

УДК 621.311

## СУЩЕСТВУЮЩИЕ И РАЗРАБАТЫВАЕМЫЙ АЛГОРИТМЫ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЭНЕРГО- ОБЪЕКТОВ

Карташова Е.Э., студент гр. ЭПм-221, 1 курс  
Научный руководитель: Паскарь И.Н., ст. преподаватель  
Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева  
г. Кемерово

Энергетическая безопасность объекта – это процесс гарантированного обеспечения энергией необходимого количества и должного качества, которые требуются при определенных технических, политических, экономических, социальных и экологических условиях. Процесс обеспечения энергетической безопасности сложен для объектов энергосистем любого уровня и подразумевает под собой определенные этапы подготовки. При поддержании необходимого уровня энергобезопасности, в первую очередь, надлежит достигнуть его устойчивости. Стоит отметить, что энергетическая безопасность имеет множество зависимостей от колебаний различных факторов. На то, насколько надежно будет выполняться процесс гарантированного обеспечения энергией, необходимого количества и должного качества, влияют внутренние и внешние события. Некоторые риски способны кардинально нарушить энергетическую защищённость объекта, другие внесут лишь временные, самоустраниющиеся трудности, однако важно учитывать все. Процесс обеспечения энергетической безопасности отражает интересы политического аппарата, экономической безопасности, технологического развития, социальной надежности и экологической защищенности. Сложные связи зависимостей отраслей друг от друга делают процесс обеспечения энергобезопасности трудоемким, длительным и требует большого количества задействованного человеческого ресурса. В связи с приведенными обстоятельствами, возникает потребность процесса обеспечения энергетической безопасности сделать алгоритмизированным и создать универсальную форму стандартных значений. [12]

В первую очередь стоит выявить обязательные и желательные подготовительные этапы для обеспечения энергобезопасности. Прежде всего производится обязательный сбор информации об уже существующем уровне энергетической безопасности объекта. Поиск и отбор данных может производится различными способами мониторингом всей работы энергосистемы, автоматизированным методом сбора только сбоев и ненормальных режимов работы и другими, однако наиболее значимо то, как будет производится определение уровня обеспечения энергобезопасности. Достаточно ли надежные условия работы, для анализируемого энергообъекта? Насколько энергосистема способна справится с авариями? Прекратиться энергообеспечение в будущем?

Произойдут ли упомянутые сбои в работе? Какие повлекут за собой последствия? И самый важный вопрос – какие необходимо принять меры, во избежании потерь уровня энергетической безопасности? На все эти вопросы возможно найти ответы в ходе анализа собранных данных.

Сегодня, уже существуют способы для анализа уровня энергобезопасности. Например, для энергосистем масштаба страны, исследования оценки состояния систем топливно-энергетического комплекса в ненормальных режимах работы, частично производятся с помощью модели «ПОТОК», внедрённой под руководством Л.Д. Криворуцкого [5, 6]. Далее такой способ сформировал систему программно-вычислительного комплекса «Оптимизация ТЭК», на базе которого в Институте систем энергетики им. Л. А. Мелентьева СО РАН, также под руководством Л.Д. Криворуцкого, был написан еще один, более инновационный, программно-вычислительный аппарат «Энергия». С помощью ПВК «Энергия» возможно исследовать живучесть топливно-энергетического комплекса и принимать оптимальные меры относительно проблем энергобезопасности на первостепенном уровне в совокупности всех факторов [1]. Так же, ПВК «Энергия» смогли приспособить под изучение различных отраслевых и региональных систем энергетики. Однако у приведенных методов анализа уровня энергобезопасности существуют недостатки и самый весомый – это время создания и использования программно-вычислительного аппарата. Данный способ анализа был разработан и начинал внедряться в 80ые годы прошлого столетия и не удовлетворяет потребностям в оперативности современной энергетики, а также устарел технически.

Более современным, программноинформационным, активно применяемым методом, используемым в ИСЭМ СО РАН, является модельно-компьютерный комплекс для разработки долгосрочных стратегий развития ТЭК. [3, 7-9] Данный комплекс служит для анализа программ развития и стратегий изменения, в том числе энергобезопасности. Такой метод более современный по сравнению с вышеперечисленными и не имеет сходств со своими предшественниками только потому, что присутствует такой важный аспекта определения уровня энергобезопасности, как – учитывание взаимосвязей с экономикой. МКК для исследования долгосрочных стратегий развития ТЭК включает следующие ведущие блоки: Динамическая модель оптимизации топливно-энергетического комплекса энергообъекта, способная вести прогноз необходимого уровня развитие энергетики; Совокупная система моделей, формирующих цены на энергорынках локального уровня и также отслеживающих динамические изменения существующих и необходимых ресурсов инвестиций; Система моделей основ методического построения развития и формирования процесса изменений энергетической стратегии, которая способна способствовать прогнозированию связей макроэкономических и межотраслевых, энергетического сегмента и предназначена для оценки потребностей исследуемого объекта в энергосистемах. Обединение приведенных блоков, формирующих данные по уровню энергобезопасности, уже более автоматизировано, но всё еще недостаточно уподобима к энергообъектам разных уровней – предприятия,

населенные пункты, регионы, страны. В ходе использования, данной МКК для исследования долгосрочных стратегий развития ТЭК, используются различные сочетания моделей всех трех блоков, однако система всё еще не учитывает экологические и политические влияния на энергетическую безопасность. [11]

Еще одним прорывом в области поддержания энергобезопасности является применение программно-вычислительного комплекса для анализа функционирования и изменений изолированных энергосистем. Внедряемость в нашей стране находится на низком уровне и осуществляется исключительно в локальных энергорайонах Дальнего Востока, а также в некоторых энергосистемах Крайнего Севера. Модель ЛСЭС умеет учитывать определенную группу особенностей и самую основную – отсутствие возможности экспорта и импорта, в целях поддержания энергобезопасности. Программно-вычислительный комплекс для исследования изолированных энергосистем более нацелен на оценивание и обеспечение надежности и имеет ограничения по количеству состава задействованного оборудования.

Однако еще одним, кардинально отличающимся от всех привычных способов диагностики энергетической безопасности объекта энергосистемы, является метод экспертного мнения. Подобный метод субъективен и основывается лишь на доверии к профессиональной оценке. Практика показала, что метод экспертного мнения неудобен в использование, но иногда способен вступать в интегрирование, более стандартные, методы оценивания. Процесс оценивания начинает свою реализацию с формирования комиссии из экспертов в различных областях, имеющих влияние на энергетическую безопасность энергообъекта. В процессе оценивания экспертным мнениям присваивается коэффициент значимости, из основ которых формируется уровень энергобезопасности и составляется план дальнейших мероприятий. [3]

Однако, далеко не все способы подходят для поиска ответа на главный вопрос – о необходимости принятия мер, во избегании потерь уровня энергобезопасности. Более того, все существующие методы индивидуальны и применение определенного способа к объектам энергосистем разного уровня становится затруднительным. Например, произвести энергоаудит целого энергоразвитого государства намного сложнее и трудозатратнее, чем применение этого же способа анализа к небольшому энергообъекту уровня предприятия. А самая главная трудность в процессе анализа масштабных энергосистем – это возможное изменение анализируемых условий будет опережать процесс исследования. Возникает необходимость не только в универсальном, но и в мгновенном методе анализа энергетической безопасности.

Авторы статьи предлагают внедрить универсальный метод, в результате которого возможно произвести основные необходимые выводы. В ходе попыток диагностики энергетической безопасности и анализа уже существующих метод было выявлено, что основополагающая часть процесса это – многокритериальный анализ. Для возможности автоматизации исследования энергобезопасности такими способами необходимо трансформировать данный из количественной оценки к качественной, вербальной. Однако при такой

трансформации возникает необходимость определения границ пороговых значений, с чем способна справится математическая модель. Метод нечетких множеств универсально применим к определению уровня энергобезопасности энергосистем разного уровня в краткие сроки. [2]

Рассмотрим предлагаемый алгоритм, подробнее.

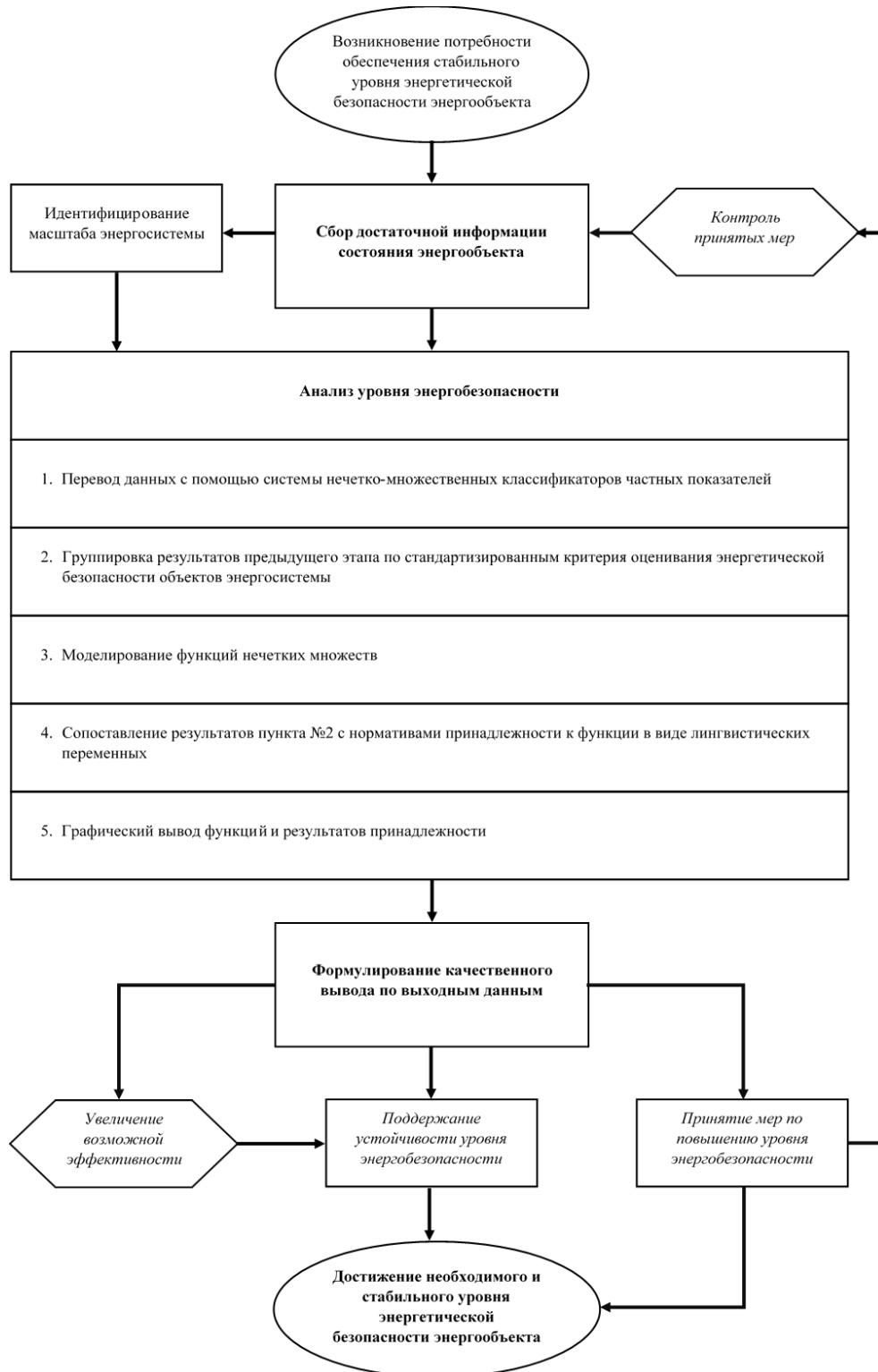


Рисунок 1 – блок схема алгоритма предлагаемого способа достижения необходимого и стабильного уровня энергобезопасности с использованием методов нечеткой логики

Алгоритм содержит три основных блока «действий», два блока «выхода на цикл», «начало», «конец» и вспомогательные блоки. Основными блоками «действия» являются: Сбор достаточной информации состояния энергообъекта; Анализ уровня энергобезопасности; Формулирование качественного вывода по выходным данным. Данные блоки несут под собой систему видимых процессов с вполне понятными алгоритмами, однако в средний блок «действия» встроены более сложные процессы. Анализ уровня энергобезопасности подразумевает под собой последовательность из пяти составляющих блоков «внутренних команд»:

1. Перевод данных с помощью системы нечетко-множественных классификаторов частных показателей;
2. Группировка результатов предыдущего этапа по стандартизованным критериям оценивания энергетической безопасности объектов энергосистемы;
3. Моделирование функций нечетких множеств;
4. Сопоставление результатов пункта №2 с нормативами принадлежности к функции в виде лингвистических переменных;
5. Графический вывод функций и результатов принадлежности.

Блок «начало» заключается в реализации запроса – «возникновение потребности обеспечения стабильного уровня энергетической безопасности энергообъекта». Появление такой потребность запускает алгоритм. Процесс анализа уровня энергобезопасности реализуется с помощью блока «конец». Достижение необходимого и стабильного уровня энергетической безопасности энергообъекта – это итог алгоритма и финальная точка цикла. Под понятием «достижение уровня энергобезопасности», в данном случае, подразумевается возможные совокупности множества благоприятных исходов в математической среде. Предложенные нами действия в совокупности с «началом» и «концом» составляют необходимый операционный минимум для определения уровня энергетической безопасности энергообъектов.

В качестве блока «действий» дополнительного назначения, алгоритма достижения необходимого и стабильного уровня энергобезопасности, используется блок – «идентификация масштаба энергосистемы». Данная команда необходима для более точно результата и более подлинного эффекта. Этот блок задает рамки для критериев оценивания энергобезопасности и позволяет производить дальнейший анализ уже с учетом масштаба энергосистемы.

Другие второстепенные блоки являются обязательными, так как только при выполнение одного из них возможно окончание цикла алгоритма. Команда «поддержание устойчивости уровня энергобезопасности» выполняется только в том случае, если в предыдущем блоке сложились необходимые условия и был подан положительный сигнал. Предшествующими уровнями в данном случае являются «формулирование качественного вывода по выходным данным» и блок цикла «увеличение возможной эффективности». Совокупность этих блоков работает по принципу цикла – после получения удовлетворительного

вывода уровня энергобезопасности алгоритм способен рассмотреть все возможности данных анализируемой энергосистемы и обнаружить возможности к повышению уровня энергобезопасности и получить оптимальный результат из множества совокупностей.

Еще одним дополнительным блоком «действий» служит – «принятие мер по повышению уровня энергобезопасности». Сигнал в такую команду поступает в случае отрицательного вывода выходных данных и запускает цикл еще раз, применив блок «цикла». В случае недостаточного уровня энергобезопасности, планируется возможность рассмотрения всех возможных конфигураций мер по повышению уровня. Далее производится проверка с помощью – «контроля принятых мер» и цикл алгоритма повторяется начиная с блока «сбора основ достаточной информации состояния энергообъекта». Таким образом качественного итога алгоритм достигает только в случае обязательного выполнения базовых команд и при должном уровне поступающей информации.

Подводя итоги, стоит отметить, что данная модель находится в разработке и способна поддаваться дополнениям. Однако уже сейчас существует неоспоримая актуальность алгоритма и высокий уровень преимуществ перед используемыми методами. В дальнейшем планируется применение схемы на существующих и разрабатывающихся энергообъектах топливно-энергетического комплекса и наращение темпов анализа уровня энергобезопасности. [10]

### Список литературы:

1. Антонов Г.Н., Антонова Н.Н., Беланова Г.А., Немоляев С.А. Программно-вычислительный комплекс для анализа развития и функционирования энергетическо-б3го комплекса с учетом живучести // Современные проблемы системных исследований в энергетике. – Иркутск: СЭИ СО АН СССР, 1990. – С. 5-14
2. Доктрина энергетической безопасности РФ от 2019 года. [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/node/14766>
3. Заславский И.С., Карташова Е.Э., Паскарь И.Н. Методы оценивания энергетической безопасности объектов энергосистемы. 2022. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://eaf.etu.ru/assets/files/eaf21/papers/299-304.pdf> (дата обращения: 07.03.2022)
4. Клер А.М., Жарков П.В. Схемно-параметрическая оптимизация локальных систем энергоснабжения // Известия РАН. Энергетика, 2016, № 4, с. 49-61.
5. Криворуцкий Л.Д., Зоркальцев В.И., Малевская Т.В. и др. Экономико-математическая модель для анализа надежности ТЭК // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики. Вып. 24, кн.1. – Ереван: изд-во «Айстан», 1983. – С. 51-57.

6. Криворуцкий Л.Д., Пяткова Н.И., Сафонов А.Н. и др. Исследование направлений повышения надежности топливо- и энергоснабжения потребителей в периоды прохождения максимума нагрузки. / Энергетика страны и регионов. Теория и методы управления. – Новосибирск: Наука, 1988. – С. 68-80 и др.
7. Методы и модели разработки региональных энергетических программ / Отв. ред. Б.Г. Санеев. Новосибирск: Наука, 2003, 140 с.
8. Методы и модели прогнозных исследований взаимосвязей энергетики и экономики / Отв. ред. Ю.Д. Кононов. Новосибирск: Наука, 2009, 178 с.
9. Обоснование развития электроэнергетических систем: Методология, модели, методы, их использование / Отв. ред. Н.И. Воропай. Новосибирск: Наука, 2015, 448 с.
10. Системные исследования в энергетике: Ретроспектива научных направлений СЭИ – ИСЭМ / Отв. ред. Н.И. Воропай. Новосибирск: Наука, 2010, 686 с
11. Энергетическая безопасность России: проблемы и пути решения / Отв. ред. Н.И. Воропай и М.Б. Чельцов. Новосибирск: Наука, 2011, 198 с
12. Энергетическая стратегия РФ до 2035 года // Министерство энергетики РФ. [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/node/1026>