



РОСЭНЕРГОАТОМ
ВНИИАЭС

Акционерное общество «Всероссийский научно-исследовательский институт по эксплуатации атомных электростанций» (АО «ВНИИАЭС»)

ул. Ферганская, д. 25, г. Москва, 109507,
тел.: (499)796-91-33, факс: (495)376-83-33
www.vniiaes.ru, e-mail: vniiaes@vniiaes.ru

№ _____
На № _____ от _____

**Отзыв официального оппонента
на диссертационную работу АЛЕКСЕЕВА Андрея Тарасовича
«Моделирование термомеханического поведения графитового блока
реактора РБМК-1000 с применением усовершенствованных алгоритмов
расчетов»,**

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.03 «Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации»

Диссертационная работа А.Т. Алексеева посвящена актуальной теме: разработке и внедрению новых физических моделей термомеханического поведения графитовых блоков реактора РБМК-1000. Актуальность работы связана с тем, что графитовые блоки являются одним из главных элементов реакторной установки типа РБМК, состояние которого определяет возможность его безопасной эксплуатации, а также её ресурс. Моделирование процессов, происходящих в графитовой кладке, необходимо для прогнозирования ресурса, формоизменения графитовых блоков, оценки их прочности и планирования регламента ремонтно-восстановительных работ.

Диссертация состоит из 7 глав

В первой главе дан обзор современной научно-технической литературы, включающий описание графита как конструкционного материала, его физико-механических особенностей, конструкции графитового блока. Приведено большое количество работ, посвященных моделированию изделий из графита, поскольку эта проблема стояла перед исследователями с середины 80-ых годов прошлого века. В конце главы делается вывод о необходимости совершенствования методов

моделирования термомеханического поведения графитовых блоков с учётом накопленных знаний и, таким образом, обеспечить более адекватное прогнозирование сроков эксплуатации и состояния графитовых блоков и кладки в целом в межремонтный период.

Вторая глава посвящена описанию метода конечных элементов, его особенностям в решении конкретной задачи, а также исходным данным, которые были использованы при расчетах.

В третьей главе произведен вывод уравнений напряженно-деформированного состояния с учетом анизотропии графита, а также дается описание модели трещин, использованной в работе.

В четвертой главе обоснован выбор модели радиационной ползучести графита и произведен сравнительный анализ между моделями с радиационной ползучестью и без неё. После этого делается вывод о важности учёта радиационной ползучести графита, поскольку это оказывает сильное влияние на результаты моделирования растрескивания графитовых блоков и, следовательно, на их геометрию.

Пятая глава представляет собой описание, выбор и внедрение критериев разрушения, используемых при сложном напряженно-деформированном состоянии. Поскольку графит реакторов РБМК-1000 находится в неоднородных температурных и нейтронных полях, необходимо найти критерий, наиболее адекватно отражающий свойства материала и условия нагружения. В главе приведены пять различных критериев и произведен сравнительный анализ. Подобных работ по графиту в русскоязычном сегменте литературы не прослеживается, что можно однозначно отнести к достоинству работы.

В шестой главе приводится описание модели, позволяющей учесть некоторые особенности микроструктуры графита. Это очень важно, поскольку графит является сложным материалом, а, следовательно, его свойства напрямую зависят от микроструктуры. В конце главы приводится подробный сравнительный анализ и объясняется, к каким изменениям приводит учёт особенностей микроструктуры графита.

В седьмой главе произведена подробная верификация полученных результатов. При этом сравнение производится не только с экспериментальными данными, но и с другими аналогичными расчетами, производимыми с помощью других программных комплексов. После этого сделаны выводы о необходимости

использовать адекватные физические модели при моделировании для максимального приближения к экспериментальным результатам.

Одним из важных результатов Алексева А.Т. можно считать программный комплекс GRA3D, модифицированный в результате работы над диссертацией. Данный программный комплекс является гибким для входных данных, поскольку его пользователь сам является и разработчиком, следовательно, может быстро по необходимости добавлять модели, изменять входные данные, методики расчетов и т.п. Кроме того, как отмечено в работе, данная программа сможет стать отправной точкой для расчетов по другим проектам, где графит будет использоваться в качестве замедлителя, например, проект Высокотемпературного Газоохлаждаемого Реактора (ВТГР).

Таким образом, в работе полностью решены поставленные задачи на высоком научном уровне, с привлечением большого объема физических моделей поведения графита, которые до этого не использовались для соответствующих расчетов.

По работе можно сделать некоторые замечания и рекомендации:

1. Так как возникновение макротрещин в графитовой кладке происходит после значительных сроков эксплуатации, при разработке критериев, определяющих момент возникновения макротрещины, желательно было бы рассмотреть также в качестве критериальных величин количество циклов пуска – останова реактора, а также величину ползучести
2. При описании закономерностей роста трещины в графитовом блоке желательно было бы рассмотреть возможность применения коэффициентов интенсивности напряжений, что широко используется в механике разрушения как для описания кинетики роста трещин при циклическом нагружении, так и под действием статической нагрузки.
3. Следовало бы более подробно остановиться на описании физической природы ускоренного формоизменения графита в составе графитового блока по сравнению с изменениями линейных размеров образца графита в процессе их облучения в реакторе.
4. В работе имеются опечатки. Графики на рисунках 3.3.1 и 4.3.1 одинаковы. Встречаются случаи вольной терминологической стилистики. Несколько раз автор использует термин «момент потери прочностных свойств» (например, стр 63 абзац 2), по-видимому, имея ввиду момент разрушения графита.

Однако сделанные замечания не снижают ценности работы.

Диссертационная работа Алексева А.Т. имеет большое научное и прикладное значение, поскольку результаты расчетов формоизменения отдельных графитовых блоков необходимы для моделирования термомеханики всей графитовой кладки в целом, и в частности, расчетов так называемой «стрелы прогиба» графитовых колонн за счёт использования усовершенствованных физических моделей, можно ожидать уточнения допустимой продолжительности межремонтных периодов и число графитовых колонн, подлежащих ремонту в ходе соответствующих мероприятий. Стоит также отметить научную новизну работы, заключающуюся в том, что моделирование графитового блока производится комплексно, учтено большое количество физических моделей, что позволило существенно приблизить результаты моделирования к результатам экспериментальных измерений различных параметров непосредственно на АЭС.

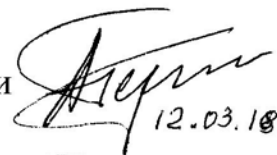
Работа логична, в целом хорошо оформлена, содержит большое число иллюстраций, написана хорошим научным языком.

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

Автореферат и публикации отражают содержание диссертации.

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».

Доктор технических наук, профессор,
лауреат премии СМ СССР в области науки и техники



12.03.18.

А.Ф. Гетман

Подпись Гетмана А.Ф.

Удостоверяю:

Начальник отдела кадров АО «ВНИИАЭС»



О.И.Попова