

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
Обнинский институт атомной энергетики –
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего
образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)

Отделение Интеллектуальные кибернетические системы

**Выпускная квалификационная работа —
бакалаврская работа**

по направлению подготовки **09.03.02 Информационные системы и технологии**

Направленность (профиль) **Информационные технологии**

**«Разработка ИС автоматизированного
статистического анализа данных, полученных при
КГО стендовым методом на реакторах типа ВВЭР»**

Выполнил:

студент гр. ИС2-Б20

Костевич А.Е.

Руководитель ВКР,

старший преподаватель ОИКС

Радаев А.В.

Нормоконтроль

доцент отделения ИКС, к.ф.-м.н.

Качанов Б.В.

Выпускная квалификационная

работа допущена к защите

Руководитель

образовательной программы

09.03.02 Информационные системы

и технологии

канд. тех. наук

Мирзеабасов О.А.

Обнинск, 2024 г

РЕФЕРАТ

Работа 11 стр., 1 табл., 1 рис., 0 ист.

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ КГО СТЕНДОВЫМ МЕТОДОМ ДЛЯ РЕАКТОРОВ ТИПА ВВЭР.

Текст реферата должен отражать:

- объект исследования;
- предмет исследования;
- цель работы;
- метод или методологию проведения работы;
- научную новизну исследования (для магистерских диссертаций);
- практическую значимость результатов работы;
- степень внедрения (при наличии справки о внедрении);
- экономическую эффективность работы.

Текст реферата должен размещаться на одном листе (странице).

ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Реперный радионуклид — радионуклид, по выходу которого из твэла в теплоноситель первого контура судят о герметичности оболочки твэла, так как он обладает ядерно-физическими и химическими характеристиками, позволяющими надежно регистрировать его в условиях эксперимента.

Негерметичный твэл - твэл, в оболочке которого имеется повреждение, приводящее к выходу продуктов деления из него.

Негерметичная ТВС — ТВС, в составе которой имеются негерметичные твэлы.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

БВ — Бассейн выдержки.

ВВЭР — Водо-водяной энергетический реактор.

КГО — Контроль герметичности оболочек.

ПД — Продукты деления.

СОДС — Система обнаружения дефектных сборок.

ТВС — Тепловыделяющая сборка.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1 Глава 1 Обзор существующей методики проведения процедуры КГО стендовым методом	4
1.1 Основные положения	4
1.2 Процедура проведения КГО стендовым методом	4
1.3 Обработка результатов	5
1.4 Формулы	6
2 Примеры использования элементов текста	7
2.1 Рисунки	7
2.2 Таблицы	7
2.3 Исходный код	8
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	9
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	10
Приложение А	10

ВВЕДЕНИЕ

Атомные электростанции играют ключевую роль в современной энергетике. Однако сопутствующие ядерной энергетике риски требуют непрерывного совершенствования методов контроля и обслуживания ядерных установок.

В частности, одним из значимых аспектов эксплуатации ядерных реакторов является контроль герметичности оболочек тепловыделяющих элементов. В настоящее время анализ данных, полученных при проведении КГО, частично осуществляется в ручном режиме, что требует значительных ресурсов времени и труда. Более того, этот подход подвержен человеческим ошибкам и может ограничивать возможности в проведении анализа данных с высокой точностью и скоростью.

Как известно, одним из недостатков реактора типа ВВЭР является невозможность перегрузки топлива без остановки реактора и ошибка, допущенная при принятии решения относительно герметичности ТВС, может потребовать незапланированную остановку реактора, что влечёт за собой существенные экономические издержки.

Цель настоящей работы заключается в разработке программного обеспечения, работа которого направлена на повышение эффективности и достоверности результатов КГО, а также снижение трудовых затрат.

В данной работе будет проведен обзор существующего метода обработки результатов КГО, приведены предложения по его автоматизации, а также описан процесс создания прототипа программного обеспечения.

1. Глава 1 Обзор существующей методики проведения процедуры КГО стендовым методом

1.1. Основные положения

В данной работе рассматривается метод КГО в пеналах СОДС, который является одним из наиболее надёжных способов определения негерметичных ТВС. СОДС входит в состав обязательного оборудования всех действующих и проектируемых АЭС с реактором ВВЭР.

Метод основан на измерении утечки ПД из-под оболочек твэлов путем гамма-спектрометрического анализа изотопного состава проб воды, отбираемых из контура циркуляции СОДС, по активности реперных радионуклидов ^{131}I , ^{134}Cs , ^{136}Cs , ^{137}Cs и ^{133}Xe . Инициирование выхода радионуклидов в воду стенда КГО осуществляется посредством изменения давления циркулирующей по контуру стенда воды в процессе выдержки ТВС в этой воде – настаивании.

1.2. Процедура проведения КГО стендовым методом

1. Процедура проведения КГО начинается проведения испытаний для каждой ТВС в пеналах СОДС с последующим отбором проб воды.

Проверка ТВС проводится при циркуляции воды по контуру стенда КГО без ее замены и состоит из двух циклов:

- Настаивание ТВС при избыточном (верхнем) давлении в контуре от $4,5 \cdot 10^5$ Па до $6,0 \cdot 10^5$ Па продолжительностью 5 минут.

- Настаивание ТВС при избыточном (нижнем) давлении в контуре от $1,0 \cdot 10^5$ Па до $1,5 \cdot 10^5$ Па до полного перемешивания (не менее 15 минут).

С целью соблюдения одинаковых условий испытаний требуется, чтобы значения верхнего и нижнего избыточного давления были одинаковыми при проверке всех ТВС.

2. После завершения настаивания ТВС производится отбор пробы воды из контура стенда КГО.

3. В каждой j -ой пробе воды, взятой из стенда КГО при испытании j -ой ТВС, на спектрометрической установке измеряются значения удельной

активности и приводятся на момент останова реактора:

- $A_{j, \text{КГО}}^i$ — реперных i -х радионуклидов продуктов деления (^{131}I , ^{134}Cs , ^{136}Cs , ^{137}Cs и ^{133}Xe)

- $A_{j, \text{КГО}}^{i'}$ — радионуклида продукта коррозии (^{54}Mn или ^{58}Co , ^{60}Co , ^{51}Cr , ^{59}Fe).

4. Для учета фоновой активности радионуклидов йода, цезия и продуктов коррозии периодически производится измерение их активности в воде, подаваемой в стенд КГО (с каждой вновь приготовленной порцией раствора борной кислоты на СВО), и в бассейне выдержки (один раз в сутки).

5. Проверка фоновой составляющей за счет загрязнения стенда радиоактивными продуктами (холостая проба) производится перед началом работ по КГО, а также периодически (не реже одного раза в сутки). Для этого без загрузки ТВС в пенал проводятся все операции по промывке контура и настаиванию с отбором и анализом пробы.

6. Итогом проведения спектрометрического анализа проб воды является таблица значений, в которых для каждой j -ой ТВС приводятся в соответствие значения активности $A_{j, \text{КГО}}^i$ каждого из регистрируемых реперных радионуклидов и $A_{j, \text{КГО}}^{i'}$ продуктов коррозии. Статистический анализ результатов измерения проводится для ТВС, в пробах которых значимо регистрировались ПД. Результаты измерений ТВС, при проверке которых реперные ПД не регистрировались, из статистического расчета исключаются.

1.3. Обработка результатов

1. Анализ герметичности ТВС основан на выборочном поиске выбросов методом "3 сигм". Зачастую данный метод наиболее показателен в выборках, извлечённых из нормально распределённой генеральной совокупности. Однако этот метод (так же как и обратный ему "Z оценка") устойчив и для других видов распределения.

2. Процедура КГО, описанная в параграфе 1.2, с учётом времени и объёма испытаний может проходить до нескольких недель. Кроме того, с течением времени может изменяться концентрация борной кислоты в БВ и

в воде, подаваемой на стенд КГО. В связи с этим значения активностей ПД, полученные в разное время, могут принадлежать разным статистическим распределениям.

3. Исходя из изложенного в 1.3.1-1.3.2 требуется разделять исходные данные на выборки, принадлежащие одному статистическому распределению. Поиск негерметичных ТВС происходит в каждой выборке отдельно.

1.4. Формулы

Формулы в $\text{\LaTeX} 2_{\epsilon}$ выглядят достаточно красиво, как строчные — $E = mc^2$, так и выключные (см. 1):

$$\pi = \int\limits_0^1 \frac{4}{1+x^2} dx \tag{1}$$

2. Примеры использования элементов текста

В данном разделе приводятся примеры добавления в текст элементов, которые могут нумероваться автоматически — таблиц, рисунков, листингов программ. Важно запомнить, что для корректной работы с такими элементами следует задавать их названия командой `\caption{название}` и определять символическое имя (метку) командой `\label{ключ}`. По этому ключу можно ссылаться на соответствующий объект в тексте командой `\ref{ключ}`, см. примеры ниже.

2.1. Рисунки

Для добавления нумерованного рисунка следует использовать окружение `figure`. Пример приведен на рис. 1.

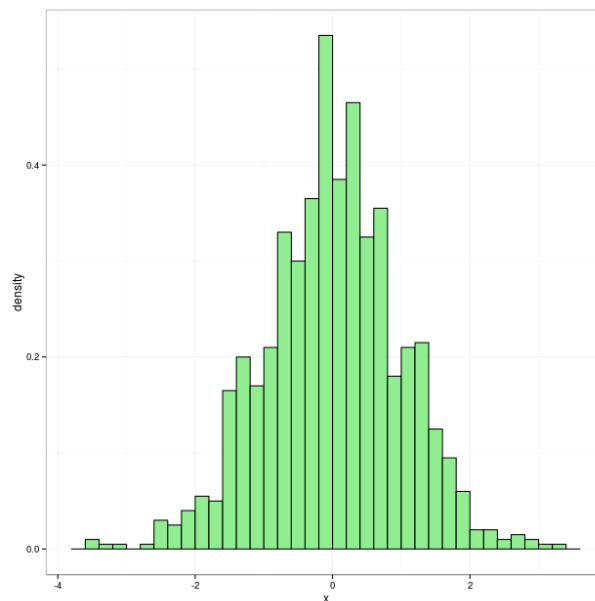


Рисунок 1 – Пример добавления графики как нумерованного рисунка

График построен с использованием языка программирования **R** [**RManual**].

2.2. Таблицы

Таблицы добавляются в текст аналогично графике, только используется окружение `table` (см. таблицу 1).

Таблица 1 – Заполнение ячеек

1	a	b	c
2	Строка 1	Пример 1	Дополнительно
3	Строка 2	Пример 2	

2.3. Исходный код

Исходный код программ можно добавить с помощью окружений, определенных сразу после преамбулы. Пример — на листинге 1.

Листинг 1 – Пример кода на языке R

```

1 # Проверка и тестирование пакета deSolve
2 require(deSolve)
3 require(rgl)

4 # система Хиндмарша - Розе с параметрами
5 # используются параметры в виде списка (parms$a etc)
6 hindrose <- function(t,y,parms)
7 {
8   ydot <- vector(len=3)
9   ydot[1] <- y[2] - parms$a * y[1]^3 + parms$b*y[1]^2 + parms$Iext - y[3]
10  ydot[2] <- parms$c - parms$d*y[1]^2 - y[2]
11  ydot[3] <- parms$r * (parms$s*(y[1]-parms$xs)-y[3])
12  return(list(ydot))
13 }
```

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проделанной работы была проведена — описать результаты бурной деятельности по выполнению ВКР, разумно в виде списка выполненных задач.

Разработанная программа позволяет — перечислить основные функциональные характеристики и особенности, можно в виде списка:

- выполнено такое-то задание;
- разработана некоторая система;
- у работы есть перспективы развития.

Приложение А

Листинг А.1 – Часть кода реализации класса HashMapValue

```
1 public class HashMapValue {
2
3     protected String filename;
4     protected HashMap<String, String> hashValue =
5     new HashMap<>();
6     protected HashMap<String, Boolean> hashKeysFlag =
7     new HashMap<>();
8
9     public void setData(String key, String value) {
10         hashValue.put(key, value);
11     }
12
13     public String getData(String key) {
14         return hashValue.get(key);
15     }
16     /* ... */
17 }
```

Листинг А.2 – Пример кода

1 код второго приложения
