



Рисунок 1 – Структура ИАС РКМ АЭС

Основное преимущество данного решения – возможность сравнения результаты прогнозных данных с реальными измеренными значениями, снижение капитальных затрат на радиационный контроль. Несоответствие допустимых отклонений может быть основанием для внеочередных измерений на местности, корректировки требований Регламентов РК или самой ИАС РКМ АЭС.

Основным недостатком данной разработки является ее низкая референтность, поскольку ранее таких исследований не велось.

Разработка и применение ИАС РКМ АЭС, очевидно, знаменует переход на новый уровень радиационной защиты радиационно-опасных объектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009. Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.2523 – 09. 2009. - 74 с.
2. Дозиметрический контроль внешнего профессионального облучения. Общие требования МУ 2.6.1.25-2000. 2000. - 110 с.
3. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности ОСПОРБ-99/2010. 2010. - 77 с.

УДК 621.039.5

ПРЕДИКТИВНАЯ ДИАГНОСТИКА ДАТЧИКОВ КОНТРОЛЯ ЭНЕРГОВЫДЕЛЕНИЯ В ЯДЕРНОМ РЕАКТОРЕ

Тен С.В.¹, Загребаев А.М.¹

Национальный Исследовательский Ядерный Университет «МИФИ», Москва, Россия

¹tenstanislav@email.com; ²AMZagrebayev@mephi.ru

Аннотация. В данной работе рассматривается применение методов предиктивной диагностики для анализа данных, полученных с датчиков внутриреакторного контроля поля нейтронов для реактора типа РБМК. В рамках данной работы основное внимание уделяется двум методам: методу гусеницы и методу «скользящей корреляции». Целью исследования является разработка эффективного подхода к экспресс-анализу для выявления аномалий в работе датчиков, что может указывать на их неисправность или выход из строя.

Ключевые слова: ядерный реактор, предиктивная диагностика, датчик внутриреакторного контроля.

PREDICTIVE DIAGNOSTICS OF ENERGY RELEASE MONITORING SENSORS IN A NUCLEAR REACTOR

Ten S.V.¹, Zagrebayev A.M.²

National Research Nuclear University MEPhI, Moscow, Russia

¹tenstanislav@email.com; ²AMZagrebayev@mephi.ru

Abstract. In this paper, we consider the application of predictive diagnostic methods for analyzing data obtained from sensors for in-reactor neutron field monitoring for a RBMK type reactor. Within the framework of this work, the main attention is paid to two methods: the caterpillar method and the "sliding correlation" method. The aim of the study is to develop an effective approach to rapid analysis to identify anomalies in the operation of sensors, which may indicate their malfunction or failure.

Keywords: nuclear reactor, predictive diagnostics, in-reactor control sensor.

В контексте повышения безопасности ядерных реакторов, особенно важным является своевременное обнаружение аномалий в работе датчиков внутриреакторного контроля. Такие аномалии могут быть предпосылками серьезных технических проблем, вплоть до аварийных ситуаций. В этой работе представлены результаты применения и сравнение двух алгоритмических подходов к анализу временных рядов данных, полученных от датчиков.

Для моделирования ситуации, когда датчик выходит из строя, к показаниям одного из датчиков добавлялось фиктивное возмущение, что позволило создать условия, приближенные к реальным, и оценить эффективность методов на данных, имитирующих неисправность.

Метод гусеницы заключается в преобразовании одномерного ряда в многомерный при помощи сингулярного разложения траекторной матрицы, исследовании полученной многомерной траектории методом главных компонент и последующим восстановлении одномерного ряда. В рамках текущей работы показания одной секции датчиков были преобразованы в траекторную матрицу при помощи однопараметрической сдвиговой процедуры с выбором длины оконных последовательностей. Для каждого такой матрицы были рассчитаны собственные значения и визуализированы в виде графика зависимости каждого собственного значения по времени (рис. 1).



Рисунок 1 – Изменение собственных чисел траекторной матрицы исходных данных

Далее, к показаниям датчика было добавлено фиктивное возмущение и аналогичным образом построен график по времени (рис. 2). Визуально проанализировав графики, можно сделать вывод, что собственные значения чувствительны к добавлению возмущений в исходные данные. При добавлении возмущений в данные (в качестве примера, начиная с 50-го по порядку значения и длиной последовательностей равной 10), 10-ое собственное число уменьшается, при этом остальные собственные числа возрастают. Однако, при изменении

длины последовательностей или характера внесенных возмущений, визуально не всегда можно определить аномалии в данных.

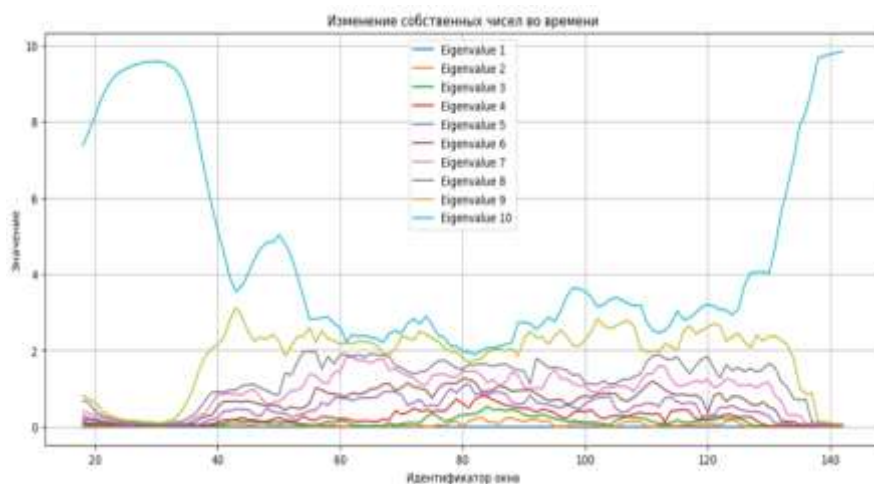


Рисунок 2 – Изменение собственных чисел тракторной матрицы при добавлении возмущения

Вторым методом для анализа является ранее разработанный и подробно рассмотренный в работе [1] метод «скользящей корреляции». В рамках данной работы метод был адаптирован к данным реактора типа РБМК, который отличается меньшим количеством секций одного датчика. Для исходных данных была рассчитана матрица значений функции скользящей корреляции между секциями одного датчика. Таким образом, для каждого момента времени была получена квадратная матрица 4x4, в которой номер строки или столбца – это номер датчика по высоте, а на пересечении расчетное значения функции скользящей корреляции за последние N дней. Для каждой такой матрицы, аналогично предыдущему эксперименту, были рассчитаны собственные значения и построен график в зависимости от времени (рис. 3).

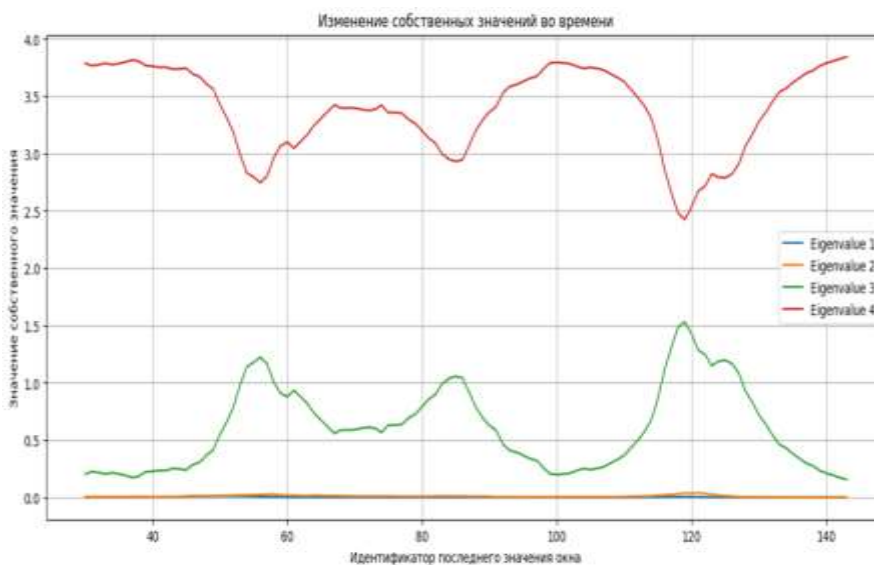


Рисунок 3 – Изменение собственных чисел матрицы корреляции исходных данных

Далее, аналогично предыдущим экспериментам, к исходным данным было добавлено фиктивное возмущение (начиная с 80-го по порядку значения) и построен график (рис. 4).

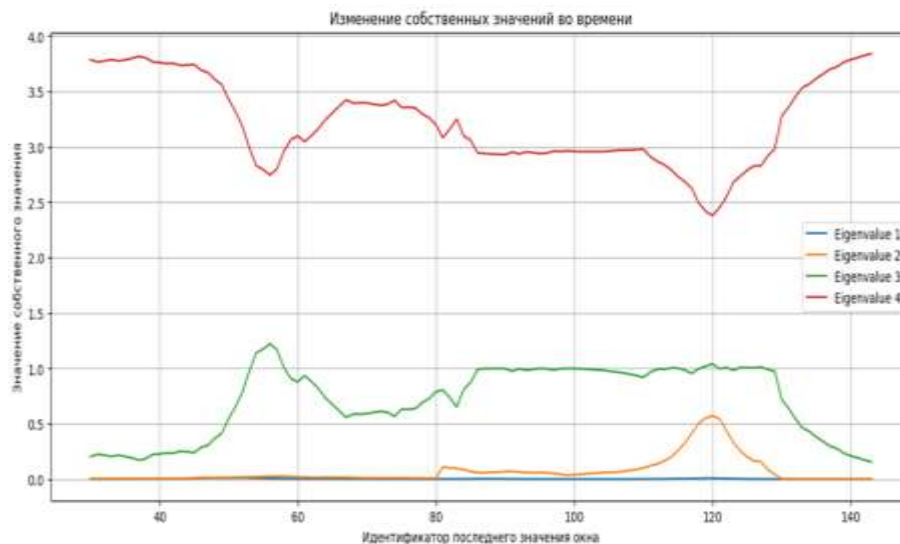


Рисунок 4 – Изменение собственных чисел матрицы корреляции при добавлении возмущения

Из графиков можно сделать вывод, что при добавлении возмущений в исходные данные, значение второго собственного числа возрастает и принимает постоянное ненулевое значение.

Анализ показал, что метод скользящей корреляции демонстрирует более высокую чувствительность к аномалиям в данных. Полученные результаты подтверждают эффективность метода скользящей корреляции в качестве инструмента предиктивной диагностики датчиков контроля в реакторах типа РБМК. Этот метод позволяет не только выявлять аномалии в работе датчиков, но и делать это с достаточной точностью, что критически важно для обеспечения безопасности ядерных реакторов.

Исследование показывает перспективность использования метода скользящей корреляции для экспресс-анализа данных датчиков внутриреакторного контроля. Дальнейшие исследования могут быть направлены на оптимизацию алгоритма для улучшения его предиктивных свойств и адаптации к различным условиям эксплуатации ядерных реакторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тен С. В., Загребаев А. М. Предиктивная диагностика датчиков контроля в ядерном реакторе. Вестник НИЯУ МИФИ. – 2023. – Т. 12. – №. 2. – С. 103-113.
2. Загребаев А. М., Рамазанов Р. Н. Визуализация архива параметров ядерного энергоблока с реактором РБМК. Научная визуализация. – 2015. – Т. 7. – №. 2. – С. 1-11.
3. Загребаев А. М. и др. Восстановление утраченного показания высотного датчика контроля за полем нейтронов по данным архива. Атомная энергия. – 2015. – Т. 118. – №. 3. – С. 129-133

УДК-504.3.054

ОЦЕНКА ВНЕШНЕГО ОБЛУЧЕНИЯ ПЕРСОНАЛА НОВОВОРОНЕЖСКОЙ АЭС-2 ПРИ АВАРИЙНЫХ ВЫБРОСАХ В АТМОСФЕРУ С УЧЁТОМ ВЛИЯНИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЗАСТРОЙКИ

Тулинов Д.В.¹, Данилов А.Д.²

Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Россия

¹dantulinovv@yandex.ru; ²danilov-ad@yandex.ru

Аннотация. В работе проведена оценка эффективных доз внешнего облучения персонала на Нововоронежской АЭС-2 при гипотетических аварийных выбросах. Оценено влияния промышленной застройки на уровни облучения персонала. Проведен анализ, полученных разными моделями распространения примеси, значений эффективных доз.