ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

Мантурова Геннадия Николаевича

«МЕТОДИЧЕСКОЕ – КОНСТАНТНОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ БЫСТРЫХ РЕАКТОРОВ И ОЦЕНКИ ПОГРЕШНОСТЕЙ РАСЧЕТНЫХ ПРЕДСКАЗАНИЙ»,

представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.14.03

«Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации»

Актуальность. Константное обеспечение всегда было и остаётся одним из самых важных разделов расчётного сопровождения действующих и проектируемых реакторов. Важны сами ядерно-физические константы, программы их подготовки для расчёта и оценка константной составляющей погрешностей нейтронно-физических характеристик (НФХ). Требования безопасности ядерных установок обязывает сертифицировать наборы ядерных констант и программные средства их обработки. Поэтому рассматриваемая работа, призванная закрепить и представить дальнейшее развитие константного обеспечения быстрых реакторов, безусловно **актуальна**.

Поскольку автор работал по теме диссертации 33 года (диссертант не лежал на печи после защиты кандидатской), то было достаточно времени для правильной формулировки **цели.** Она заключалась в разработке методик и программ работы с константами для инженерных и прецизионных кодов. **Целью** было и снижение погрешности за счет использования интегральных экспериментов для корректировки ядерно-физических констант.

Научная значимость и новизна очень существенны. Отметим основные достижения.

1. Создано единое целое из методик, алгоритмов, программ и банков ядерных данных для обеспечения верифицированными константами нейтронно-физических расчетов быстрых реакторов, включая радиационную защиту и расчеты ядерной безопасности.
2. На основе созданной диссертантом системы ИНДЭКС (программы и банки данных) обеспечивается численная оценка погрешности рассчитываемых реакторно-физических характеристик.

3. Разработанные программные средства позволяют оценить погрешности характеристик быстрых реакторов на основе файлов оцененных нейтронных данных РОСФОНД и многогрупповых библиотек БНАБ-РФ.
4. Разработанные алгоритмы приспособлены к формам представления данных в отечественных программах.

Практическая ценность. По этой части диссертация является выдающейся.

1. Разработана верифицированная научно-методическая константная база для инженерных и прецизионных расчетов.
2. Комплекс CONSYST и библиотеки многогрупповых констант БНАБ внедрены во все российские коды расчетов НФХ быстрых реакторов и сборок БФС. Они могут использоваться и при расчётах электроядерных реакторных установок.
3. Система программ и архивов данных ИНДЭКС позволила повысить точности расчетных предсказаний НФХ реакторных установок по результатам интегральных экспериментов. С ее помощью оценены константные погрешности расчетов. Определение наиболее значимых вкладов дает возможность планировать дополнительные эксперименты для уточнение ядерно-физических данных.

Положения, выносимые на защиту, хорошо сформулированы.

Достоверность и обоснованность полученных результатов**, выводов, апробация работы** и **многочисленные публикации** диссертанта в российской и англоязычной прессе (только в научных рецензируемых журналах больше двух десятков) не вызывают никаких сомнений. Отдельно следует упомянуть важность сопоставления расчётных и экспериментальных данных**.**

Все представленные к защите положения, данные и результаты получены диссертантом **лично** или с основным вкладом в совместные работы.

Наиболее интересными для меня были первая и четвёртая главы диссертации.

После того, как выполнены все формальные требования к отзывам, перейдём к более свободному изложению.

Несколько ***технических замечаний***, призванных продемонстрировать что оппонент внимательно читал диссертацию. Это брюзжание будет полезно при издании книги по материалам диссертации, которую с нетерпением будут ждать все, кто рассчитывает быстрые реакторы.

1. Меня смущает тире в заглавии диссертации.
2. Недостаёт ссылок при упоминании программ, форматов, библиотек данных, особенно во введении. Перекрёстные ссылки практически отсутствуют. Неправильная ссылка на MMKKENO (стр. 34)
3. Многовато лишних запятых, которые иногда меняют смысл написанного. Например, надёжное и сертифицированное (стр. 4) я бы не рекомендовал разделять запятыми. С написанием числительных тоже не всё в порядке (26-ти групповые вместо 26-групповые и др.).
4. Большие списки и таблицы (стр. 70, табл. 2.2-2.7) можно было переместить в приложение.
5. Нет расшифровки библиотек ядерных данных на рис. 3.3-3.9.
6. В табл. 3.4 (стр. 124) непонятно, за счёт чего такая разница в эффективности КС+РС между ГЕФЕСТОМом и TRIGEX (15 и 7 %).
7. В таблице сокращений недостаёт расшифровки имён программ и библиотек ядерных данных. Нужны собранные в одном месте определения используемых терминов (базовая библиотека, много- и мультигрупповые сечения, оцененные данные и др.) – как для избежания разночтений, так и для образования необразованных. Рекомендуется расшифровать смысл (если он есть) идентификаторов в файлах – MT, MF, N (стр. 71)

Замечания, пожелания и вопросы по существу.

1. Хотелось бы видеть рекомендации, где, когда и для чего целесообразно переходить к мультигрупповым расчётам и к использованию подгрупповых констант.
2. Нужны рекомендации по переходу от 28 групп к 26 – просто откидывать группы 0 и -1 или усреднять их, например, по спектру деления.
3. Повысить интеллектуальность и дружелюбность системы CONSYST.
4. Фортран 77 и COMMON-блоки – это уже неприлично в наше время.
5. Очень жаль, что нет почти ничего про состояние дел с данными о запаздывающих нейтронах, в том числе как они представлены в файлах данных.
6. Хотелось бы видеть сводную таблицу с достигнутыми и желаемыми точностями НФХ и с тем, что сделано и надо сделать с методиками, программами и файлами по затронутой проблематике.
7. К сожалению, в четвёртой главе нет ранжирования работ, которые нужны, чтобы закрыть оставшиеся проблемы в деле константного обеспечения быстрых реакторов.

8. Очень хотелось бы видеть конкретные рекомендации по разработке усовершенствованных методов подготовки констант для диффузионных расчётов, устраняющих погрешности диффузионного приближения для разрабатываемого реактора (стр. 152).
9. Исторически библиотеки ядерных данных и групповых констант существуют в виде простых файловых баз данных. Не пора ли уже иметь хотя бы для внутреннего потребления эти данные, погружённые в оболочку настоящих баз данных с выборкой из них данных в привычном формате? Это позволило бы повысить надёжность хранимых данных за счёт использования стандартных средств проверки данных на непротиворечивость и т.д.
10. Как обосновывается расчёт спектров с $B^2 /= 0$ для расчёта спектров бесконечной среды?
11. Что такое индекс n в сечении энерговыделения $\Sigma_{enr,n}^{g}$ (стр.63, IHT = 9). И как получить Σ_{enr}^{g} в инженерных программах без файлов в формате ANISN?

А теперь остановимся на том, за что можно отдельно **похвалить диссертанта и его работу.**

1. Еще не глядя в оглавление, я подумал, а есть ли взгляд в будущее константного обеспечения. И с радостью увидел гл. 4.
2. Судьба сама отбирает тех, кто с успехом способен работать с таким безумным количеством цифр и может посвятить этому всю свою жизнь.
3. На сегодняшний день, не в последнюю очередь благодаря работам диссертанта, проблема константной составляющей погрешностей в значительной мере решена. Определяющими становятся погрешности в материальных составах и именно туда надо дополнительно направлять усилия (см. гл. 4). Методические работы Г.Н. Мантурова являются для этой работы хорошей отправной точкой.
4. Очень полезны описания разных способов блокировки сечений в гетерогенных средах.
5. Следует всячески поддержать сформулированную диссертантом необходимость оценки СНА как насущнейшую проблему.
6. Работа даёт хорошее представление о достигнутых точностях расчёта НФХ быстрых реакторов – от БОР-60 до БН-1200.
7. Вся работа по корректировке констант – это база для развития и применения методов искусственного интеллекта на основе нейронных сетей. И

здесь непочатый край работы для молодёжи. Только заманить их на эту работу при существующем положении дел с финансированием вряд ли возможно.

8. Диссертанту очень повезло, что он попал в руководимый выдающимся учёным Марком Николаевичем Николаевым коллектив. И работы Г.Н. Мантурова с честью поддерживают высокую репутацию этой научной школы.

Работа оформлена достаточно аккуратно, язык грамотный, материал изложен последовательно и хорошо структурирован. Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

Сделанные ранее замечания не снижают ценности полученных в работе результатов.

Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 05.14.03 «Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации» по техническим наукам.

Диссертационная работа выполнена на очень высоком научном уровне, содержит необходимые элементы новизны, имеет научное и практическое значение и удовлетворяет требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением правительства РФ от 24.09.2013 № 842, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор, Мантуров Геннадий Николаевич, заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических по специальности 05.14.03 «Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации».

Официальный оппонент
Главный научный сотрудник
Национального исследовательского центра
«Курчатовский институт» Зизин Михаил Николаевич

123182 г. Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1.

Тел. 89629930361, email: zizin_m@mail.ru

Научная степень: доктор физико-математических наук
Научное звание: старший научный сотрудник

Подпись Зизина М.Н. заверяю
Главный ученый секретарь
НИЦ «Курчатовский институт» Стремоухов Сергей Юрьевич