

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации К.И. Коцоева на тему «Разработка предиктивных методов и алгоритмов для систем диагностирования оборудования АЭС с ВВЭР», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.4.9. Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность

Актуальность темы диссертационного исследования, выполненного К.И. Коцоевым, заключается в необходимости повышении информативности штатных систем диагностирования оборудования реакторной установки ВВЭР.

Научная новизна диссертационной работы К.И. Коцоева определяется тем, что:

1. Разработан новый алгоритм выделения полезного сигнала в измерительных каналах системы акустического контроля течей, основанный на фильтрации глобальных шумов.
2. Разработан новый алгоритм определения неисправности измерительных каналов системы акустического контроля течей, основанный на использовании каскада нейросетевых классификаторов.
3. Разработан новый метод обнаружения аномалий в работе реакторного оборудования, основанный на использовании информационной избыточности в штатных системах диагностики оборудования.
4. Разработан новый алгоритм диагностирования электроприводной арматуры, основанный на применении свёрточной нейронной сети для сегментации циклограммы активной мощности.

Практическая значимость диссертационной работы подтверждается тем, что разработанные алгоритмы, методы и подходы внедрены в следующие существующие системы диагностирования состояния оборудования АЭС и прикладное программное обеспечение, предназначенное для решения задач технического диагностирования:

- системы акустического контроля течи (САКТ) энергоблоков № 1 и 2 Нововоронежской АЭС-2;
- комплексные системы диагностирования арматуры (КСДА) энергоблоков № 1,2 Нововоронежской АЭС-2;
- прикладное программного обеспечения, разработанное ООО «Квант программ» для решения задач технического диагностирования АЭС.

Достоверность полученных результатов подтверждается публикациями в 6 научных статьях и рецензируемых ВАК научно-технических журналах, монографии (в соавторстве), а также апробацией на научно-технических семинарах и конференциях.

Замечания по тексту диссертации:

1. В тексте автореферата указано, что работоспособность алгоритма продемонстрирована на экспериментальных данных и данных эксплуатации, однако примеры обработки сигналов с течью в условиях номинальных параметров реакторной установки не приведены. Рекомендуется дополнить текст соответствующими примерами или скорректировать формулировки.

2. В тексте автореферата сделан недостаточно обоснованный вывод о том, что разработанный алгоритм выделения полезного сигнала *«...отличается более высокой надежностью определения протечек трубопроводов РУ»*. Эффективность алгоритма определяется не промежуточными результатами преобразования сигнала (включая снижение уровня фоновых шумов), а конечным результатом, т.е. обнаружением течи или её пропуском. Утверждение о более высокой надёжности разработанного алгоритма выделения полезного сигнала требует дополнительного обоснования на основе анализа эксплуатационных данных, демонстрирующих его эффективность в обнаружении течей.

3. В тексте автореферата (в обсуждении результатов к главе 3) приведено утверждение о том, что согласно требованиям концепции «течь перед разрушением» установлено требование о минимальном времени фиксации факта течи с помощью систем контроля *«...для удовлетворения требованиям концепции ТПР о времени фиксации факта течи (которое не должно превышать 3 минуты)...»*. В национальном стандарте ГОСТ Р 58328-2018 «Трубопроводы атомных станций. Концепция «течь перед разрушением» (далее – ГОСТ ТПР), который устанавливает обязательные требования к системам контроля течи, отсутствует требование о минимальном времени обнаружения течи. При этом в ГОСТ ТПР (п.Б.2.3) приведено требование, что временной интервал обнаружения и измерения параметров течи не должен превышать одного часа.

4. При описании метода диагностирования на основе нейронной сети U-net отсутствует анализ проблемы переобучения и описание процедуры валидации модели. Целесообразно дополнить работу описанием выбора гиперпараметров, методов обеспечения воспроизводимости и точности модели, например, с использованием рекомендаций стандартов TRIPOD-AI или STARD-AI.

5. Допущена опечатка в формуле ядра Гаусса (формула (6) на странице 15), которая использовалась автором для умножения матриц с целью минимизации остаточного вектора ε .

Для корректного представления функции в качестве ядра рекомендуется использовать следующий вид:

$$K_h(x, x_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\delta} e^{-\frac{(x-x_i)^2}{2\delta^2}}$$

6. В разделе «Общие выводы и заключение» содержится следующее излишне обобщённое утверждение о значительном вкладе работы в развитие страны *«Таким образом, важнейшая техническая задача реализации новых научно обоснованных технических решений, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны, в сфере разработки, создания методов и алгоритмов диагностирования оборудования и повышения информативности штатных систем контроля оборудования и РУ в целом, имеющих важное значение для повышения безопасности и эксплуатационной надёжности АЭС, решена.»*. Рекомендуется сформулировать выводы более конкретно, в рамках решаемых в диссертации задач.

Несмотря на сделанные замечания, диссертация К.И. Коцоева, судя по автореферату, в целом, соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 №842 (в действующей редакции), а её автор, Коцоев Константин Игоревич, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.4.9. Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность.

Я, Матвеев Евгений Леонидович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Начальник отдела специальных программных средств АО «НИКИЭТ», канд. физ.-мат. наук

Матвеев Евгений Леонидович
тел. (499)743-07-06
e-mail: matveev@nikiet.ru

Акционерное общество «Ордена Ленина Научно-исследовательский и конструкторский институт энерготехники имени Н.А. Доллежалея» (АО «НИКИЭТ»), а/я 788, Москва, 101000, тел. +7 (499) 263-73-37, e-mail: nikiet@nikiet.ru, <http://www.nikiet.ru>

Подпись Матвеева Е.Л. заверяю

Учёный секретарь АО «НИКИЭТ

А.В. Джалавян

