

помещении дизель-генераторной установки АЭС. Данный комплекс реализует многомерный анализ диагностических данных [3].

На данный момент времени производится сбор базы эталонных параметров на основе реальных диагностических параметров вибрации, ультразвука, теплотметрии дизель-генераторного оборудования российских атомных электростанций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абидова, Е.А.* Диагностирование дизель-генераторного оборудования АЭС с использованием детерминированных и стохастических методов [Текст] / Е.А. Абидова, Л.С. Хегай, А.В. Чернов, В.И. Соловьёв, О.Ю. Пугачёва // Глобальная ядерная безопасность. – 2016. – № 3 (20). – С. 74-79.
2. *Померанцев, А.* Метод главных компонент (PCA) [Текст] / А. Померанцев // Российское хемометрическое общество. [Электронный ресурс]. – URL: <http://rfs.chemometrics.ru/Tutorials/pca.htm> (дата обращения: 21.05.2019).
3. *Абидова Е.А., Дембицкий А.Е., Соловьёв В.И., Пугачёва О.Ю.* Переносной программно-технический комплекс диагностирования дизель-генераторов [Текст] / Абидова Е.А., Дембицкий А.Е., Соловьёв В.И., Пугачёва О.Ю. // Глобальная ядерная безопасность. 2018.

Comprehensive Analysis of Diagnostic Parameters of the NPP Diesel Generator Sets

Е.А. Abidova, А.Е. Dembitsky, О. Yu. Pugacheva

SRI AEM, Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University "MEPhI", Volgodonsk, Rostov region

Abstract – An approach to diagnosing diesel generator equipment is presented by building a reference basis and projecting the diagnostic parameters of vibration, ultrasound and thermal metrics of the object being diagnosed on a reference basis to obtain a comprehensive assessment of the diagnostic parameters of diesel generators.

Ключевые слова: backup diesel power station, thermal imaging control, vibration control, ultrasonic control, reference basis, comprehensive assessment.

УДК 621.039

Диагностирование состояния оборудования АЭС при помощи энтропийных методов обработки видеозображений

О.Е. Драка¹, А.В. Чернов², Е.А. Абидова³, В.Т. Саункин⁴

Волгодонский инженерно-технический институт – филиал научного исследовательского ядерного университета «МИФИ», Волгодонск

В работе исследована возможность применения энтропийных методов обработки данных для диагностики состояния оборудования АЭС. Были рассчитаны значения энтропии Реньи 0-го, 1-го и 2-го порядков и их динамика во времени.

Ключевые слова: тепловизионный контроль, энтропия Реньи, атомная электрическая станция (АЭС).

Целью исследования является изучение возможности применения энтропии Реньи для контроля состояния оборудования АЭС и возможности выявления неисправностей этого оборудования.

Обобщенная энтропия Реньи порядка q определяется по формуле (1): [1]:

$$R_q(\alpha) = \frac{1}{1-q} \ln \left(\sum_{i=1}^{N(\alpha)} p_i^q \right), \quad (1)$$

где q -порядок энтропии, $q \in (-\infty, \infty)$;

a -множество точек;

$N(a)$ -общее число точек покрывающих объект;

p -вероятность;

i -тый-гиперкуб данного покрытия

Энтропия Реньи нулевого порядка определяется по формуле (2) [1]:

$$R_0(a) = \ln N(a). \quad (2)$$

Принцип расчета энтропии Реньи 0-порядка состоит в разбиении изображения на ячейки, подсчете ячеек, заполненных изображением (если хоть один пиксель изображения попал в ячейку, она считается заполненной) и умножения числа заполненных ячеек на их площадь.

Энтропия Реньи первого порядка ($q=1$) определяется по формуле (3):

$$R_1 = \lim_{q \rightarrow 1} \frac{\sum_{i=1}^{N(a)} p_i^q \ln p_i}{-\sum_{i=1}^{N(a)} p_i^q} = -\sum_{i=1}^{N(a)} p_i \ln p_i. \quad (3)$$

Энтропия Реньи второго порядка по формуле (4):

$$R_2(a) = \ln(\sum_{i=1}^s p_i^2). \quad (4)$$

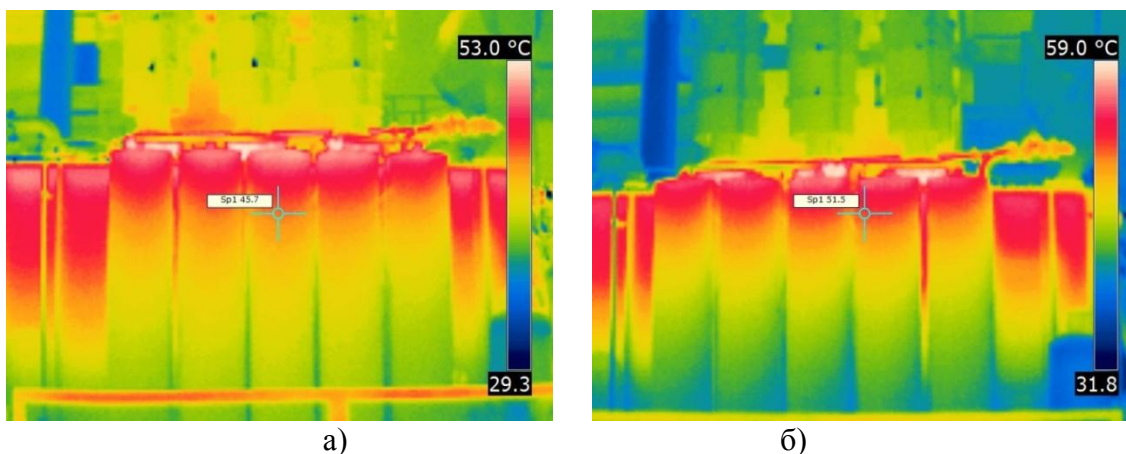
Энтропию второго порядка называют корреляционной, так как она дает меру для оценки пространственной корреляции элементов структуры исследуемого объекта. Уменьшение этой энтропии говорит о росте корреляций, а ее увеличение соответствует уменьшению коррелированности элементов и росту хаотичности в системе.

В настоящей работе была произведена обработка видеоизображений, полученных с помощью системы тепловизионного контроля на РоАЭС. Для этого была разработана программа для расчета энтропии Реньи 0-го, 1-го и 2-го порядков для видеоизображений, а так же был произведен анализ временных изменений энтропии Реньи 0-порядка, 1-порядка, 2-порядка для выявления неисправностей оборудования АЭС.

Полученные данные с РоАЭС взяты с временным промежутком в 2 минуты.

На рисунке 1 представлены данные снятые с помощью системы тепловизионного контроля на РоАЭС. Камера FLIRT250 Westem. Объектив FOL18. Параметры объекта: коэффициент излучения 0,83; отраженная температура 20 С, температура воздуха 30 С, относительная влажность 50%, расстояние 5,3 м. Минимальная температура 24,4 С, максимальная температура 53,2 С.

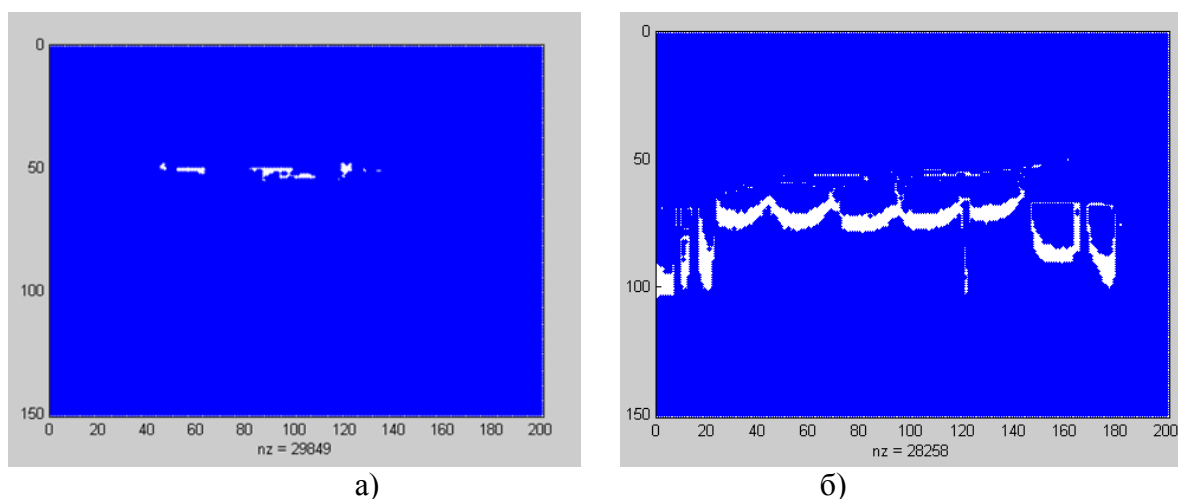
На рисунке 2 представлены данные снятые через две минуты. Время 12.43. Минимальная температура 32,6 С, максимальная температура 58,8 С.



а) б)
 Рисунок 1 – Данные тепловизионного контроля:
 а) от 02.08.2016 12:41,
 б) от 02.08.2016 12:43.

Данные с рисунков 1 и 2 были переведены в Excel файл, в котором были представлены температуры в каждой точке.

Для изображений, представленных на рисунках 1 и 2 были получены графики, на которых видны участки с диапазонами температур от 51 С до 53 С (рис. 2).



а) б)
 Рисунок 2 – Области с диапазоном температур от 51 С до 53 С:
 а) время 12:41,
 б) время 12:43.

Как видно из рисунка 2, через 2 минуты произошло существенное увеличение площадей, имеющих температуру, близкую к максимальной. Была написана программа, которая производила определение границ областей температур (рис. 2) и по формулам (2) – (4) рассчитывала энтропию Реньи 0-го, 1-го и 2-го порядка (рис. 3). Для определения границ температурных областей (рис. 2) была написана программа, алгоритм которой представлен на рисунке 4.

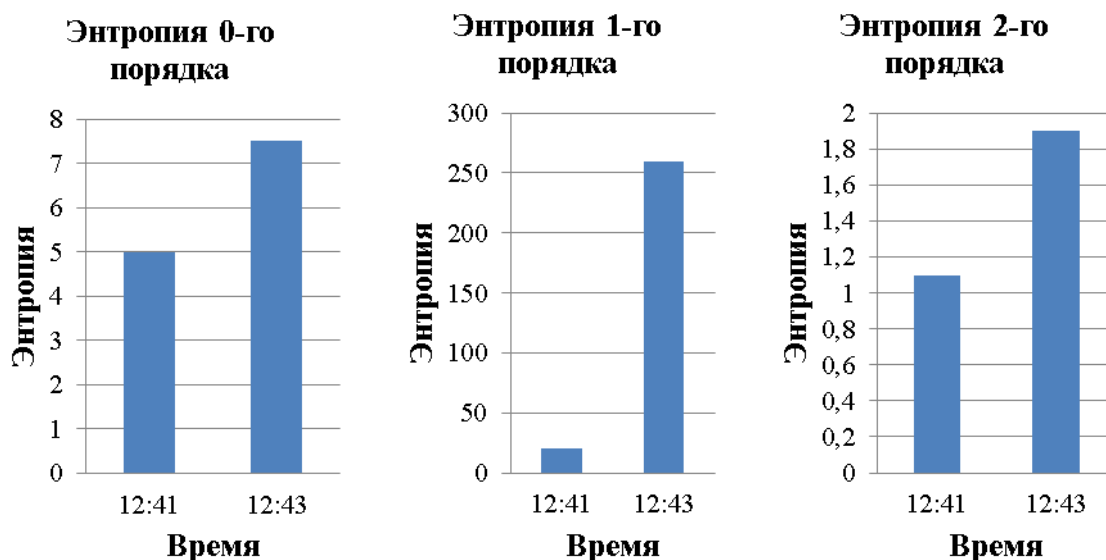


Рисунок 3 – Временные вариации энтропии Реньи порядка $q=0$, $q=1$ и $q=2$

В результате сравнительного анализа, мы можем подвести итог, что энтропия Реньи 0-го, 1-го и 2-го порядка возросла после промежутка времени равного 2 минутам (рис. 3).

Повышение энтропии 0-го порядка говорит о том, что возрастают площади с температурами, близкими к максимальной температуре исследуемого объекта (рис. 2). Определение энтропии Реньи 0-го порядка играет важную роль в решении задач технической диагностики, где необходима точность определения площадей отдельных областей, имеющих сложную форму.

Повышение энтропии 1-го порядка дает увеличение количественной меры степени хаотичности распределения «массы» рассматриваемого объекта (рис. 2, 3).

Увеличение энтропии 2-го порядка соответствует уменьшению коррелированности элементов и росту хаотичности в системе (рис. 2, 3).

Расчет энтропийных показателей позволяет получить важную качественную и количественную информацию о структуре сложных физических систем, особенностях их динамической эволюции и о физических процессах, происходящих в таких системах [2,3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чумак, О.В. Энтропия и фракталы в анализе данных [Текст] / О.В. Чумак. – Москва-Ижевск : НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Институт компьютерных исследований, 2011. – 164 с.
2. Абидова, Е.А. Диагностирование дизель-генераторного оборудования АЭС с использованием детерминированных и стохастических методов [Текст] / Е.А. Абидова [и др.] // Глобальная ядерная безопасность. – 2016. – № 3 (20). – С. 74-79.
3. Абидова, Е.А. Диагностирование электроприводной арматуры с использованием энтропийных показателей [Текст] / Е.А. Абидова, Л.С. Хегай, А.В. Чернов, О.Ю. Пугачева // Глобальная ядерная безопасность. – 2016. – № 4 (21). – С. 69-77.

Diagnosing the Status of NPP Equipment Using Entropy Video Processing Methods

O.E. Draka¹, A.V. Chernov, E.A. Abidova², V.T. Saunkin

Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University “MEPhI”,
Volgodonsk, Rostov region

¹oed17@mail.ru
²e-abidova@mail.ru

Abstract – The paper simulates the attenuation of gamma quanta by a protective reinforced concrete container, and the attenuation coefficients of the equivalent dose are calculated, which can be used to substantiate the protective properties of the container.

Keywords: reinforced concrete container, equivalent dose reduction factor, storage of radioactive waste.

УДК 51-7

Прогнозирование статистических характеристик контролируемого параметра на основе анализа временного ряда

Цуверкалова О.Ф., Шпицер В.Я., Сысоев Ю.С.

Волгодонский инженерно-технический институт – филиал научного исследовательского ядерного университета «МИФИ», Волгодонск, Ростовская обл.

В работе рассмотрен метод повышения надежности оценок статистических характеристик контролируемых параметров технологических процессов. Предложен метод построения векторов-соседей на основе анализа временного ряда, описывающего дрейф прогнозируемого параметра. Проведен сравнительный анализ статистического распределения изменений координат стартового вектора и векторов-соседей. Показано, что предлагаемый метод позволяет увеличивать объем выборки, используемой для прогнозирования.

Ключевые слова: временные ряды, методы прогнозирования, дрейф параметров, векторы-соседи.

При изучении объектов различной природы на практике зачастую невозможно построить аналитическую модель изучаемого объекта. В таких случаях широко используется подход, связанный с фиксацией значений параметров изучаемого объекта через определенные промежутки времени и дальнейшим анализом полученного временного ряда [1, 2]. При этом для анализа отбирается стартовый вектор, составленный из последних последовательных значений изучаемого параметра. Данный вектор характеризует состояние изучаемого объекта в определенный промежуток времени. Считая распределение значений параметра случайной величиной, можно построить ее ряд распределения и использовать полученные результаты для прогнозирования [3, 4].

Построение функции распределения требует большого объема статистических данных, при этом, чем больше объем выборки, тем точнее определяемые статистические характеристики случайной величины. Поэтому для увеличения объема данных используется не только стартовый вектор, но и другие вектора, близкие к нему [5]. Однако данный подход имеет ряд минусов. Во-первых, количество полученных векторов-соседей может оказаться недостаточным. Во-вторых, возможны ситуации, когда полученное семейство векторов-соседей состоит из векторов, расположенных в окрестности некоторого одного вектора x_0 . В этом случае влияние вектора x_0 на прогноз может доминировать над влиянием стартового вектора.

Для устранения этих недостатков было предложено модифицировать алгоритм поиска векторов-соседей следующим образом [6].

Поскольку при прогнозировании важны не столько значения временного ряда, сколько величины смещений состояния объекта при переходе во временном ряде от значения x_s значению x_{s+1} , предлагается выбор векторов-соседей производить не из векторов исходного временного ряда, а из векторов, сдвинутых таким образом, чтобы расстояние от них до стартового вектора было наименьшим.

Поиск векторов-соседей целесообразно проводить, определив коэффициент корреляции между каждым из векторов и стартовым вектором. При этом близкие вектора будут иметь коэффициент корреляции, близкий к единице. Поэтому вектора-соседи целесообразно искать среди тех векторов, для которых функция коэффициента корреляции со стартовым вектором будет иметь локальные максимумы.