

Понятие «Надежность систем энергетики» The concept of “Energy system dependability”

Дубицкий М.А.^{1*}
Dubitskii M.A.

¹Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Российская Федерация

¹Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

*dubitskii_ma@mail.ru



Дубицкий М.А.

Резюме. Цель. Обосновать смысловое содержание понятия надежность систем энергетики. Оценить необходимость использования таких терминов, как краткосрочная, долгосрочная, балансовая, системная и режимная надежность в сборниках рекомендуемых терминов и справочниках. Дать научное обоснование необходимости пересмотра содержания терминологии «Надежность систем энергетики. Сборник рекомендуемых терминов», опубликованной в 2007 г. **Методы.** В статье используются логические процедуры, состоящие в придании строго фиксированного смысла такому понятию как надежность систем энергетики. **Результаты.** Крупные аварии за последние 30-40 лет в системах энергетики разных стран свидетельствуют о необходимости более пристального внимания к проблеме обеспечения безопасности. Однако из терминологии «Надежность систем энергетики. Сборник рекомендуемых терминов», опубликованной в 2007 г. был исключен термин «безопасность». В тексте терминологии утверждается, что «главный мотив для исключения безопасности из состава свойств надежности объектов энергетики – его невостребованность на протяжении 27 лет». Нет теоретического обоснования для исключения термина «безопасность» из терминологического справочника. Как можно говорить о невостребованности свойства безопасности, когда в электроэнергетической системе была авария на Чернобыльской АЭС 26 апреля 1986 г., а 17 августа 2009 г. авария на Саяно-Шушенской ГЭС, которая унесла жизни 75 человек? В терминологии 2007 г. отмечается, что необходимость ее разработки была обусловлена «... изменениями внешних условий функционирования и развития систем энергетики (либерализация экономики, появление рынков энергии) ...». Надежность – это свойство (характерный признак, составляющий отличительную особенность) систем энергетики и поэтому либерализация экономики не может повлиять на содержание понятия «надежность», может повлиять только на требуемый уровень обеспечения надежности, на критерии принятия решений и модели обеспечения надежности. Для ускорения взаимопонимания между специалистами (занимающимися исследованием надежности систем энергетики) в процессе их общения появился ряд терминов, представляющих собой набор упрощенных (сокращенных или образных) слов, например, режимная надежность, краткосрочная надежность, долгосрочная надежность, балансовая надежность и т.д., которые представляют собой абстрактное представление о надежности систем энергетики, отраженное с теми или иными допущениями в соответствующих моделях исследования надежности. Нет необходимости вводить эти термины в сборники рекомендуемых терминов или справочники (так как перечень заданных функций систем энергетики не изменяется, а поэтому остается без изменений и свойство). **Выводы.** Надежность систем энергетики – комплексное многоаспектное свойство как при государственном регулировании экономикой, так и в рыночных условиях. Содержание понятия надежность систем энергетики не зависит от формы собственности, не зависит от смены собственника объекта, не зависит и от заблаговременности принятия решений по обеспечению надежности.

Abstract. Aim. To substantiate the semantic content of the concept of energy system dependability. To assess the applicability of such terms as short-term, long-term, overall and cross-mode dependability, as well as adequacy as part of collections of recommended terms and reference books. To scientifically substantiate the revised content of Energy system dependability. Collection of recommended terms published in 2007. **Methods.** The paper employs logical procedures that consist in giving an unchanging meaning to such a concept as energy system dependability. **Results.** Major accidents that have occurred in energy systems of various countries over the past 30 to 40 years indicate that the problem of safety deserves closer attention. However, the term “safety” is not featured in Energy system dependability. Collection of recommended terms published in 2007. The terminology states that “the exclusion of safety from the properties of energy facility dependability was primarily motivated by the fact that it had been in no demand for 27 years”. There is no theoretical substantiation for excluding the term “safety” from the terminology handbook. How can we talk about no demand for the property of safety given the Chernobyl nuclear power plant disaster on April 26, 1986 and the Sayano-Shushenskaya HPP

accident of August 17, 2009 that claimed the lives of 75 people? The 2007 terminology notes that its development was motivated by "... changing conditions surrounding the operation and development of energy systems (liberalisation of the economy, the emergence of energy markets)..." Dependability is a property (a characteristic that constitutes a distinctive feature) of energy systems, therefore the liberalisation of the economy cannot affect the content of the concept of "dependability". It may only affect the required level of dependability, the decision-making criteria and dependability models. To simplify understanding, experts (involved in the study of energy system dependability) have come up with a number of terms that are a set of simplified (abbreviated or figurative) words, e.g., cross-mode dependability, short-term dependability, long-term dependability, overall dependability, etc., that represent an abstract idea of energy system dependability that is reflected – with certain assumptions – in the respective models of dependability research. There is no need to integrate such terms in collections of recommended terms or reference books (since the list of specified functions of energy systems does not change, therefore the property remains unchanged). **Conclusions.** Energy system dependability is a complex multidimensional property both in terms of public regulation of the economy, and under market conditions. The content of the concept of energy system dependability does not depend on the form of ownership, does not depend on an entity's change of ownership, does not depend on advance decisions associated with ensuring dependability.

Ключевые слова: свойства, надежность, безопасность, системы энергетики, терминология, заданные функции объекта.

Keywords: properties, dependability, safety, energy systems, terminology, intended functions of facility.

Для цитирования: Дубицкий М.А. Понятие «Надежность систем энергетики» // Надежность. 2025. №3. С. 29–33. <https://doi.org/10.21683/1729-2646-2025-25-3-29-33>

For citation: Dubitskii M.A. The concept of "Energy system dependability". Dependability 2025;3: 29–33. <https://doi.org/10.21683/1729-2646-2025-25-3-29-33>

Поступила: 14.02.2025 / **После доработки:** 10.05.2025 / **К печати:** 25.07.2025

Received on: 14.02.2025 / **Revised on:** 10.05.2025 / **For printing:** 25.07.2025

Введение

С 1973 г. при Сибирском энергетическом институте (СЭИ) СО АН СССР начал работать Всесоюзный научный семинар «Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики» под руководством члена-корреспондента АН СССР Юрия Николаевича Руденко. Решение по поводу организации семинара было направлено письмом в адрес СЭИ СО АН СССР от академика Акселя Ивановича Берга, который возглавлял научный совет АН СССР по комплексной проблеме «Кибернетика» при Президиуме АН СССР. Обеспечение надежности он называл «проблемой номер один». Начиная с 1976 г. семинар работал при Отделении физико-технических проблем энергетики АН СССР. Уже первые заседания семинара показали, что отсутствие единой, упорядоченной терминологии нарушало взаимопонимание специалистов. Им приходилось перед началом своего доклада давать свое определение для тех терминов, которые они использовали в докладе, начиная в первую очередь с такого понятия как «надежность». Назрела необходимость в построении научно обоснованной терминологии в такой области знаний как надежность систем энергетики.

1. Обзор источников

В марте 1976 г. в г. Иркутске было проведено заседание семинара, где было положено начало построения терминологии. Первая редакция проекта терминологии была осуществлена на основе предложений, выработанных

семинаром. В результате обсуждения материала первой редакции проекта комиссией была подготовлена вторая редакция проекта терминологии. Она была направлена ряду специалистов в области надежности систем энергетики. Их замечания и предложения были использованы при разработке третьего варианта проекта. Он был разослан в научно-исследовательские, проектные и эксплуатационные организации, которые дали обстоятельные заключения. С учетом замечаний была составлена четвертая редакция проекта, разосланного уже по более широкому кругу организаций (139 организаций, от 81 получены ответы и замечания). Для дополнительного обсуждения была подготовлена пятая редакция. После тщательного анализа отзывов, внесения необходимых уточнений и дополнений комиссия завершила работу над сборником рекомендуемых терминов «Надежность систем энергетики». Сборник рекомендуемых терминов «Надежность систем энергетики. Терминология» был опубликован в 1980 г. [1]. На формирование понятия надежности систем энергетики оказало влияние сотрудничество с признанным лидером в области теории надежности и ее приложений профессором Игорем Алексеевичем Ушаковым. В 1994 г. был опубликован первый том справочника по общим моделям анализа и синтеза надежности систем энергетики, написанный в основном Ю.Н. Руденко и И.А. Ушаковым [2]. В первом томе справочника использовалась Терминология, предложенная в сборнике рекомендуемых терминов «Надежность систем энергетики. Терминология» [1].

2. Методы

На одном из заседаний семинара Ю.Н. Руденко (видимо, предвидя в будущем желание следующими поколениями специалистов внести какие-то изменения или дополнения в разработанную Терминологию) предупреждал, что для любых изменений в Терминологии должны быть приведены соответствующие обоснования. Действительно, через 13 лет после публикации первого тома справочника была разработана следующая редакция Терминологии новой комиссией под председательством уже Н.И. Воропая, которая была опубликована в 2007 г. [3]. Из прежней комиссии по разным причинам работали только три человека: Н.И. Илькевич, В.В. Могирев и М.Б. Чельцов. С введением новой терминологии появились и ошибки (у американцев есть поговорка: «Не чини того, что не сломалось, — сломаешь!»).

Во-первых, в Терминологии 2007 г., в отличие от Терминологии 1980 г., для объектов энергетики рассматривается только одна заданная функция: «Применительно к объектам энергетики их основной заданной функцией является снабжение потребителей соответствующей энергетической продукцией (энергоресурсом) требуемого качества» [3]. Поэтому отсутствует в Терминологии 2007 г. термин «безопасность». Нет теоретического обоснования для исключения термина «безопасность» из терминологического справочника, а «обоснование» для исключения этого термина выглядит следующим образом: — «главный мотив для исключения безопасности из состава свойств надежности объектов энергетики — его невостребованность на протяжении 27 лет» (авторы новой Терминологии, видимо, уже забыли об аварии на Чернобыльской АЭС 26 апреля 1986 г.) [3]. Справедлив ли был главный аргумент в Терминологии 2007 г. для исключения свойства безопасность? Ответом является авария, которая произошла 17 августа 2009 г. на Саяно-Шушенской ГЭС и унесла жизни 75 человек, т.е. через 2 года после опубликования Терминологии 2007 г. Как можно на это «закрыть глаза» и говорить о невостребованности свойства безопасность? Крупные аварии за последние 30-40 лет в системах энергетики разных стран свидетельствуют о необходимости более пристального внимания к проблеме обеспечения безопасности.

Во-вторых, по мнению авторов Терминологии 2007 г. необходимость ее разработки была обусловлена тем, что «теория надежности систем энергетики получила существенное развитие», а также «в связи с изменениями внешних условий функционирования и развития систем энергетики (либерализация экономики, появление рынков энергии) изменились и подходы к исследованию и обеспечению надежности» [3]. Такое утверждение не выдерживает критики. Существенное развитие теории надежности получило при Терминологии 1980 г. Надежность — это свойство (характерный признак, составляющий отличительную особенность) систем энергетики и поэтому либерализация экономики не может повлиять на содержание понятия «надежность», может повлиять только на требуемый уровень обеспечения надежности, на критерии принятия решений и модели обеспечения надежности, но

даже такие изменения не всегда происходят. Достаточно вспомнить, что в электроэнергетических системах требования к обеспечению надежности потребителей первой, второй и третьей категории не изменились. Смена условий хозяйствования или смена собственника не могут быть причиной для разработки новой Терминологии.

В-третьих, в Терминологии 2007 г. используются новые понятия надежности: (например, краткосрочная надежность, долгосрочная надежность и т.д. [3]), которые отличаются от такого понятия как «надежность электроэнергетической системы». В основе новых понятий надежности должен быть соответственно и новый перечень заданных функций объекта. *Перечень заданных функций объекта* по сути дела это *признак*, по которому можно разграничить те или иные понятия о надежности объектов. В том случае, когда состав заданных функций не меняется (а он не изменился), рассматривается ли объект сегодня, завтра или через какое-то другое время, то содержание понятия для такого свойства, как надежность, как бы оно иначе не называлось, не изменится. Следовательно нет необходимости вводить какие-либо термины в сборниках рекомендуемых терминов или справочниках вместо надежности систем энергетики (перечень заданных функций систем энергетики не изменился).

В-четвертых, в связи с чем же появились такие понятия как краткосрочная надежность, долгосрочная надежность и т.д.? Развитие науки обычно начинается с того или иного экспериментального исследования, обобщения опытных данных, далее развивается теория. «От живого созерцания к абстрактному мышлению и от него к практике — таков диалектический путь познания истины, познания объективной реальности» (В.И. Ленин. Полн. собр. соч., т.29, стр. 152-153). Развитие моделей исследования надежности способствовало принятию решений с различной заблаговременностью для задач, связанных с обеспечением надежности систем энергетики. Модели отличались по составу учитываемых факторов, влияющих на надежность, исходными данными, допущениями, принимаемыми при формировании модели и т.д. Абстрактные представления о надежности систем энергетики отражались в соответствующих моделях исследования надежности. Для ускорения взаимопонимания между специалистами (занимающимися исследованием надежности систем энергетики) в процессе их общения появился ряд терминов, представляющих собой набор упрощенных (сокращенных или образных) слов. Например, надежность системы как сложного технического или производственного объекта заменяется таким термином как «системная надежность». Составляющая надежности, обусловленная ее структурой, называется «структурной надежностью» [3, 4]. Если в моделях при исследовании надежности рассматриваются только режимы работы системы, то тогда речь идет о «режимной надежности» [3, 5]. Если оценка надежности с помощью модели выполняется на краткосрочном интервале времени, то надежность называется «краткосрочной надежностью» [3]. Если в модели оценки надежности учитывается удовлетворение требований потребителей в пределах заданных

значений и ограничений на поставки энергоресурса с учетом запланированных и незапланированных перерывов в работе его элементов и эксплуатационных ограничений, то это уже оценка «балансовой надежности» [3, 6, 7].

3. Результаты

Такие термины, как системная надежность, структурная надежность, режимная надежность, долгосрочная надежность, краткосрочная надежность и балансовая надежность, приведенные в Терминологии 2007 г., являются, по сути дела, профессиональным жаргоном, который используется группой людей (объединенных по профессиональному признаку). Этим терминам не место в Терминологии.

Ошибки появились и во втором томе справочника (Надежность электроэнергетических систем. Под ред. М.Н. Розанова), где уже под балансовой надежностью предлагается понимать «надежность баланса» энергии и мощности. Вместо электроэнергетических систем предлагается рассматривать другой объект исследования – «баланс энергии и мощности» [8].

Ошибки появились и в отдельных публикациях, например, инженерно-технических работников вводят в заблуждение, ошибочно утверждая, что в рыночных условиях надежность – услуга [9, 10]. Услугой может быть, например, обеспечение на договорной основе требуемой надежности энергоснабжения потребителей. Надежность систем энергетики – комплексное многоаспектное свойство как при государственном регулировании экономикой, так и в рыночных условиях. Включает в себя такие свойства как надежность энергоснабжения и безопасность систем энергетики.

Инженерно-технических работников вводят в заблуждение и тогда, когда ошибочно утверждают, что в рыночных условиях надежность – товар [11]. Системы энергетики являются объектами, продуктами деятельности человека. Надежность – это свойство объектов. «Существуют» не свойства, а объекты или продукты, которые отличаются друг от друга своими свойствами.

Следует сказать, что анализ событий, которые имеют место при проведении Специальной военной операции, свидетельствует о том, что смысловое содержание термина «живучесть» должно быть иным, чем в опубликованных Терминологиях. Каскадное развитие аварии с массовым ограничением потребителей – не признак отказов по живучести. Основным признаком отказов по живучести являются отказы при экстремальных внешних воздействиях на систему. Следовало в Терминологиях для термина «живучесть» записать так: «Живучесть – свойство объекта противостоять внешним возмущениям, на которые он не рассчитывался для обычных условий функционирования». Средства обеспечения живучести должны предусматривать противодиверсионные мероприятия. Свойство электроэнергетической системы не допускать каскадного развития аварии характеризует режимную управляемость объекта [12, 13].

Заключение

Надежность систем энергетики – комплексное многоаспектное свойство как при государственном регулировании экономикой, так и в рыночных условиях. Содержание понятия надежность систем энергетики не зависит от формы собственности, не зависит от смены собственника объекта, не зависит и от заблаговременности принятия решений по обеспечению надежности (поэтому нет необходимости использовать в сборниках рекомендуемых терминов и справочниках такие термины как краткосрочная надежность, долгосрочная надежность, балансовая надежность и т.д.). Условия хозяйствования объектом могут оказать влияние на фактически обеспечиваемую надежность и (или) на требуемый уровень обеспечения надежности систем энергетики, но не на содержание понятия надежность систем энергетики (надежность – это ни товар, ни рыночная услуга, ни общественное достояние, а свойство объекта [9, 10, 11]).

Такие термины, например, как краткосрочная надежность, долгосрочная надежность, режимная надежность, балансовая надежность или, например, плановая надежность и т.д. (которые представляют собой абстрактное представление о надежности систем энергетики, отраженное с теми или иными допущениями авторами публикаций в соответствующих моделях исследования надежности) не следует размещать в сборниках рекомендуемых терминов или справочниках.

Список литературы

1. Надежность систем энергетики. Терминология: Сборник рекомендуемых терминов. М.: Наука, 1980. Вып. 95. 43 с.
2. Надежность систем энергетики и их оборудования / Под общей редакцией Ю.Н. Руденко: В 4-х т.: Т. 1. Справочник по общим моделям анализа и синтеза надежности систем энергетики / Под ред. Ю.Н. Руденко. М.: Энергоатомиздат, 1994. 480 с.
3. Надежность систем энергетики. Сборник рекомендуемых терминов. М.: Энергия, 2007. 192 с.
4. Сердюкова Е.В., Барахтенко Е.А. Исследование структурной надежности интегрированной системы электро- и теплоснабжения // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики: Вып. 72. Надежность систем энергетики в условиях их цифровой трансформации. В 2-х книгах. Книга 2 / Отв. ред. Н.И. Воропай. Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2021. С. 406-415.
5. Осак А.Б., Панасецкий Д.А., Бузина Е.Я. Гибкость и режимная надежность энергосистем, методы анализа и критерии их оценки в условиях цифровой трансформации электроэнергетики // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики: Вып. 72. Надежность систем энергетики в условиях их цифровой трансформации. В 2-х книгах. Книга 1 / Отв. ред. Н.И. Воропай. Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2021. С. 343-352.

6. Крупенев Д.С., Беляев Н.А. Обоснование нормативов показателей балансовой надежности на современном этапе Единой энергосистемы России // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики: Вып. 72. Надежность систем энергетики в условиях их цифровой трансформации. В 2-х книгах. Книга 1 / Отв. ред. Н.И. Воропай. Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2021. С. 136-145.

7. Чукреев Ю.Я., Чукреев М.Ю. Модели оценки показателей балансовой надежности при управлении развитием электроэнергетических систем. – Сыктывкар Коми НЦ УрО РАН, 2014. 207 с.

8. Надежность систем энергетики и их оборудования / Под общей редакцией Ю.Н. Руденко: В 4-х т.: Т. 2: Надежность электроэнергетических систем. Справочник / Под ред. М.Н. Розанова. М.: Энергоатомиздат, 2000. 568 с.

9. Воропай Н.И. Надежность систем электроснабжения. Новосибирск: Наука, 2006. 205 с.

10. Кучеров Ю.Н. Надежность электроснабжения – общественное достояние или рыночная услуга? // ЭнергоРынок. 2004. № 11.

12. Эдельман В.И. Развитие механизмов управления надежностью электроснабжения в современных условиях // Энергетика за рубежом. Приложение к журналу «Энергетик». 2015. № 8. 131 с.

13. Дубицкий М.А. Надежность энергоснабжения и безопасность систем энергетики // Вестник ИрГТУ, 2013 (80). С.211–216.

14. Dubitsky M.A. Reliability of Energy Systems // Reliability: Theory & Applications. 2013. Vol. 8. № 3. Issue of September.

References

- [Energy system dependability. Collection of recommended terms]. Moscow: Nauka; 1980. (in Russ.)
- Rudenko Yu.N., editor. [Dependability of energy systems and equipment. In 4 volumes. Vol. 1. Handbook of general analysis and synthesis models of energy system dependability]. Moscow: Energoatomizdat; 1994. (in Russ.)
- [Energy system dependability. Collection of recommended terms]. Moscow: Energia; 2007. (in Russ.)
- Serdiukova E.V., Barakhtenko E.A. [A research of the structural dependability of an integrated power and heat supply system]. In: Voropay N.I., editor. [Methodological aspects of large energy system dependability research: Issue 72. Dependability of energy systems undergoing digital transformation. In 2 books. Book 2]. Irkutsk: ISEM SB RAS; 2021. Pp. 406-415. (in Russ.)
- Osak A.B., Panasetzky D.A., Buzina E.Ya. [Flexibility and cross-mode dependability of power systems, methods of analysis, and evaluation criteria in the context of digital transformation of the electric power industry]. In: Voropay N.I., editor. [Methodological aspects of large energy system dependability research: Issue 72. Dependability of energy systems undergoing digital transformation. In 2 books. Book 1]. Irkutsk: ISEM SB RAS; 2021. Pp. 343-352. (in Russ.)

6. Krupenev D.S., Beliaiev N.A. [A substantiation of the standard values of overall dependability at the present stage of development of the Unified Energy System of Russia]. In: Voropay N.I., editor. [Methodological aspects of large energy system dependability research: Issue 72. Dependability of energy systems undergoing digital transformation. In 2 books. Book 1]. Irkutsk: ISEM SB RAS; 2021. Pp. 136-145. (in Russ.)

7. Chukreev Yu.Ya. [Models for evaluating the overall dependability indicators while managing power system development]. Syktyvkar Komi RC of the UrD of the RAS; 2014. (in Russ.)

8. Rudenko Yu.N., editor. [Dependability of energy systems and equipment. In 4 volumes. Vol. 2. Rozanov M.N., editor. Handbook of energy system dependability]. Moscow: Energoatomizdat; 2000. (in Russ.)

9. Voropay N.I. [Dependability of power supply systems]. Novosibirsk: Nauka; 2006. (in Russ.)

10. Kuchеров Yu.N. [Dependability of power supply. A public domain or a market service?]. *Energorynok* 2004;11.

12. Edelman V.I. [Developing power supply dependability management mechanisms in today's conditions]. *Power Engineering Abroad* 2015;8:131. (in Russ.)

13. Dubitskii M.A. [Dependability of power supply and safety of energy systems]. *Proceedings of Irkutsk State Technical University* 2013;80:211-216. (in Russ.)

14. Dubitsky M.A. Reliability of Energy Systems. *Reliability: Theory & Applications* 2013;8(3).

Сведения об авторе

Дубицкий Михаил Александрович, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник АН СССР, 664003, Иркутск, Иркутская область, ул. Лапина, дом 9, кв. 4, Российская Федерация, Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Российская Федерация, доцент, dubitskii_ma@mail.ru

About the author

Mikhail A. Dubitskii, Candidate of Engineering, Associate Professor, Senior Researcher, Academy of Sciences of the USSR, Irkutsk, Irkutsk Oblast, 664003, 9 Lapina st., apt. 4, Russian Federation, Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation, Associate Professor, dubitskii_ma@mail.ru

Вклад автора в статью.

Полностью авторская работа. Статья позиционируется как дискуссионная. Цель статьи – дать научное обоснование необходимости пересмотра содержания терминологии «Надежность систем энергетики. Сборник рекомендуемых терминов», опубликованной в 2007 г.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.