

**Тюкаев Д. А.**

*кандидат экономических наук, докторант,  
ФГБОУ ВПО «Российский химико-технологический  
университет им. Д. И. Менделеева»  
e-mail: tyukaev\_da@bk.ru*

**Балябина А. А.**

*кандидат экономических наук, доцент,  
ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский  
университет «МЭИ» филиал (г. Смоленск)  
e-mail: tatjank@yandex.ru*

## **Механизм формирования систем аварийного энергоснабжения АЭС на основе топливных элементов**

*В статье рассмотрены основные проблемы и тенденции развития российской энергетики, выявлена роль атомной энергетики в формировании новой структуры энергетического баланса страны. Определены связанные с этим важнейшие направления стратегического управления системами материально-технического обеспечения атомных электростанций. Предложен механизм формирования и управления инфраструктурой системы обеспечения аварийного энергоснабжения атомных электростанций.*

**Ключевые слова:** атомная электростанция, система аварийного энергоснабжения, топливные элементы, водородная энергетика.

**Tyukaev D. A.**

*PhD (Economics), doctoral,  
Russian Chemical-Technological University Mendeleyev*

**Balyabina A. A.**

*PhD (Economics), Associate Professor, the Branch of National Research  
University «Moscow Power Engineering Institute» in Smolensk*

## **Mechanism of formation of NPP emergency power systems based on fuel cells**

*The article considers the main problems and development trends of the Russian energy sector, the role of nuclear power in the formation of new structure of the energy balance of the country. Identified associated with the most important directions of strategic management*

---

*systems logistics nuclear power plants. A proposed mechanism of formation and infrastructure management system to provide an emergency supply of nuclear power plants.*

**Keywords:** *nuclear power plant, the system of the emergency power, fuel cells, hydrogen energy.*

В настоящее время одной из важнейших проблем устойчивого развития российской промышленности и социальной сферы является необходимость обеспечения энергоснабжения территориально распределенных объектов с учетом возрастающих требований к бесперебойности и экологической безопасности процессов генерации и передачи электрической энергии<sup>1</sup>. Однако, существующие в настоящее время энергосистемы в ряде случаев не позволяют обеспечить требуемые для различных категорий потребителей показатели энергообеспечения. Это в определенной степени вызвано высоким уровнем физического и морального износа основных фондов энергетики — в среднем 65%. Изношенность производственного оборудования и инфраструктуры транспорта энергоресурсов приводит к росту числа аварий, снижению эффективности функционирования и экологической безопасности цепи поставок электроэнергии<sup>2</sup>.

По мере роста энергопотребления увеличивается негативное влияние энергетических систем на окружающую природную среду<sup>3</sup>. По данным Всемирного банка только значительное сокращение объемов использования ископаемого топлива при производстве энергии позволит с 2020 г. стабилизировать общий объем выбросов углекислого газа в атмосферу, а с 2050 г. постепенно его снижать. Повышение внимания к проблемам глобального изменения климата, прежде всего, глобального потепления, определяет необходимость сокращения масштабов применения органических источников получения электрической энергии. В этой связи эксперты Международного агентства по атомной энергии прогнозируют в обозримом будущем существенное повышение доли атомной энергетики в структуре мирового энергобаланса исходя из экологической безопасности и относительно невысо-

---

<sup>1</sup> Михайлов С.А., Дли М.И., Балябина А.А. Виды региональных стратегий энергосбережения // Интеграл. — 2008. — № 4 (42). — С.76–78.

<sup>2</sup> Балябина А.А., Дроздова Н.В. Возможности использования малой альтернативной энергетики для повышения эффективности экономики регионов // Энергетика, информатика, инновации — 2013: Сб. тр. III Междунар. науч.-техн. конф. — Смоленск: из-во «Универсум», 2013. Т. 1. — С. 244–247.

<sup>3</sup> Бояринов Ю.Г., Борисов В.В., Мищенко В.И., Дли М.И. Метод построения нечеткой полумарковской модели функционирования сложной системы // Программные продукты и системы. — 2010. — № 3. — С. 26.

кой себестоимости производства энергии на АЭС (особенно после резкого повышения цен на нефть). В этом случае объемы потребления ископаемого топлива в развитых странах, спрос и цена на него на мировом рынке, а также объемы выбросов углекислого газа в атмосферу уменьшатся. Уже сейчас действующие АЭС ежегодно позволяют предотвратить выброс в атмосферу углекислого газа: в России — 210 млн. тонн, в Европе — 700 млн. тонн, в Японии — 270 млн. тонн. В полной мере эта тенденция проявится в 2040–2050-е годы, а во второй половине столетия мировой энергобаланс приобретет принципиально новую структуру. В соответствии с Энергетической стратегией России на период до 2030 года (утверждена распоряжением Правительства РФ от 13 ноября 2009 г. № 1715-р) одной из основных тенденций развития топливно-энергетического баланса страны должно стать сокращение доли природного газа в потреблении первичных топливно-энергетических ресурсов до 46–47% в 2030 г. (52% в 2005 г.) при росте доли нетопливных источников энергии с 11% до 13–14% к 2030 г.<sup>4</sup>

Прогнозируется увеличение установленной мощности атомных электростанций с 23,8 млн. кВт (2008 г.) до 52–62 млн. кВт (2030 г.), а также рост производства электроэнергии атомными электростанциями с 163 млрд. кВт·ч (2008 г.) до 356–437 млрд. кВт·ч (2030 г.). Высокие темпы развития атомной энергетики в РФ и на международном уровне в целом, отмечаемые за последние годы, вызваны как увеличением масштабов экономики и, соответственно, ростом энергопотребления в условиях ограниченности и высокой стоимости традиционных видов энергоресурсов, так и возникновением новых экологических требований к функционированию организаций энергетического сектора и увеличением числа показателей эффективности их работы. Увеличение установленной мощности атомных электростанций, как, с точки зрения, соблюдения требований экологической безопасности, так и необходимости энергоснабжения территориально-распределенных объектов, определяет целесообразность осуществления стратегического подхода к планированию развития генерирующих мощностей и формированию систем аварийного энергоснабжения атомных электростанций в системе их материально-технического обеспечения (СТМО). Предлагается механизм формирования и управления инфраструктурой системы обеспечения аварийного энергоснабжения атомных электростанций, блок-схема которого приведена на рисунке 1.

---

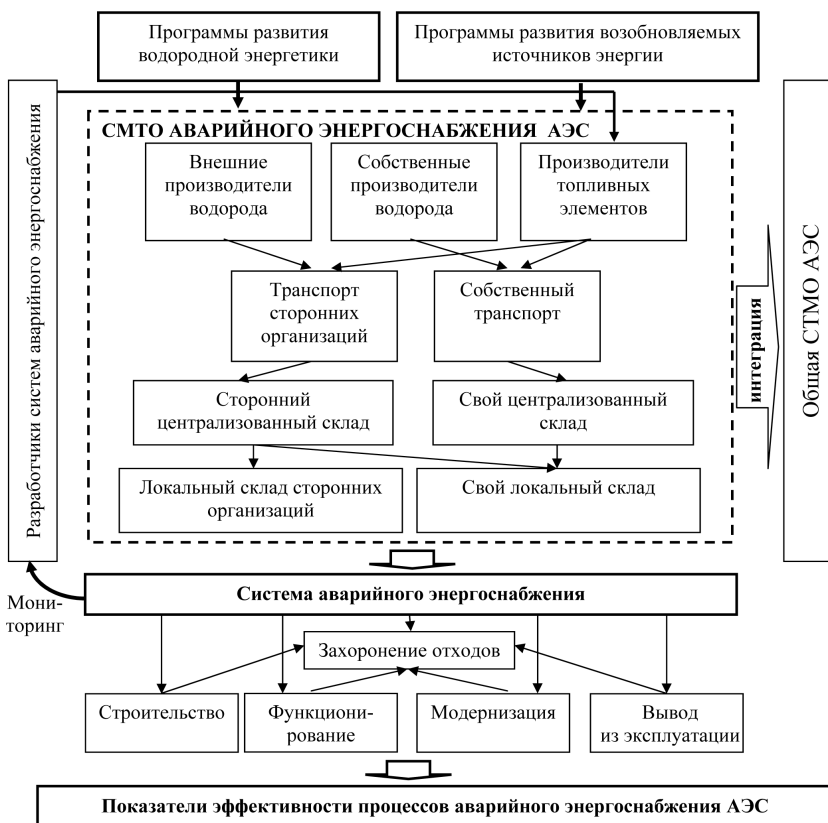
<sup>4</sup> Байков Н.М., Гринкевич Р.Н. Прогноз развития отраслей ТЭК в мире и по основным регионам до 2030 г. — М.: ИМЭМО РАН, 2009.

Министерством природных ресурсов и экологии РФ разработаны Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии, которые включают в себя требования к системам аварийного электроснабжения атомных станций. Эти нормы и правила разработаны на основании ФЗ РФ «Об использовании атомной энергии», федеральных норм и правил в области использования атомной энергии, а также рекомендаций международных организаций. Система аварийного электроснабжения (САЭ) АЭС — это обеспечивающая система безопасности, представляющая собой совокупность автономных источников, преобразовательных, распределительных и коммутационных устройств, осуществляющая электроснабжение потребителей во всех состояниях блока АС (включая аварии и обесточивание энергоблока). К САЭ относятся следующие основные элементы: резервные дизель-генераторные электростанции; аккумуляторные батареи; установки бесперебойного питания (включая отключающие и переключающие устройства) и др.

Резервная дизельная электрическая станция (РДЭС) с баками запаса дизельного топлива должна, как правило, размещаться в отдельно стоящем здании и быть рассчитана на работу без постоянного присутствия оперативного персонала. Системы РДЭС должны обеспечивать необслуживаемую работу дизель-генератора в течение 240 ч. Наличие РДЭС предусматривается еще на этапе строительства АЭС.

Аккумуляторные батареи используются при обесточивании энергоблоков, сопровождающемся отказом аварийных атомных источников электроснабжения — дизель-генераторов. В помещениях, где находятся аккумуляторные батареи САЭ, классифицированные как взрывопожароопасные, должна быть предусмотрена вентиляция для поддержания безопасных значений концентрации газов, образующих взрывоопасную смесь.

Также для выработки электроэнергии аварийными генераторами на некоторых атомных электростанциях используются водородные топливные элементы (ТЭ). Ожидается, что к 2100 г. производство водорода увеличится в 15–20 раз. Это приведет к формированию нового сектора мировой экономики, в котором в качестве сопутствующих технологий самое широкое применение должны получить ТЭ. С 2001 по 2011 год в мире было введено в эксплуатацию 186 установок на базе ТЭ с мощностью от 250 кВт до 4,8 МВт. Из них 112 установок было запущено в США, 26 — в Южной Корее, 17 — в Японии, 10 — в Германии. В настоящее время технологии водородной энергетики успешно используются вместе с другими экологически чистыми энергетическими тех-



**Рис. 1. Блок-схема механизма формирования и управления инфраструктурой системы обеспечения аварийного энергоснабжения атомных электростанций**

нологиями, которые разрабатываются на базе альтернативных, возобновляемых источников энергии: прежде всего, атомно-водородных, гидроэнергетических, солнечно-ветровых, геотермальных и др.

Все системы и установки бесперебойного питания проектируются на этапе строительства АЭС, их ремонт и модернизация возможны в течение всего срока службы станции. При этом должны предусматриваться периодические испытания и проверки отдельных элементов САЭ, возможность технического обслуживания всех элементов, объем и периодичность которого должны обеспечить функциональную работоспособность САЭ в течение всего срока службы и не приводить к снижению уровня безопасной эксплуатации. При поставках на объек-

ты атомной энергетики, системы бесперебойного питания изготавливаются в исполнении «для АЭС» и соответствуют «Общим положениям по устройству и эксплуатации систем аварийного электроснабжения атомных станций» ПНАЭ Г-9-026-90, «Нормам проектирования сейсмостойких атомных станций» НП-031-01, «Специальным условиям поставки оборудования, приборов, материалов и изделий для объектов атомной энергетики». На некоторых АЭС на случай потери электроснабжения оборудования собственных нужд энергоблока — например, в результате крупной аварии в региональной энергосистеме (Белоярская АЭС) существует многократное резервирование электроснабжения ответственных систем.

Повышению энергоэффективности АЭС способствует использование в качестве резервных источников электроснабжения водородных ТЭ, что позволяет экономить дизельное топливо. Мероприятия по энергосбережению и повышению энергетической эффективности АЭС — это мероприятия, направленные на совершенствование процессов обращения с топливно-энергетическими ресурсами (ТЭР) на АЭС с целью увеличения выработки основного продукта — электрической энергии или снижения потребления ТЭР. Кроме того, большие перспективы в технологическом, экономическом и экологическом отношении связываются с взаимопроникновением водородных и атомных технологий. В результате возможен переход к атомно-водородной энергетике, связанный с крупномасштабным производством на базе атомной энергетики не одного, а двух энергоносителей: электричества и водорода<sup>5</sup>. Поскольку водород является вторичным энергоносителем, а не первичным источником энергии как уголь или газ, он производится с помощью энергетических систем, использующих традиционные и возобновляемые природные ресурсы. Если для производства водорода используется электрическая или тепловая энергия, вырабатываемая атомной или гидро- электростанцией в ночное время, когда снижается уровень потребления электроэнергии, то производство водорода станет выгодно с экономической точки зрения, так как стоимость расходуемой энергии может быть снижена более чем в два раза. Произведенный на АЭС водород может быть использован для собственных нужд в резервных ТЭ.

Таким образом, развитие водородной энергетики и сопутствующих ей технологий использования ТЭ и энергоустановок на их основе

<sup>5</sup> Кузык Б.Н., Яковец Ю.В. Россия: стратегия перехода к водородной энергетике. — М.: Институт экономических стратегий, 2007.

будет способствовать реализации главных стратегических ориентиров долгосрочной государственной энергетической политики, содержащихся в Федеральном законе РФ от 23.11.2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», а также в «Энергетической стратегии России на период до 2030 года», указе Президента РФ «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики» от 4 июня 2008 г. № 889 и ряде других документов: модернизации и созданию новой энергетической инфраструктуры; повышению эффективности воспроизводства, добычи и переработки ТЭР; повышению энергетической и экологической эффективности экономики и энергетики.

#### **Используемые источники**

1. Михайлов С.А., Дли М.И., Балябина А.А. Виды региональных стратегий энергосбережения // Интеграл. – 2008. – № 4 (42). – С. 76–78.
2. Балябина А.А., Дроздова Н.В. Возможности использования малой альтернативной энергетики для повышения эффективности экономики регионов // Энергетика, информатика, инновации – 2013: Сб. тр. III Междунар. науч.-техн. конф. – Смоленск: из-во «Универсум», 2013. Т. 1. – С. 244–247.
3. Бояринов Ю.Г., Борисов В.В., Мищенко В.И., Дли М.И. Метод построения нечеткой полумарковской модели функционирования сложной системы // Программные продукты и системы. – 2010. – № 3. – С. 26.
4. Байков Н.М., Гринкевич Р.Н. Прогноз развития отраслей ТЭК в мире и по основным регионам до 2030 г. – М.: ИМЭМО РАН, 2009.
5. Кузык Б.Н., Яковец Ю.В. Россия: стратегия перехода к водородной энергетике. – М.: Институт экономических стратегий, 2007.