

## АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ АТОМНОЙ СТАНЦИИ

**Аннотация:** В работе описывается метод оценивания показателей надежности оборудования АЭС, позволяющий учитывать возможную неоднородность потока отказов. Изучены основные факторы, обеспечивающие высокую степень безопасности российских атомных электростанций

**Ключевые слова:** атомная электростанция, самозащитенность, надежность, факторный анализ.

**Annotation:** The paper describes a method for assessing the reliability indicators of NPP equipment, which allows taking into account possible heterogeneity of the flow of failures. The specificity of incoming statistics on failures is noted.

**Keywords:** nuclear power plant, self-protection, reliability, factor analysis.

На сегодняшний день в России реализуется масштабный проект развития атомной энергетики, предполагающий увеличение доли атомной энергетики в Единой энергосистеме страны с 16% до 25-30% к 2030 году. В 2018 году выработка на АЭС России составила 196,4 млрд. кВт\*ч, что составило 18,7% от общей выработки в общем энергобалансе России.

К основным достоинства атомных электростанций можно отнести: отсутствие выбросов в атмосферу «парниковых газов», высокая мощность, возможность повторного использования топлива после его переработки, низкая себестоимость энергии, в частности тепловой. Наряду с ними также имеются и недостатки: опасность радиоактивных отходов, проблема их утилизации, риск экологической катастрофы в случае аварии.

Нормативный срок эксплуатации атомных энергоблоков составляет 35 лет, в случае если оборудование исправно, соответствует нормативным характеристикам или приняты меры по его восстановлению, то данный срок продлевается. Такой процесс позволяет увеличить надёжность атомных электростанций, поскольку развитие атомной энергетики требует постоянного усовершенствования и модернизации атомных станций.

Для оценки показателей надёжности элементов энергоблока в случае отсутствия статистической информации применяются расчетно-экспериментальные методы или проводятся специальные испытания на надёжность моделей, макетов или опытных образцов оборудования. При наличии статистических данных оценка показателей надёжности производится в результате обработки этих данных методами математической статистики с учетом необходимых поправок на отличие проектируемого оборудования от прототипа или аналога.

Большинство типов оборудования реакторных установок АЭС, а также их отдельные составные части, при оценке надёжности расчетно-экспериментальным методом могут рассматриваться как сложные системы, состоящие из элементов, характеризующихся своими выходными параметрами и показателями надёжности. Составляющий элемент может быть сам достаточно сложным и содержать составные части, но при анализе сложных систем элемент рассматривается как целое, неделимое на составные части изделие [1].

На основании инженерного анализа конструкции рассматриваемого оборудования, условий его функционирования и условий работоспособности (или отказа), определяемых значениями входных параметров, строится модель структурной надёжности оборудования. При этом процесс функционирования оборудования представляется в виде случайного процесса, описывающего изменения с позиции надёжности состояния оборудования (как сложной системы) во времени [1].

При оценке надёжности нового изделия, для которого невозможно применить статистические оценки, используют факторный анализ, который

применяется на различных стадиях проектирования. Этот метод даёт возможность количественного определения степени влияния различных факторов на надёжность оборудования, а также позволяет оценить надёжность проектируемого изделия.

Все стадии функционирования ядерного топливно-энергетического комплекса, такие, как производство топлива для ядерных реакторов, подготовка его к использованию, сжигание в реакторе, утилизация отработанного топлива, промежуточное хранение составляют ядерный топливный цикл. В атомной энергетике существует два типа ядерного топливного цикла — открытый (разомкнутый) и закрытый (замкнутый).

На российских атомных электростанциях в основном применяются двухконтурные схемы, в которых тепло может отводиться прямо в воздух без участия каких-либо внешних источников водоснабжения. Двухконтурная схема принципиально более безопасна, поскольку все радиоактивные среды находятся внутри защитной оболочки.

Кроме этого, на атомных электростанциях с водо-водяными реакторами с учетом принципа единичного отказа и возможного не обнаруживаемого отказа предусмотрены три независимых канала систем безопасности, каждый из которых может выполнить функции всей системы.

Одним из путей повышения безопасности и надёжности эксплуатации энергоблоков с водо-водяным энергетическим реактором является переход с двенадцати месячного топливного цикла на восемнадцатимесячный. Внедрение 18-месячного топливного цикла позволяет предприятиям повысить свои технико-экономические показатели, а именно обеспечить устойчивую и надежную работу персонала и оборудования энергоблоков атомной станции. В результате расширяются возможности адаптации производства электроэнергии на атомных электростанциях с водо-водяным типом энергетического реактора к нуждам конкретной энергосистемы и возможным изменениям соотношений между составляющими себестоимости электроэнергии. Кроме того, разработка и реализация эффективных способов использования в водо-водяных

энергетических реакторах регенерированного топлива обеспечит в будущем снижение потребления природного урана, сокращение объема накопленного отработавшего ядерного топлива и повысит конкурентоспособность водородного энергетического реактора в структуре атомной энергетики будущего в условиях исчерпания запасов дешевого природного урана [2].

Таким образом, для безопасности работы АЭС решающее значение имеет безопасность работы реакторной установки, которая требует тщательного контроля оборудования, как при его изготовлении, так и во время эксплуатации. Помимо этого, совершенствование ядерного топлива позволяет перейти к работе в увеличенных межремонтных циклах, при этом обеспечивает безопасную и надёжную эксплуатацию энергоблоков [3].

К основным факторам, обеспечивающим высокую степень безопасности российских атомных электростанций, относятся принцип самозащитенности реакторной установки, наличие нескольких барьеров безопасности и многократное дублирование каналов безопасности.

### **ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ**

1. Надёжность оборудования реакторных установок АЭС. Методика расчёта / Руководящий технический материал 95 823-81
2. Семченков Ю. Использование топлива в реакторах топлива в реакторах ВВЭР: состояние и перспективы // РЭА. – 2014. – № 11. - С. 8-13.
3. Ю.Ж. Амантурлиева, Н.О. Белякова, М.А. Фролова. Расчет показателей надежности топливной матрицы. // Будущее атомной энергетики: тезисы докладов XIII Международной научно-технической конференции. - Обнинск: ИАТЭ НИЯУ МИФИ, 2017. С.36-37.