

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра физики твёрдого тела и нанотехнологий

ПАРФЁНОВ

Тимофей Александрович

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНЫХ АЛГОРИТМОВ СНИЖЕНИЯ
МОЩНОСТИ РУ ВВЭР-1200 ПРИ РАБОТЕ НА МОЩНОСТНОМ
ЭФФЕКТЕ РЕАКТИВНОСТИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ
МАКСИМАЛЬНОЕ ПРОДЛЕНИЕ КАЛЕНДАРНОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ
ТОПЛИВНОЙ ЗАГРУЗКИ**

Дипломная работа

Научный руководитель

Инженер-физик РУ 2-ой категории

ГФР ЯФЛ ОЯБ

Пасечник Илья Дмитриевич

Допущен к защите

«___» _____ 20___ г.

Зав. кафедрой физики твёрдого тела и нанотехнологий

профессор В.В. Углов

Минск, 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ	5
ВВЕДЕНИЕ.....	9
ГЛАВА 1 ЗАПАС РЕАКТИВНОСТИ РЕАКТОРА ЭФФЕКТЫ РЕАКТИВНОСТИ.....	10
1.1 Общий и оперативный запас реактивности	11
1.2 Общие понятия эффектов реактивности	12
1.2.1 Температурный эффект реактивности	13
1.2.2 Мощностной эффект реактивности	16
ГЛАВА 2 ОБЩИЙ ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ОПЕРАЦИЙ ПРИ РАБОТЕ НА МОЩНОСТНОМ ЭФФЕКТЕ РЕАКТИВНОСТИ	20
1.1 Основные требования безопасной эксплуатации при продлении топливной загрузки за счёт мощностного эффекта реактивности	20
1.2 Подавление аксиальных ксеноновых колебаний. Влияние аксиальных ксеноновых колебаний на реактивность.....	22
ГЛАВА 3 МЕТОДЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА РЕАКТИВНОСТЬ	27
3.1 Регулирование реактивности с помощью поглощающих стержней СУЗ..	28
3.2 Жидкостное регулирование реактивности.	31
3.3 Выгорающие поглотители.....	33
ГЛАВА 4 ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАСЧЁТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОТЫ РЕАКТОРОВ ВВЭР – «ИМИТАТОР РЕАКТОРА»	35
4.1 Общее описание «ИМИТАТОР РЕАКТОРА», его назначение и состав ...	35
4.2.1 Работа программы «Имитатор реактора» в режиме «Диалог»	37
4.2.2 Управление счетом	37
4.2.3 Режим борного регулирования.....	39
4.2.4 Управление движением ОР СУЗ	39
ГЛАВА 5 ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНЫХ АЛГОРИТМОВ СНИЖЕНИЯ МОЩНОСТИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ МАКСИМАЛЬНОЕ ПРОДЛЕНИЕ КАЛЕНДАРНОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ТОПЛИВНОЙ ЗАГРУЗКИ	41

5.1 Расчёт максимального увеличения календарной длительности топливной загрузки	41
5.2 Особенности начальных условий эксперимента	42
5.2.1 Определение ксеноновой устойчивости.....	43
5.3 Возможные алгоритмы снижения мощности.....	45
5.3.1 Алгоритм 1. Снижение мощности с помощью борной кислоты	46
5.3.2 Алгоритм 2. Снижение мощности с помощью ОР СУЗ	47
5.3.3 Алгоритм 3. Снижение мощности с помощью совместного использования борной кислоты и органов регулирования	49
5.3.4 Алгоритм 4. Снижение мощности с помощью совместного использования борной кислоты, органов регулирования, эффекта «йодной ямы».....	50
5.4 Выбор оптимального алгоритма снижения мощности	52
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	53
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	56

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

АЗ	Аварийная защита
АО	Аксиальный офсет
АРМ	Автоматический регулятор мощности
АЭС	Атомная электрическая станция
БПУ	Блочный пульт управления
ВВЭР	Водо-водяной энергетический реактор
ВКВ	Верхний концевой выключатель
ВП	Выгорающий поглотитель
ГАН	Госатомнадзор
ДКР	Допплеровский коэффициент реактивности
ДЭР	Допплеровский эффект реактивности
ИР	Имитатор реактора
КПД	Коэффициент полезного действия
КР	Коэффициент реактивности
МКР	Мощностной коэффициент реактивности
МЭР	Мощностной эффект реактивности
ОР	Органы регулирования
ПС	Поглощающие стержни
РБК	Раствор борной кислоты
РУ	Реакторная установка
СВРК	Система внутриреакторного контроля
ТВС	Тепловыделяющая сборка
ТВЭГ	Тепловыделяющий элемент с гадолинием
ТВЭЛ	Тепловыделяющий элемент
ТКР	Температурный коэффициент реактивности
ТРБЭ	Технологический регламент безопасной эксплуатации энергоблока АЭС
ТЭР	Температурный эффект реактивности
ЧК	«Чистый» конденсат
СУЗ	Система управления и защиты

РЕФЕРАТ

Парфёнов Тимофей Александрович, Исследование возможных алгоритмов снижения мощности РУ ВВЭР-1200 при работе на мощностном эффекте реактивности, обеспечивающих максимальное продление календарной длительности топливной загрузки.

Дипломная работа: 56 страниц, 14 рисунков, 2 таблицы, 10 источников.

МОЩНОСТНОЙ ЭФФЕКТ РЕАКТИВНОСТИ, ВВЭР-1200, АЛГОРИТМ СНИЖЕНИЯ МОЩНОСТИ, ИМИТАТОР РЕАКТОРА, УВЕЛИЧЕНИЕ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ТОПЛИВНОЙ ЗАГРУЗКИ

Объектом исследования дипломной работы являются возможные алгоритмы снижения мощности реакторной установки при работе на мощностном эффекте реактивности, обеспечивающих максимальное продление календарной длительности топливной загрузки.

Цель работы – исследовать возможные алгоритмы снижения мощности РУ ВВЭР-1200 при работе на мощностном эффекте реактивности, обеспечивающие максимальное продление календарной длительности топливной загрузки.

Метод исследования – компьютерное моделирование работы реакторной установки ВВЭР-1200.

В ходе проведённого исследования, с помощью программного обеспечения «Имитатор реактора» были смоделированы и рассмотрены различные алгоритмы снижения мощности реакторной установки ВВЭР-1200, для увеличения календарной длительности топливной загрузки с использованием мощностного эффекта реактивности. Дана оценка каждому из алгоритмов по критериям безопасной эксплуатации, а также по удовлетворению задаче исследования. Выявлены перспективные варианты, проведено их сравнение.

Практическая значимость работы заключается в возможности применения полученного алгоритма непосредственно при эксплуатации АЭС, в случае возникновения ситуаций, требующих увеличения календарной длительности топливной загрузки. Примерами таких ситуаций могут быть: требования энергосистемы, избежание одновременного останова реакторов на перегрузку и др.

РЭФЕРАТ

Парфёнаў Цімафей Аляксандравіч, Даследаванне магчымых алгарытмаў зніжэння магутнасці РУ ВВЭР-1200 пры працы на магутнасным эфекце рэактыўнасці, якія забяспечваюць максімальнае падаўжэнне каляндарнай працягласці паліўнай загрузкі.

Дыпломная праца: 56 старонак, 14 малюнкаў, 2 табліцы, 10 крыніц.

МАГУТНАСНЫ ЭФЕКТ РЭАКТЫЎНАСЦІ, ВВЭР-1200, АЛГАРЫТМ ЗНІЖЭННЯ МАГУТНАСЦІ, ІМІТАТАР РЭАКТАРА, ПАВЕЛІЧЭННЕ ПРАЦЯГЛАСЦІ ПАЛІЎНАЙ ЗАГРУЗКІ

Аб'ектам даследавання дыпломнай працы з'яўляюцца магчымыя алгарытмы зніжэння магутнасці рэактарнай устаноўкі пры працы на магутнасным эфекце рэактыўнасці, якія забяспечваюць максімальнае падаўжэнне каляндарнай працягласці паліўнай загрузкі.

Мэта працы – даследаваць магчымыя алгарытмы зніжэння магутнасці РУ ВВЭР-1200 пры працы на магутнасным эфекце рэактыўнасці, якія забяспечваюць максімальнае падаўжэнне каляндарнай працягласці паліўнай загрузкі.

Метад даследавання – камп'ютэрнае мадэляванне работы рэактарнай устаноўкі ВВЭР-1200.

У ходзе праведзенага даследавання, з дапамогай праграмнага забеспячэння «Імітатар Рэактара» былі змадэляваны і разгледжаны розныя алгарытмы зніжэння магутнасці рэактарнай устаноўкі ВВЭР-1200, для павелічэння каляндарнай працягласці паліўнай загрузкі з выкарыстаннем магутнаснага эфекту рэактыўнасці. Дадзена ацэнка кожнаму з алгарытмаў па крытэрах бяспечнай эксплуатацыі, а таксама па задавальненні задачы даследавання. Выяўлены перспектывыныя варыянты, праведзена іх параўнанне.

Практычная значнасць работы заключаецца ў магчымасці прымянення атрыманага алгарытму непасрэдна пры эксплуатацыі АЭС, у выпадку ўзнікнення сітуацый, якія патрабуюць павелічэнне каляндарнай працягласці паліўнай загрузкі. Прыкладамі такіх сітуацый могуць быць: Патрабаванні энергасістэмы, пазбяганне адначасовага супыну рэактараў на перагрузку і інш.