



Акционерное общество
**«ОПЫТНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО МАШИНОСТРОЕНИЯ
ИМЕНИ И.И. АФРИКАНТОВА»
(АО «ОКБМ АФРИКАНТОВ»)**

Почтовый адрес: Бокс № 772,
г. Нижний Новгород, 603950

Тел.: (831) 275-26-40
Факс: (831) 241-87-72

E-mail: okbm@okbm.nnov.ru
www.okbm.nnov.ru

Бурнаковский проезд, 15,
г. Нижний Новгород, 603074

Отзыв

на автореферат диссертации Алексева Андрея Тарасовича «Моделирование термомеханического поведения графитового блока ректора РБМК-1000 с применением усовершенствованных алгоритмов расчетов», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.03. – «Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации»

В данной диссертационной работе исследовано влияние выбора разнообразных физических моделей графита на результаты математического моделирования термомеханического поведения графитового блока с помощью метода конечных элементов.

Графит в качестве конструкционного материала для элементов реактора используется уже более 50 лет. Первый реактор, созданный Энрико Ферми был уран-графитовым. На первой АЭС в Обнинске был установлен реактор АМ-1, который также был уран-графитовым.

В Советском Союзе уран-графитовые реакторы использовались в качестве установок для наработки оружейных изотопов. Эти одноцелевые и двухцелевые реакторы эксплуатировались с конца 50-ых годов, причём многие из них намного дольше первоначального проектного срока службы. После 20 лет их эксплуатации, инженеры и конструкторы столкнулись с эффектами, которые до этого невозможно было предсказать. В следствие постоянного воздействия температурных и нейтронных полей, графит претерпевал существенное формоизменение, а именно: вначале происходила усадка графита, причём с разной скоростью в продольном и поперечном направлениях. На поздних же этапах эксплуатации графит входил в стадию вторичного распухания, блоки искривлялись и увеличивались в размерах, в следствие этого искривлялась вся графитовая кладка. Тем не менее, срок эксплуатации некоторых промышленных реакторов достиг 47 лет.

Все эти же проблемы проявились и на реакторах РБМК-1000 после накопления приблизительной эквивалентной дозы в $1 \cdot 10^{22}$ н/см². На промышленных реакторах эти проблемы решались в рабочем порядке – кладку разбуривали, заменяли в отдельных случаях блоки, изменяли конструкцию стержней управления и защиты. В реакторах РБМК-1000 многие из этих мер оказались неприменимы из-за других требований по безопасности (например, максимальное отклонение графитовой колонны от оси технологического калана, так называемая стрела прогиба, согласно нормативным документам не может превышать 100 мм., т.к. считается, что при достижении этого значения, СУЗ может не пройти в канал). Именно поэтому все большую значимость в прогнозировании состояния графитовых блоков приобретает математическое моделирование термомеханических процессов, происходящих в активной зоне. Всё это обуславливает актуальность этой работы, поскольку только с помощью адекватных методов математического моделирования можно получить данные о состоянии недоступных для обследования частей графитовых блоков и графитовой кладки в целом.

Большой интерес представляют приведенные в работе данные о разнообразных свойствах графита как материала. В главе «Литературный обзор» и последующих главах диссертации исчерпывающе описаны особенности, присущие графиту ГР-280, а именно: его микроструктура, анизотропия свойств, физические характеристики, физико-механические свойства, данные о ползучести. В будущем графит наверняка будет использоваться как конструкционный материал для ядерных энергетических установок на тепловых нейтронах в силу того, что он слабо поглощает и хорошо замедляет нейтроны. Поэтому подобная информационная база может быть очень полезной.

Научная новизна данной работы заключается в:

1) Комплексном подходе к моделированию термомеханического поведения графитовых блоков, то есть в проведении расчетов с учётом влияния большого числа эксплуатационных факторов и особенностей деформационных характеристик графита.

2) Разработка методики учёта анизотропной ползучести, причём в работе доказано, что с её помощью могут быть достигнуты расчетные деформации ползучести, очень близкие к реально наблюдаемым.

3) Исследование критериев разрушения, применяемых при сложном напряженно-деформированном состоянии. Это обусловлено тем, что классические теории механики твердого деформируемого тела и механики разрушения плохо подходят для описания термомеханического поведения графита.

4) Применение модели, позволяющей учитывать некоторые особенности микроструктуры графита при расчетах напряженно-деформированного состояния блоков,

что позволило еще больше приблизить результаты моделирования к данным измерений в процессе эксплуатации.

Работа обладает бесспорной практической значимостью. Прежде всего, это самостоятельная расчетная модель, позволяющая исследовать характеристики отдельного графитового блока. Помимо этого, результаты этой работы в будущем будут применены для расчетов графитовой кладки в целом, что позволит более адекватно оценивать предельные сроки эксплуатации графитовой кладки, которые в данный момент ещё не окончательно определены для РБМК-1000.

Достоверность результатов работы не вызывает сомнения, поскольку автор верифицировал результаты своей работы с более ранними исследованиями, опытом эксплуатации и сделал соответствующие выводы о применимости использованных расчетных методик.

Все основные результаты опубликованы в 8 статьях и докладах, в том числе, в 4 журналах из Перечня ВАК.

По тексту автореферата диссертации имеются следующие замечания:

1) Из текста автореферата не ясна обоснованность применения новой модели микроструктуры графита и в чем различия между свойствами образцов и свойствами графита входящего в состав реального графитового блока.

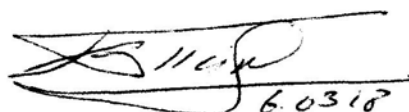
2) В тексте автореферата не просматривается констатация о хорошем совпадении результатов проведенных расчетов с экспериментальными данными, полученными на ЛАЭС-1 в 2017 году.

3) В тексте автореферата имеются пунктуационные ошибки и опечатки.

Сделанные замечания не снижают ценности и значимости данной диссертационной работы.

Работа отвечает требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а ее автор Алексеев Андрей Тарасович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.03 «Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации».

Начальник отдела обоснования прочности
и ресурса РУ транспортного назначения
АО «ОКБМ Африкантов», д.т.н



Панов В.А.

Подпись Панова Владимира Александровича заверяю:
Начальник управления социально-трудовых
отношений и кадровой работы
АО «ОКБМ Африкантов»

М.П.



Зеленов В.В.