, С. А. Качан. – Минск : БНТУ, 2018. – Режим доступа: <http://rep.bntu.by/handle/data/43245>. – Дата доступа: 20.01.2021.

165. Ванюрихин, Ф. Г. Модели и методы динамического управления рисками предприятий : автореф. дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05 / Ф. Г. Ванюрихин ; Рос. ун-т. кооп. – Москва, 2019. – 26 с.

166. Грачев, М. В. Проектный анализ: учет рисков : учеб.-практическое пособие / М. В. Грачева ; Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. – М. : Проспект, 2017. – 176 с.

167. Математические модели и методы оптимального планирования : сб. ст. / АН СССР, Сибирское отделение, Ин-т математики ; под общ. ред. Л. В. Канторович. – Новосибирск : Наука, 1966. – 178 с.

168. Ферстер, Э. Методы корреляционного и регрессионного анализа : рук. для экономистов / Э. Ферстер, Б. Ренц ; пер. с нем. и предисл. В. М. Ивановой. – М. : Финансы и статистика, 1983. – 302 с.

169. Клигер, С. А. Шкалирование при сборе и анализе социологической информации / С. А. Клигер, М. С. Косолапов, Ю. Н. Толстова. – М. : Наука, 1978. – 112 с.

170. Тымуль, Е. И. Выбор метода качественного и количественного анализа рисков для предприятий энергетики / Е. И. Тымуль // Наука и техника. – 2021. – Т. 20, № 1. – С. 83–90.

171. Тымуль, Е. И. Использование экономико-математических моделей для оценки риска / Е. И. Тымуль // Наука – образованию, производству, экономике : материалы 13-й Междунар. науч.-техн. конф. (68-й науч.-техн. конф. проф.-преп. состава, науч. работников, докторантов, асп. БНТУ) : в 4 т. / Белорус. нац. техн. ун-т ; редкол. : Б. М. Хрусталева, Ф. А. Романюк, А. С. Калининченко. – Минск, 2015. – Т. 1. – С. 126.

172. Тымуль, Е. И. Использование метода «спирали» для наглядного ранжирования рисков энергетических предприятий / Е. И. Тымуль // Женщины-ученые Беларуси и Казахстана : сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 1–2 марта 2018 г. / Республиканский ин-т высшей школы ; редкол. : И. В. Казакова [и др.]. – Минск, 2018. – С. 353–355.

173. Буянов, В. П. Рискология: управление рисками / В. П. Буянов, К. А. Кирсанов, Л. А. Михайлов. – М. : Экзамен, 2002. – 382 с.

174. Головачева, И. В. Оценка хозяйственного риска : метод. рекомендации для слушателей отд-ния подгот. рук. и студентов фак. Менеджмента / И. В. Головачева, Т. П. Лизунова ; Акад. упр. при Совете Министров Респ. Беларусь. – Минск : [б. и.], 1993. – 22 с.

175. Старовойтов, И. Г. Методы оценки риска в системе управления охраной труда / И. Г. Старовойтов, В. А. Бирюк, Ю. А. Булавка // Вест. ун-та гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2018. – № 1. – С. 5–17.

176. Булавка, Ю. А. Современное состояние и совершенствование методики экспертной оценки профессионального риска на рабочих местах / Ю. А. Булавка // Вест. Полоц. гос. ун-та. Сер. В, Промышленность. Прикладные науки. – 2013. – № 3. – С. 156–163.

177. Руководство по управлению рисками [Электронный ресурс] // Национальная финансовая ассоциация. – Режим доступа: <https://new.nfa.ru/upload/iblock/516/Rukovodstvo-po-upravleniyu-riskami.pdf>. – Дата доступа: 11.11.2021.

178. Якубович, М. 2 формулы для определения самых опасных рисков проекта [Электронный ресурс] / М. Якубович // Про бизнес. – Режим доступа: https://probusiness.io/master_class/127-2-formuly-dlya-opredeleniya-samykh-opasnykh-riskov-proekta-ot-maksimaya-kubovicha.html. – Дата доступа: 11.11.2021.

179. Олейникова, О. В. Принципы управления финансовыми рисками / О. В. Олейникова // КАНТ. – 2012. – № 1 (4). – С. 43–45

180. Созаева, Д. А. Управление рисками: подходы, модели, методология / Д. А. Созаева // Проблемы анализа риска. – 2016. – Т. 13. – № 4. – С. 6–20

181. Современные подходы к управлению рисками: тактики и стратегии [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://finacademy.net/materials/article/podhody-k-upravleniyu-riskami>. – Дата доступа: 05.02.2024.

182. Принципы управления финансовым риском [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.elitarium.ru/principyu-upravlenija_finansovym_riskom/. – Дата доступа: 05.02.2024.

183. Экспертные оценки в социологических исследованиях / С. Б. Крымский [и др.] ; отв. ред. С. Б. Крымский. – Киев : Наук. думка, 1990. – 318 с.

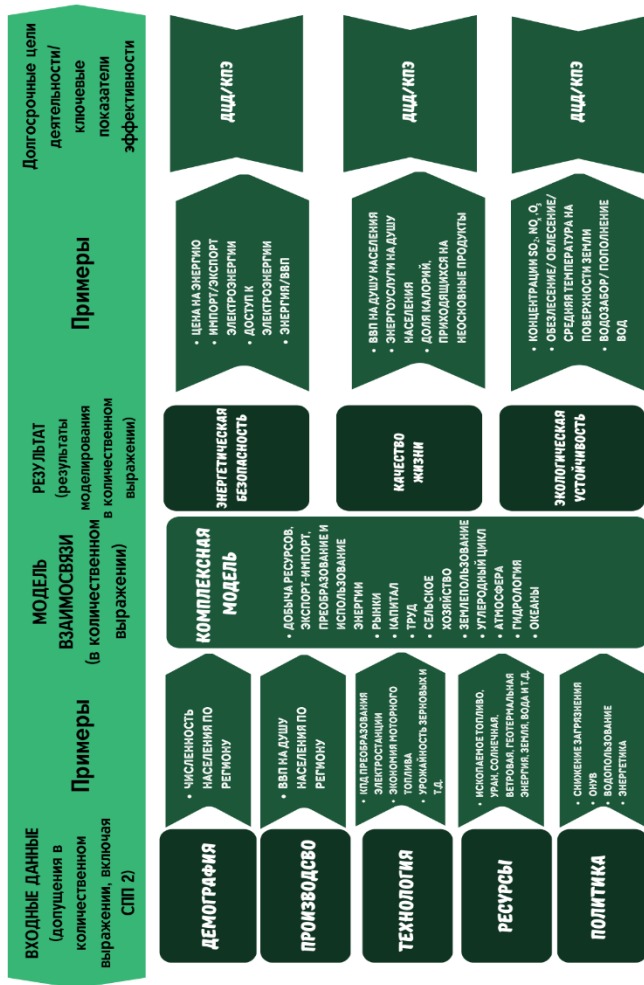


Рис. А.1. Комплексный метод оценки устойчивого развития энергетики
 Источник: собственная разработка автора на основе [32]

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б.1

Состояние защищенности по направлениям энергетической безопасности Республики Беларусь

Наименование индикатора энергетической безопасности	Значение индикаторов по годам						
	Ретроспектива				Ближайший период	Перспектива	
	2010	2015	2020	2025		2030	2035
1	2	3	4	5	6	7	
Направление - энергетическая самостоятельность							
Отношение объема производства (добычи) первичной энергии к валовому потреблению ТЭР	К	К	ПК	ПК	ПК	ПК	ПК
	К	К	ПК	ПК	ПК	ПК	ПК
Отношение объема производства (добычи) первичной энергии из возобновляемых источников энергии к валовому потреблению ТЭР	К	К	ПК	ПК	ПК	ПК	ПК

Направление - диверсификация поставщиков и видов энергоресурсов						
Доля доминирующего поставщика энергоресурсов в общем импорте ТЭР	К	К	К	К	ПК	ПК
	ПК	ПК	ПК	ПК	ПК	Н
Доля доминирующего вида топлива в валовом потреблении ТЭР	ПК	ПК	ПК	ПК	ПК	Н
Направление - надежность поставок, резервирование, переработка и распределение ТЭР						
Отношение суммарной установленной мощности электростанций к максимальной фактической нагрузке в энергосистеме (резервирование)	ПК	ПК	ПК	Н	Н	Н
	ПК	ПК	ПК	Н	Н	Н
Удельный вес накопленной амортизации в первоначальной стоимости основных средств организации ТЭК	ПК	ПК	ПК	Н	Н	Н

Продолжение табл. Б.1

Направление - диверсификация поставщиков и видов энергоресурсов						
Отношение объема инвестиций в основной капитал, вложенных в развитие ТЭК, к первоначальной стоимости основных средств организации ТЭК	Н	Н	Н	Н	Н	Н
Доля доминирующего энергоресурса (газа) в производстве тепловой и электрической энергии	К	К	ПК	ПК	ПК	Н
Отношение среднесуточного количества нарушений электроснабжения населенных пунктов к общему количеству населенных пунктов	Н	Н	Н	Н	Н	Н
Направление - энергетическая эффективность конечного потребления ТЭР и экономическая устойчивость ТЭК						
Энергоемкость ВВП (в ценах 2005 года), килограммов условного топлива/млн. рублей	ПК	ПК	ПК	ПК	ПК	ПК

Отношение стоимости импорта энергетических товаров к ВВП, процентов	ПК	ПК	ПК	ПК	ПК	ПК	Н
---	----	----	----	----	----	----	---

Источник: [8]

Трактовка понятия «риск» различными авторами

Автор	Трактовка
1	2
<i>Авторы, трактующие риск как вероятность наступления события, приводящего к нежелательным результатам</i>	
Дж. Милль, И. У. Сениор	«Классическая теория предпринимательского риска, отождествляет риск с математическим ожиданием потерь из-за выбора того или иного решения, т. е. риск представляет собой ущерб вследствие осуществления данного решения»
E. J. Vaughan	«Гипотетическая возможность наступления ущерба (страхового случая)»
Дж. Ван Хорн	«вероятность неблагоприятного исхода»
И. И. Краснова	«некая возможность возникновения убытка, измеряемого в денежном выражении»
И. А. Бланк	«Вероятность возникновения неблагоприятных последствий в форме потери дохода или капитала в ситуации неопределенности условий осуществления финансово-хозяйственной деятельности предприятия»
И. Т. Балабанов	«возможная опасность потерь, вытекающая из специфики тех или иных явлений природы и видов деятельности человека»
И. В. Хохлов	«событие или группа родственных случайных событий, наносящих ущерб объекту, обладающему данным риском»

1	2
С. В. Можасва	«Вероятность (угроза) потери организацией части своих доходов или появления дополнительных расходов в результате выбранной финансовой политики»
П. Г. Грабовый С. Я. Петрова К. Г. Романова	«Вероятность (угрозу) потери предприятием части своих ресурсов, недополучения доходов или появления дополнительных расходов в результате осуществления определенной производственной и финансовой деятельности»
О. Ренн	«Вероятность потери ценностей (финансовых, политических, социальных ресурсов) в результате деятельности, если обстановка и условия проведения деятельности будут меняться в направлении, отличном от предусмотренного планами и расчетами»
Л. А. Миэринь	«вероятность возникновения потерь, убытков, недопущения планируемых доходов, прибыли»
В. В. Тулинов, В. С. Горин	«Возможность или вероятность возникновения ущерба или вреда»
Р. Т. Юлдашев	Вероятность понести убыток или упустить выгоду
	<i>Авторы, трактующие риск как вероятность наступления события, приводящего как к отрицательным, так и к положительным результатам</i>
Дж. П. Морган Международный стандарт ISO 31000 «Риск-менеджмент: принципы и инструкции»	«Неопределенность финансовых результатов в будущем» «Результат неуверенности в целях. Результаты – это отклонение от ожидаемого, причем как положительное так и (или) отрицательное»

1	2
Л. Ф. Догиль	«Решение или действие в условиях неопределенности, связанное с производством продукции, товаров, услуг, их реализацией, товарно-денежными и финансовыми операциями, коммерцией, осуществлением социально-экономических и научно-технических проектов»
М. Г. Лапуста Л. Г. Шаршуква В. М. Гранатуров	«характеризуется сочетанием возможности достижения как нежелательных, так и особо благоприятных отклонений от запланированных результатов» «Объективно-субъективная экономическая категория, характеризующая неопределенность конечного результата деятельности вследствие возможного влияния (действия) на него ряда объективных и (или) субъективных факторов, которые не учитывались при его планировании»
А. А. Титович	«Сочетание вероятности события и его последствий»
А. Г. Ивасенко	«сущность риска состоит в возможности отклонения полученного результата от запланированного. Однако полученный результат может отклониться от запланированного и в положительную сторону. Следовательно, можно говорить не только о риске потерь, но и о риске выгоды»
А. П. Альгин	«позволяет определить риск как действительность, связанную с продолжением неопределенности в ситуации неизбежного выбора, в процессе которой имеется возможность количественно и качественно оценить вероятность достижения предполагаемого результата, неудачи и отклонения от цели»
Н. З. Хаймурзина	«Экономическая категория, выражающаяся в вероятностном наступлении при определенных условиях какого-либо события, являющегося фактором качественного изменения характеристик систем»

1	2
Э. А. Уткин	«Возможность отклонения каких-либо величин от некоторых ожидаемых значений»
Л. Галиц	«Риском является любое изменение исхода»

Источник: собственная разработка автора

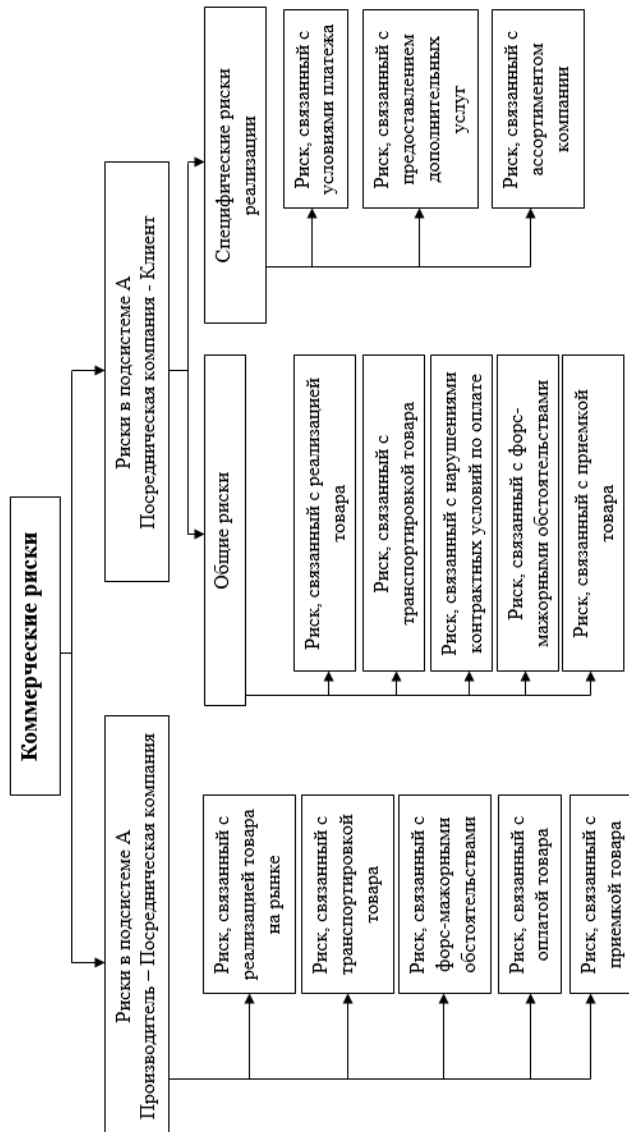


Рис. Г.1. Классификация рисков

Источник: [147]

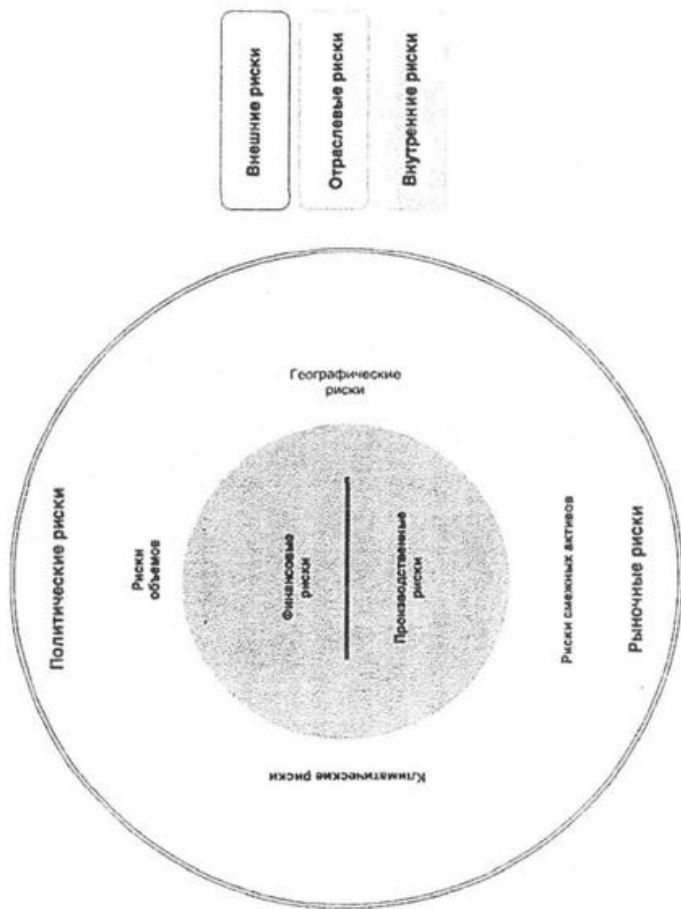


Рис. Г.2. Классификация рисков

Источник: [150]

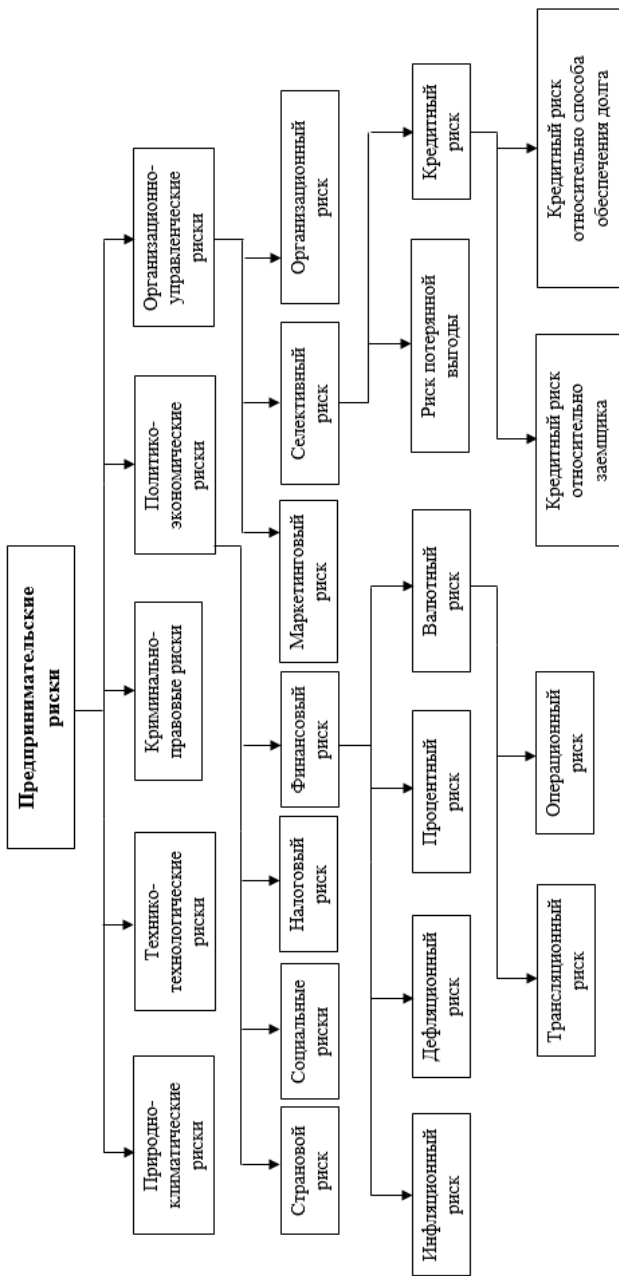


Рис. Г.3. Классификация рисков

Источник: [91]

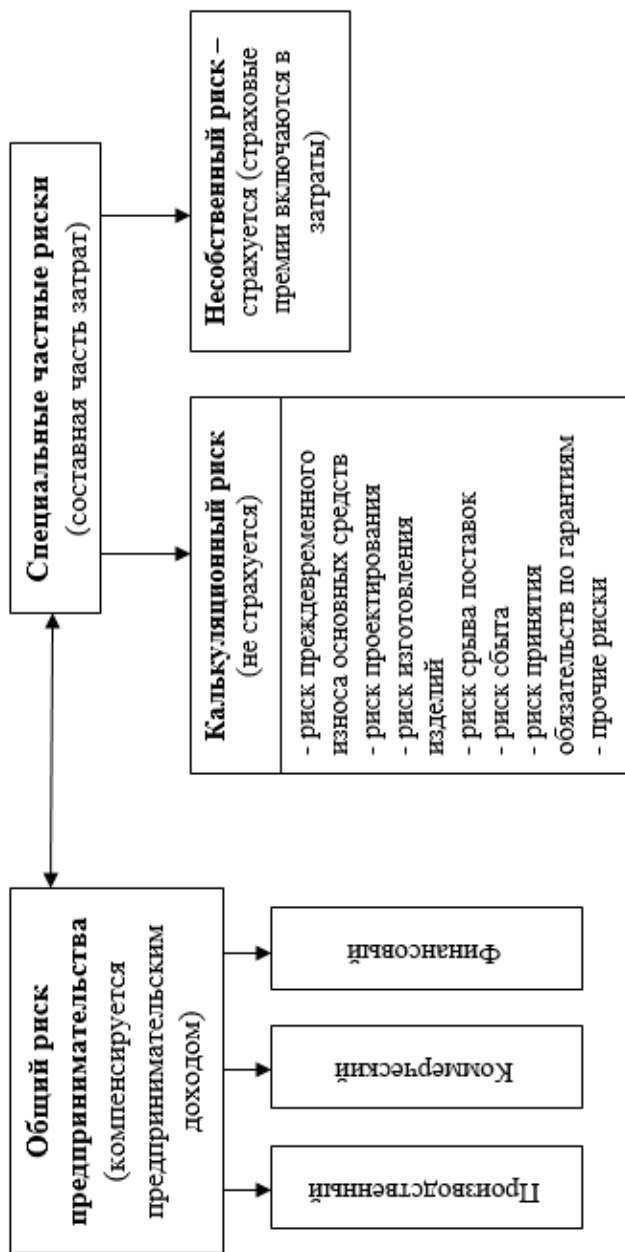


Рис. Г.4. Классификация рисков

Источник: [147]

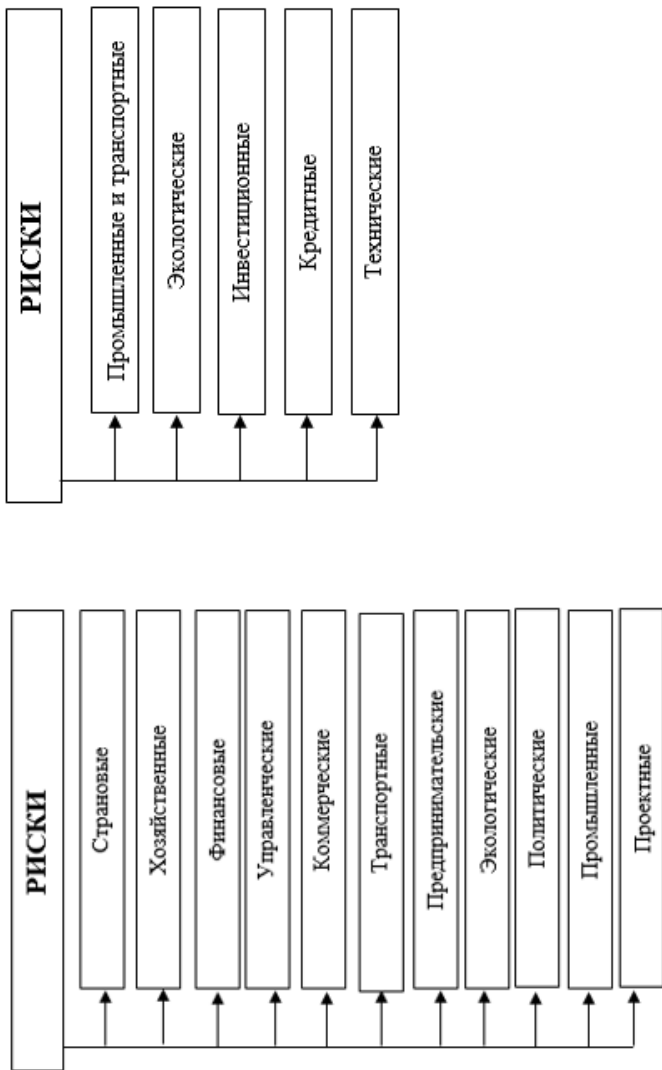


Рис. Г.5. Классификация рисков

Источник: [146; 149]

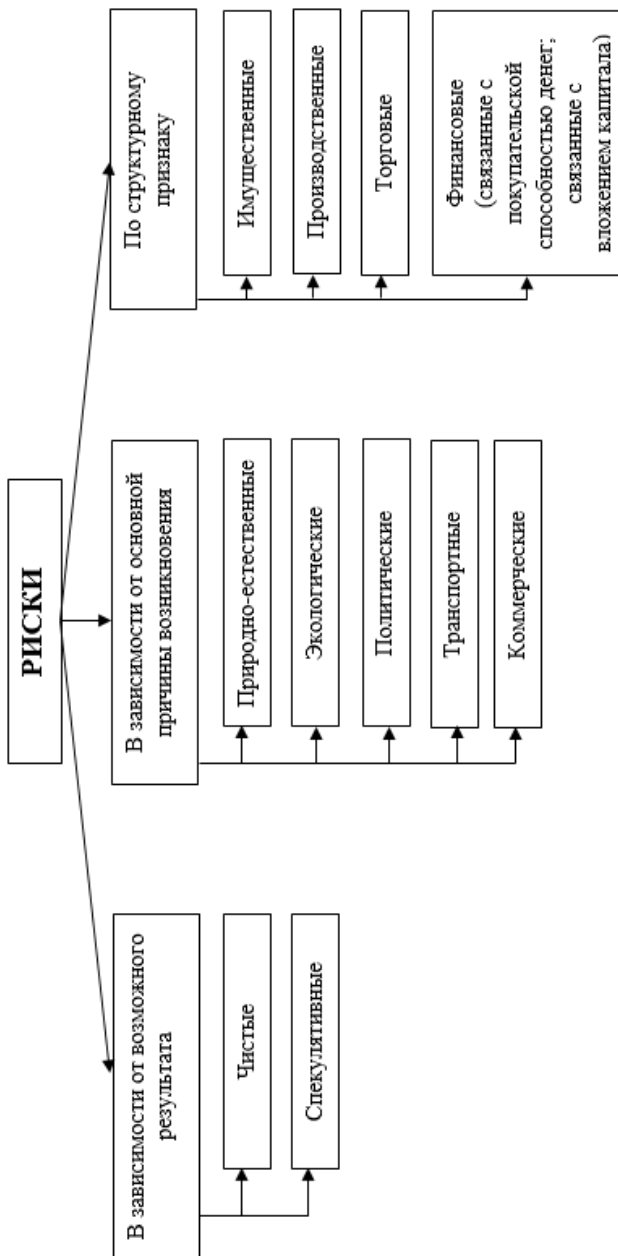


Рис. Г.6. Классификация рисков

Источник: [93]

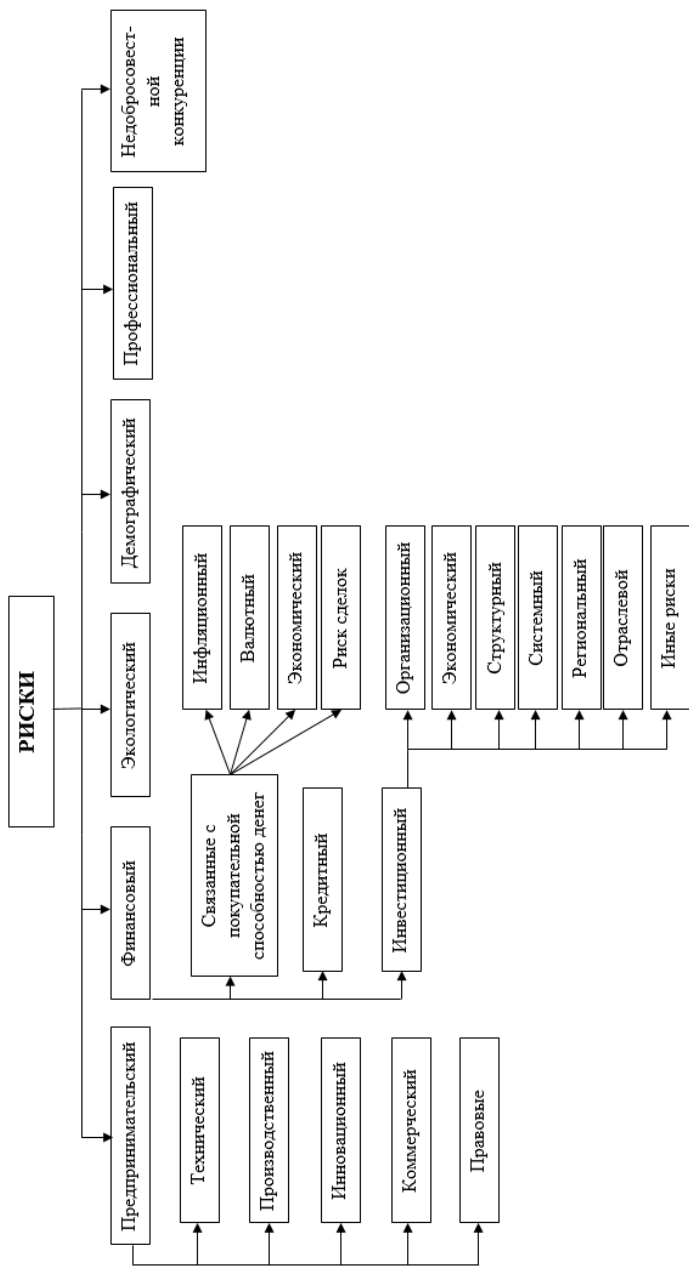


Рис. Г.7. Классификация рисков

Источник: [141]

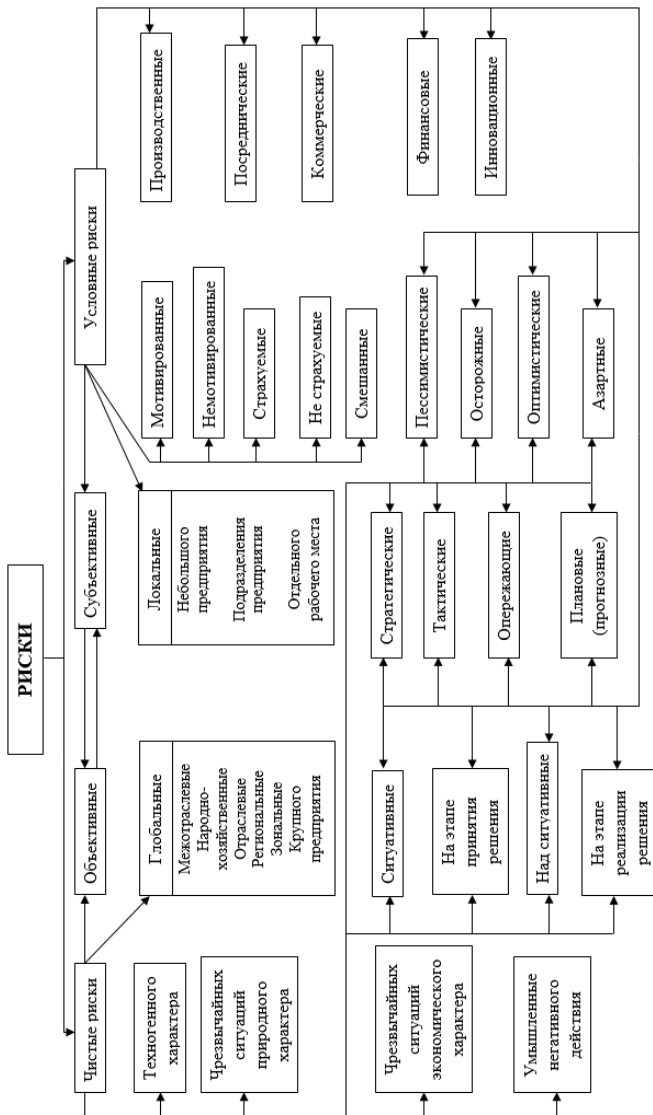


Рис. Г.8. Классификация рисков

Источник: [89]

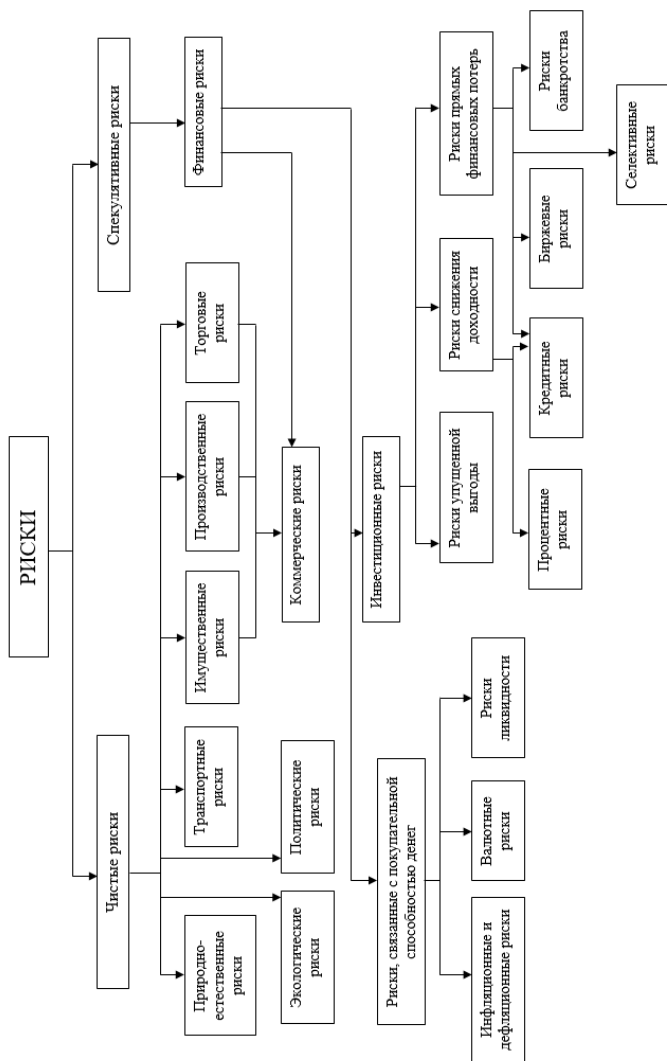


Рис. Г.9. Классификация рисков

Источник: [96]

Ординаты стандартной нормальной кривой

z	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0,0	0,3989	3989	3989	3988	3986	3084	3982	3980	3977	3973
0,1	3970	3965	3961	3956	3951	3945	3939	3932	3025	3918
0,2	3910	3902	3894	3885	3876	3867	3857	3847	3836	3825
0,3	3814	3802	3790	3778	3765	3752	3739	3726	3712	3697
0,4	3683	3668	3652	3637	3621	3605	3589	3572	3555	3538
0,5	3521	3503	3485	3467	3448	3429	3410	3391	3372	3352
0,6	3332	3312	3292	3271	3251	3230	3209	3187	3166	3144
0,7	3123	3101	3079	3056	3034	3011	2989	2966	2943	2920
0,8	2897	2874	2850	2827	2804	2780	2756	2732	2709	2685
0,9	2661	2637	2613	2589	2565	2541	2516	2492	2468	2444
1,0	0,2420	2396	2371	2347	2323	2299	2275	2251	2227	2203
1,1	2179	2155	2131	2107	2083	2059	2036	2012	1989	1965
1,2	1942	1919	1895	1872	1849	1826	1804	1781	1758	1736
1,3	1714	1691	1669	1647	1626	1604	1582	1561	1539	1518

Продолжение таблицы Д

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1,4	1497	1476	1456	1435	1415	1394	1374	1354	1334	1315
1,5	1295	1276	1257	1238	1219	1200	1182	1163	1145	1127
1,6	1109	1092	1j74	1057	1040	1023	1006	9989	9973	9957
1,7	0940	0925	0909	0893	0878	0863	0846	0833	0818	0804
1,8	0790	0775	0761	0748	0734	0721	0707	0694	0681	0669
1,9	0656	0644	0632	0620	0608	0596	0584	0573	0562	0551
2,0	0,0540	0529	0519	0508	0498	0488	0478	0468	0459	0449
2,1	0440	0431	0422	0413	0404	0396	0387	0379	0371	0363
2,2	0355	0347	0339	0332	0325	0317	0310	0303	0297	0290
2,3	0283	0277	0270	0264	0258	0252	0246	0241	0235	0229
2,4	0224	0219	0213	0208	0203	0198	0194	0189	0184	0180
2,5	0175	0171	0167	0163	0158	0154	0151	0147	0143	0139
2,6	0136	0132	0129	0126	0122	0119	0116	0113	0110	0107
2,7	0104	0101	0099	0096	0093	0091	0088	0086	0084	0081
2,8	0079	0077	0075	0073	0071	0069	0067	0065	0063	0061
2,9	0060	0058	0056	0055	0053	0051	0050	0048	0047	0046
3,0	0,0044	0043	0042	0040	0039	0038	0037	0036	0035	0034
3,1	0033	0032	0032	0030	0029	0028	0027	0026	0025	0025
3,2	0024	0023	0022	0022	0021	0020	0020	0019	0018	0018

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3,3	0017	0017	0012	0016	0015	0015	0014	0014	0013	0013
3,4	0012	0012	0010	0011	0011	0010	0010	0010	0009	0009
3,5	0009	0008	0008	0008	0008	0007	0007	0007	0007	0006
3,6	0006	0006	0006	0005	0005	0005	0005	0005	0005	0004
3,7	0004	0004	0004	0004	0004	0004	0003	0003	0003	0003
3,8	0003	0003	0003	0003	0003	0002	0002	0002	0002	0002
3,9	0002	0002	0002	0002	0002	0002	0002	0002	0001	0001

Источник: [183]

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

Таблица Ж.1

Группировка данных по ключевому индикатору риска
«коэффициент использования установленной мощности тепловой»

Диапазоны группировки	Количество повторений	Диапазоны группировки	Количество повторений
0–0,2	1	1–1,2	25
0,2–0,4	0	1,2–1,4	1
0,4–0,6	1	1,4–1,6	2
0,6–0,8	7	1,6–1,8	0
0,8–1	40	1,8–2	1

Источник: собственная разработка автора

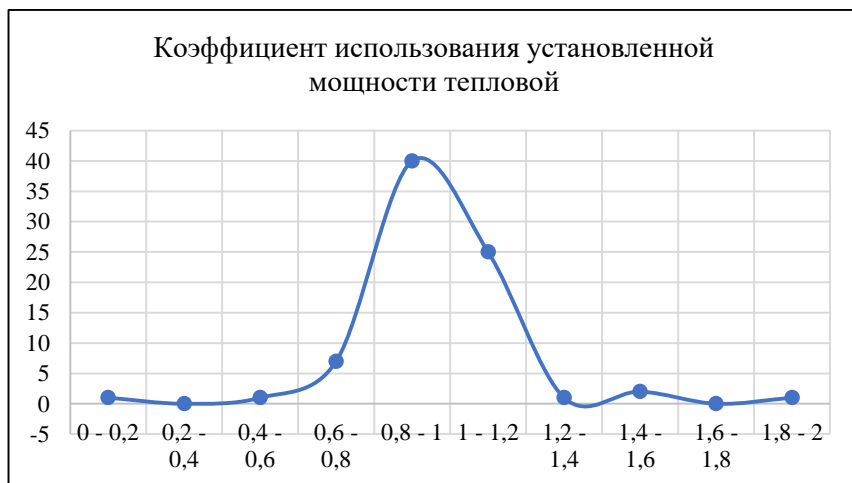


Рис. Ж.1. Распределение данных по ключевому индикатору риска
«коэффициент использования установленной мощности тепловой»

Источник: собственная разработка автора

Таблица Ж.2

Группировка данных по ключевому индикатору риска «количество отказов оборудования II степени (не по вине персонала)»

Диапазоны группировки	Количество повторений	Диапазоны группировки	Количество повторений
0–0,4	8	2–2,4	0
0,4–0,8	7	2,4–2,8	3
0,8–1,2	36	2,8–3,2	3
1,2–1,6	11	3,2–3,6	0
1,6–2	9	3,6–4	1

Источник: собственная разработка автора



Рис. Ж.2. Распределение данных по ключевому индикатору риска «количество отказов оборудования II степени (не по вине персонала)»

Источник: собственная разработка автора

Группировка данных по ключевому индикатору риска
«коэффициент выполнения ремонтных работ»

Диапазоны группировки	Количество повторений	Диапазоны группировки	Количество повторений
0,8–0,87	1	1,08–1,15	5
0,87–0,94	2	1,15–1,22	3
0,94–1,01	48	1,22–1,29	1
1,01–1,08	16	1,29–1,36	2

Источник: собственная разработка автора

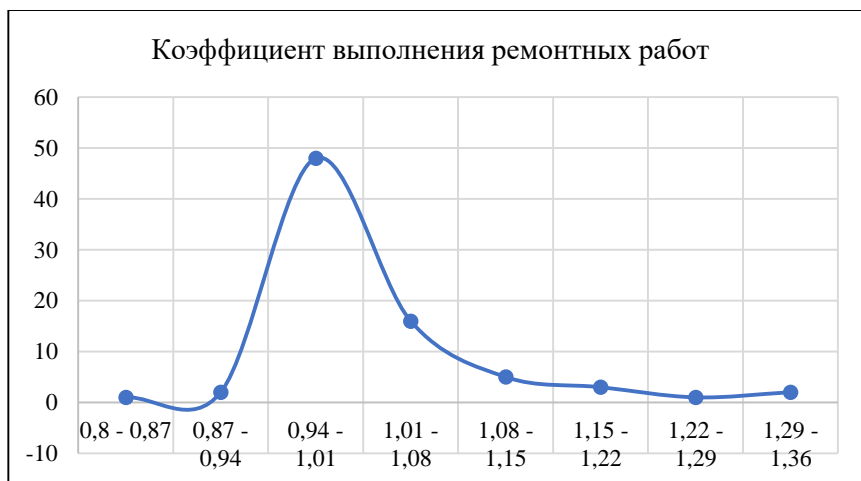


Рис. Ж.3. Распределение данных по ключевому индикатору риска
«коэффициент выполнения ремонтных работ»

Источник: собственная разработка автора

Группировка данных по ключевому индикатору риска
«себестоимость производства 1 кВт·ч»

Диапазоны группировки	Количество повторений	Диапазоны группировки	Количество повторений
0,6–0,68	0	1–1,08	5
0,68–0,76	2	1,08–1,16	5
0,76–0,84	11	1,16–1,24	0
0,84–0,92	24	1,24–1,32	0
0,92–1	31	1,32–1,4	0

Источник: собственная разработка автора



Рис. Ж.4. Распределение данных по ключевому индикатору риска
«себестоимость производства 1 кВт·ч»

Источник: собственная разработка автора

Таблица Ж.5

Группировка данных по ключевому индикатору риска
«себестоимость производства 1 Гкал»

Диапазоны группировки	Количество повторений	Диапазоны группировки	Количество повторений
0–0,5	2	1,5–2	0
0,5–1	64	2–2,5	1
1–1,5	11	2,5–3	0

Источник: собственная разработка автора



Рис. Ж.5. Распределение данных по ключевому индикатору риска
«себестоимость производства 1 Гкал»

Источник: собственная разработка автора

Таблица Ж.6

Группировка данных по ключевому индикатору риска «удельный расход топлива на производство 1 кВт·ч»

Диапазоны группировки	Количество повторений	Диапазоны группировки	Количество повторений
0,75–0,8	0	1–1,05	26
0,8–0,85	1	1,05–1,1	3
0,85–0,9	1	1,1–1,15	1
0,9–0,95	4	1,15–1,2	1
0,95–1	41	1,2–1,25	0

Источник: собственная разработка автора

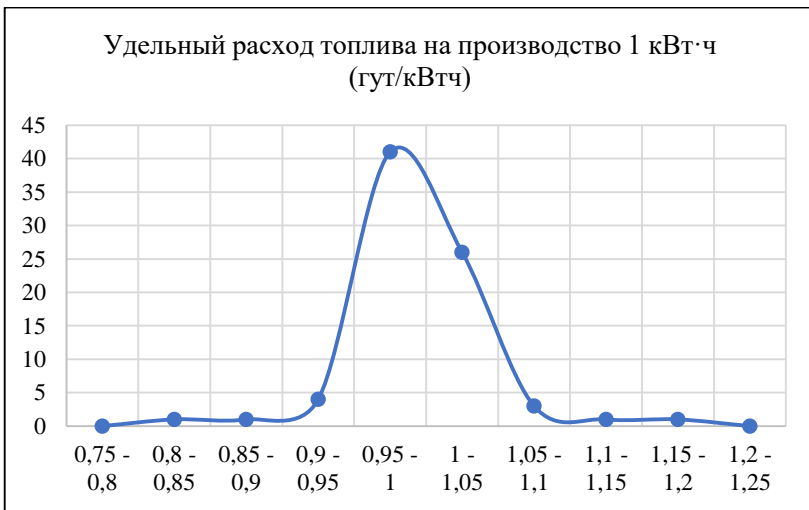


Рис. Ж.6. Распределение данных по ключевому индикатору риска «удельный расход топлива на производство 1 кВт·ч»

Источник: собственная разработка автора

Таблица Ж.7

Группировка данных по ключевому индикатору риска «удельный расход топлива на производство 1 Гкал»

Диапазоны группировки	Количество повторений	Диапазоны группировки	Количество повторений
0,7–0,75	0	0,95–1	46
0,75–0,8	0	1–1,05	28
0,8–0,85	0	1,05–1,1	1
0,85–0,9	1	1,1–1,15	0
0,9–0,95	2	1,15–1,2	0

Источник: собственная разработка автора



Рис. Ж.7. Распределение данных по ключевому индикатору риска «удельный расход топлива на производство 1 Гкал»

Источник: собственная разработка автора

Таблица Ж.8

Группировка данных по ключевому индикатору риска «расход электроэнергии на собственные нужды»

Диапазоны группировки	Количество повторений	Диапазоны группировки	Количество повторений
0,4–0,52	0	1–1,12	36
0,52–0,64	1	1,12–1,24	1
0,64–0,76	0	1,24–1,36	1
0,76–0,88	3	1,36–1,48	3
0,88–1	30	1,48–1,6	3

Источник: собственная разработка автора

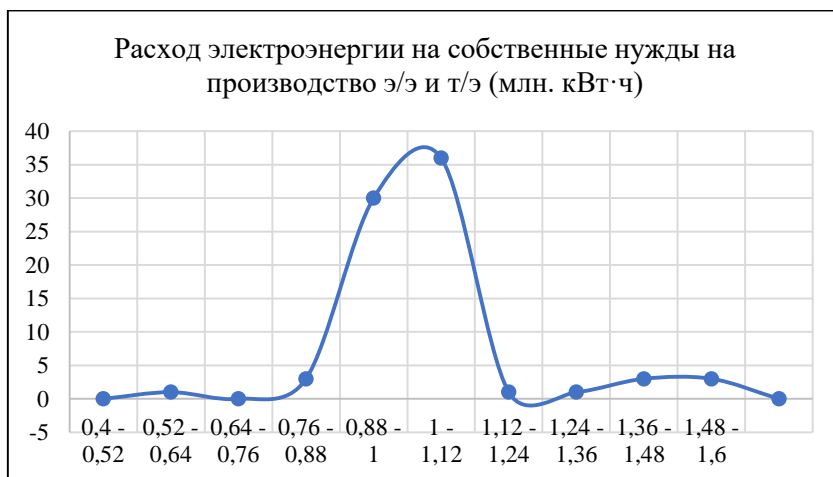


Рис. Ж.8. Распределение данных по ключевому индикатору риска «расход электроэнергии на собственные нужды»

Источник: собственная разработка автора

Группировка данных по ключевому индикатору риска
«коэффициент текучести кадров»

Диапазоны группировки	Количество повторений	Диапазоны группировки	Количество повторений
0–0,2	1	1–1,2	10
0,2–0,4	4	1,2–1,4	2
0,4–0,6	8	1,4–1,6	3
0,6–0,8	23	1,6–1,8	0
0,8–1	25	1,8–2	2

Источник: собственная разработка автора



Рис. Ж.9. Распределение данных по ключевому индикатору риска
«коэффициент текучести кадров»

Источник: собственная разработка автора

Группировка данных по ключевому индикатору риска «количество выбросов»

Диапазоны группировки	Количество повторений	Диапазоны группировки	Количество повторений
0–0,4	0	1,2–1,6	9
0,4–0,8	19	1,6–2	7
0,8–1,2	41	2–2,4	2

Источник: собственная разработка автора

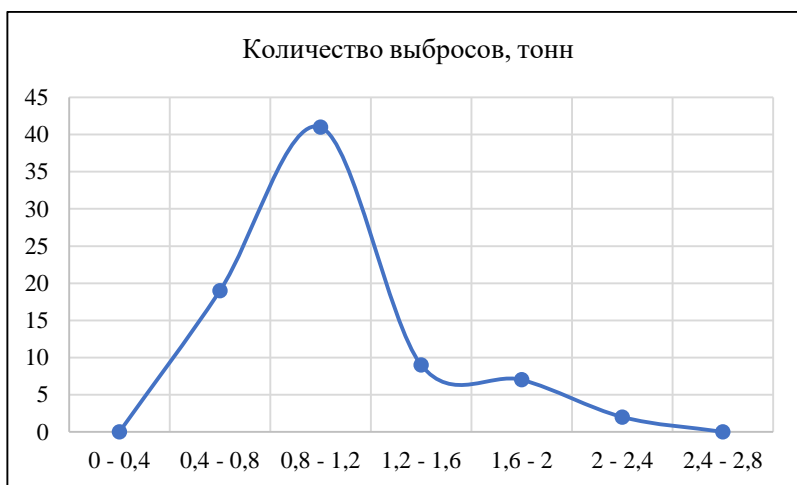


Рис. Ж.10. Распределение данных по ключевому индикатору риска «количество выбросов»

Источник: собственная разработка автора

Научное издание

ТЫМУЛЬ Евгения Игоревна
МАНЦЕРОВА Татьяна Феликсовна
КОРСАК Екатерина Павловна

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
И УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ В ЭНЕРГЕТИКЕ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

В авторской редакции

Подписано в печать 19.09.2024. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Цифровая печать.
Усл. печ. л. 15,17. Уч.-изд. л. 10,41. Тираж 50. Заказ 548.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.