

УДК 620.92 620.4, 004.891.2, 004.891.3

DOI 10.51691/2541-8327_2023_2_1

ТЕХНОЛОГИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

Котельников Д.Ю.

аспирант

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,

Севастополь, Россия

Кузнецов П.Н.

кандидат технических наук

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,

Севастополь, Россия

Аннотация

Атомная энергетика является одной из наиболее опасных отраслей энергетики в техносфере вследствие того, что при возникновении аварийной ситуации возникает потенциальная опасность массового поражения населения из-за вероятного выброса радиоактивных частиц. Ввиду этого, обеспечение безопасного функционирования и повышение надежности объектов атомной энергетики является чрезвычайно важной и актуальной задачей. Одним из наиболее перспективных вариантов решения данной задачи является совершенствование автоматизированных систем управления при использовании развитых информационных технологий и, в частности, алгоритмов искусственного интеллекта. В статье представлены примеры использования данных технологий в атомной энергетике и приведен их краткий анализ, демонстрирующий целесообразность их внедрения как на действующих, так и проектируемых атомных электростанциях.

Ключевые слова: ядерная энергетика, искусственный интеллект, нейронные сети, аварийные ситуации, проактивное управление, система поддержки принятия решений.

***ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES IN THE NUCLEAR POWER
INDUSTRY***

Kotelnikov D.Y.

postgraduate student

Sevastopol State University,

Sevastopol, Russia

Kuznetsov P.N.

Candidate of Technical Sciences

Sevastopol State University,

Sevastopol, Russia

Abstract

Nuclear power is one of the most dangerous branches of energy in the technosphere due to the fact that in the event of an emergency there is a potential danger of mass destruction of the population due to the likely release of radioactive particles. In view of this, ensuring the safe operation and increasing the reliability of nuclear power facilities is an extremely important and urgent task. One of the most promising solutions to this problem is the improvement of automated control systems using advanced information technologies and, in particular, artificial intelligence algorithms. The article presents examples of the use of these technologies in the nuclear power industry and provides a brief analysis of them, demonstrating the feasibility of their implementation both at existing and projected nuclear power plants.

Keywords: nuclear power engineering, artificial intelligence, neural networks, emergency situations, proactive management, decision support system.

Атомная энергетика является одним из основных и общепризнанных источников экологически чистой электроэнергии (ЭЭ), благодаря чему и получила повсеместное распространение. Международным агентством по атомной энергии (International Atomic Energy Agency) было определено, что мировыми лидерами по выработке электроэнергии за счёт атомных электростанций (АЭС) в 2021 году стали Соединённые Штаты Америки (771,54 ТВт), Китай (383,21 ТВт), Франция (363,39 ТВт) и Российская Федерация (208,44 ТВт). Помимо этого, была определена доля выработки ЭЭ атомной промышленностью, относительно общей генерации государства (рис. 1).

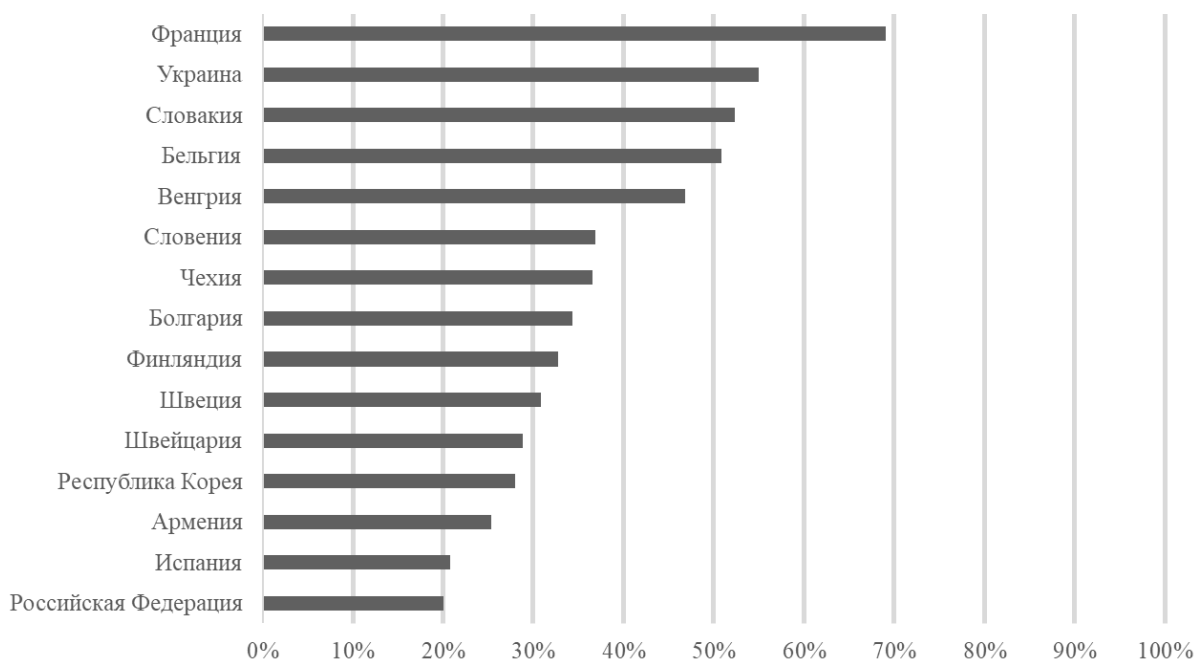


Рис. 1 – Доля выработки ЭЭ атомной промышленностью относительно общей генерации государств (авторский рисунок)

Атомные станции являются технологическими и потенциально опасными системами, для корректной работы которых необходимо непрерывно отслеживать состояние установленного на них оборудования. Данное обстоятельство приводит к необходимости постоянного развития и совершенствования инструментов и технологий неразрушающего контроля и мониторинга компонентов АЭС. Наиболее продвинутые технологии в данной области используются на АЭС III и IV поколения. Однако, стоит отметить и то,

что большинство используемых сейчас решений ориентировано на устранение уже возникших проблем, а не на предиктивное управление системами АЭС. Технологии проактивного управления эксплуатационными процессами электростанций, а также интеллектуальные алгоритмы по предотвращению аварийных ситуаций лишь недавно начали развиваться и внедряться на действующих АЭС.

Атомные станции – это сложные многоуровневые системы, объединяющие в себе множество различных инструментов, комплексов и технологий, предназначенных для обеспечения мер безопасности и предотвращения аварийных ситуаций. Однако, несмотря на широкий спектр защитных систем, главным управляющим органом АЭС остаётся её обслуживающий персонал (оператор), что влечёт за собой воздействие человеческого фактора на работу любой из систем станции. В следствии этого, для минимизации вероятности возникновения критических ошибок и внештатных ситуаций видится перспективным использование систем поддержки принятия решений, основанных на технологиях искусственного интеллекта, которые уже успели зарекомендовать себя в различных областях [1 – 3].

Примеры использования технологий искусственного интеллекта в атомной энергетике:

1. Системы принятия решений советующего типа – данные системы предназначены для помощи обслуживающему персоналу АЭС при возникновении аварийных и некоторых внештатных ситуаций. Системы формируют перечень возможных решений возникшей проблемы, а также прогнозируют поведение всей системы исходя из предпринятого персоналом действия (например: алгоритм устойчивого обратного распространения [4]. К недостаткам данных систем можно отнести то, что на текущем этапе развития технологии они способны предсказывать лишь заранее заложенные в них сценарии аварийных и внештатных ситуаций [5,6].

2. Системы обнаружения аварий – данные системы позволяют выявлять проблемы АЭС за счёт непрерывного мониторинга систем станции (например: Accident Diagnosis Advisory System [7]), минимизировать вероятность ошибок и общую рабочую нагрузку на операторов станции. Есть несколько путей реализации данных систем, один из которых сводится к использованию двух нейронных сетей для более качественного анализа потока данных, поступающего с датчиков АЭС. В случае различий в полученных результатах анализа, оператор получит сигнал о возможной проблеме в одной из систем. Альтернативным вариантом реализации подобных систем, является комплексное использование инструментов реализации чёткой и не чёткой логики, в частности – нейросетевых алгоритмов [8].

3. Системы проверки информационных сигналов датчиков – данные системы используются для обнаружения отказов или некорректной работы датчиков, установленных на различном оборудовании станции, вызванных неисправностями или кибератаками [9]. Системы позволяют одновременно детектировать аномальное поведение даже нескольких датчиков при помощи алгоритма моделирования случайных отказов [10].

4. Системы прогнозирования умственной нагрузки оператора АЭС – данные системы помогают отслеживать физическое и психическое состояние обслуживающего персонала станции (оператора). Отслеживание происходит благодаря использованию технологий ай-трекинг (eye-tracking), базирующегося на отслеживании направления взгляда, количестве саккадических (произвольных) движений глаз, частоте моргания и диаметре зрачка, а также на когнитивных гибридных системах поддержки принятия решений и прогнозирования [11].

5. Системы моделирования компонентов реактора – данные системы предназначены для проведения предварительных экспериментальных и модельных исследований различных систем и подсистем станции, что является крайне актуальным при разработке или улучшении оборудования. Также, Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМН Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

подобные системы могут на раннем этапе разработки отсеять неэффективные решения, помочь исправить возможные ошибки, а также помочь оптимизировать различные эксплуатационные процессы [12].

6. Системы оценки сейсмоустойчивости конструкций АЭС – данные системы позволяют предусмотреть необходимые конструкционные решения и мероприятия при строительстве новых АЭС с учётом данных по сейсмоустойчивости выбранного региона, а также дополнительно оценить устойчивость уже построенных АЭС [13].

7. Системы прогнозирования аварийных ситуаций – данные системы предиктивной аналитики используются для прогнозирования ещё не возникших проблем на основании результатов анализа сигналов с датчиков, установленных на различном оборудовании АЭС. Система позволяет детектировать процесс перехода компонентов станции из нормального режима в аварийный (внештатный) [14].

8. Системы учёта экологической опасности – данные системы в режиме реального времени оценивают содержание радионуклидов в теплоносителе (воде первого контура реактора) [15].

Таким образом, становится очевидным, что использования технологий искусственного интеллекта в атомной промышленности является перспективным и целесообразным. Внедрение систем предиктивной аналитики и проактивного управления компонентами АЭС позволит минимизировать вероятность возникновения аварийных и внештатных ситуаций.

Работа была выполнена при поддержке «Фонда содействия развитию малых форм пред-приятий в научно-технической сфере» (Фонда содействия инновациям).

Библиографический список

1. Кузнецов, П. Н. Технология автоматизированного мониторинга состояния фотоэлектрических модулей солнечной электростанции / П.

- Н. Кузнецов, Д. Ю. Котельников // Мониторинг. Наука и технологии. – 2022. – № 2(52). – С. 65-72. – DOI 10.25714/MNT.2022.52.008
2. Кузнецов, П. Н. Автоматизированный комплекс интеллектуального мониторинга ветровых электростанций / П. Н. Кузнецов, Д. Ю. Котельников // Энергосбережение и водоподготовка. – 2022. – № 1(135). – С. 4-10.
 3. Кузнецов, П. Н. Автоматизированный технологический комплекс мониторинга и диагностики виноградников / П. Н. Кузнецов, Д. Ю. Котельников // Вестник аграрной науки Дона. – 2021. – № 4(56). – С. 16-23.
 4. Поваров В. П. Обобщенная структура системы принятия решений в условиях потенциально опасных объектов атомной энергетики // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2018. – Т. 14. – №. 2.
 5. Santosh T. V. et al. Diagnostic system for identification of accident scenarios in nuclear power plants using artificial neural networks // Reliability Engineering & System Safety. – 2009. – Т. 94. – №. 3. – С. 759-762.
 6. Santosh T. V. et al. Application of artificial neural networks to nuclear power plant transient diagnosis // Reliability Engineering & System Safety. – 2007. – Т. 92. – №. 10. – С. 1468-1472.
 7. Lee S. J., Seong P. H. A dynamic neural network based accident diagnosis advisory system for nuclear power plants // Progress in Nuclear Energy. – 2005. – Т. 46. – №. 3-4. – С. 268-281.
 8. Плиева М. Т., Силаев В. И. Искусственный интеллект в технологических процессах атомных электростанций // Современные тенденции развития информационных технологий в научных исследованиях и прикладных областях. – 2020. – С. 104-107.

9. Hou J., Ni K., Hawari A. An Artificial Neural Network Based Anomaly Detection Algorithm for Nuclear Power Plants //Transactions. – 2019. – Т. 120. – №. 1. – С. 219-222.
10. Fantoni P. F., Mazzola A. Multiple-failure signal validation in nuclear power plants using artificial neural networks //Nuclear technology. – 1996. – Т. 113. – №. 3. – С. 368-374.
11. Wu Y. et al. Using artificial neural networks for predicting mental workload in nuclear power plants based on eye tracking //Nuclear Technology. – 2020. – Т. 206. – №. 1. – С. 94-106.
12. Hu G., Zhou T., Liu Q. Data-Driven Machine Learning for Fault Detection and Diagnosis in Nuclear Power Plants: A Review //Frontiers in Energy Research. – 2021. – Т. 9. – С. 185.
13. Wang Z. et al. Seismic fragility analysis with artificial neural networks: Application to nuclear power plant equipment //Engineering Structures. – 2018. – Т. 162. – С. 213-225.
14. Mo K., Lee S. J., Seong P. H. A dynamic neural network aggregation model for transient diagnosis in nuclear power plants //Progress in nuclear energy. – 2007. – Т. 49. – №. 3. – С. 262-272.
15. Zhang Y. J., Hu L. S. Real time estimation of radionuclides in the receiving water of an inland nuclear power plant based on difference gated neural network //Radiation Physics and Chemistry. – 2020. – Т. 176. – С. 109019.

Оригинальность 90%