

**Отзыв на АВТОРЕФЕРАТ диссертации Н.Н.Бахарева на соискание
ученой степени кандидата физико-математических наук
«ПОВЕДЕНИЕ БЫСТРЫХ ЧАСТИЦ В СФЕРИЧЕСКОМ
ТОКАМАКЕ ГЛОБУС-М»**

Представленная Н.Н.Бахаревым к защите диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук «ПОВЕДЕНИЕ БЫСТРЫХ ЧАСТИЦ В СФЕРИЧЕСКОМ ТОКАМАКЕ ГЛОБУС-М» посвящена актуальной теме развития комплекса инжекции пучков быстрых нейтральных атомов в сферических токамаках с целью дополнительного нагрева плазмы и осуществления термоядерной реакции для создания потока быстрых нейтронов. Особенностью сферических токамаков является сильная неоднородность магнитного поля, оказывающая значительное влияние на траектории быстрых заряженных частиц. В токамаке Глобус-М магнитное поле относительно слабое, что усиливает влияние неоднородности магнитного поля. В силу этого понимание физических механизмов, определяющих потери быстрых частиц, необходимое для оптимизации условий инжекции пучка быстрых нейтральных атомов, является актуальной задачей.

Соискателем проведена серия экспериментов на токамаке Глобус-М по инжекции пучка быстрых нейтральных атомов и измерению спектра атомов перезарядки, а также выполнено численное моделирование замедления образовавшихся быстрых ионов с помощью как минимум двух численных кодов. Работа выполнена на высоком уровне, результаты, опубликованные в нескольких рецензируемых журналах, обладают научной новизной, практическая значимость работы связана с разработкой концепции гибридного реактора, в котором образовавшиеся в результате ионизации атомов пучка быстрые ионы будут участвовать в термоядерной реакции и давать выход нейтронов.

Тем не менее сама работа и её автореферат не свободны от недостатков.

1. Из содержания главы 3, описанного в автореферате, не всегда ясно, как проводилось исследование поведения быстрых частиц – экспериментально или с помощью моделирования. Недостаточно чётко сформулированы экспериментальные результаты, позволяющие судить об увеличении или уменьшении потерь быстрых ионов и об относительной роли того или иного канала потерь, кроме, разве что, параграфа 3.4 (кстати, встречающегося в автореферате дважды).
2. Представляется, что сделанные в автореферате и диссертации выводы о механизмах потерь быстрых частиц происходят из анализа моделирования, и существенно

базируются на совпадении результатов моделирования двумя численными кодами с экспериментом. В то же время в автореферате отсутствует объяснение того, почему код NUBEAM расходится с экспериментом в низкоэнергетической части спектра.

3. Не совсем ясно, что значит «Адаптация кода NUBEAM для условий сферического токамака Глобус-М» - ни в автореферате, ни в диссертации не указано, как код NUBEAM был модифицирован для применения на токамаке Глобус-М, что нового в него было внесено. Напротив, из текста диссертации можно понять, что были просто включены некоторые возможности, отличные от заданных по умолчанию, но уже внесенные в код NUBEAM его разработчиками, а не автором диссертации, например, «включение модели обобщенного ларморовского радиуса».
4. Самым существенным недостатком представляется отсутствие (как в автореферате, так и в диссертации) описания того, какое распределение электрического поля в плазме токамака использовалось при моделировании движения быстрых ионов как кодом NUBEAM, так и трехмерным кодом для расчета их траекторий. Как верно отмечено в автореферате, наличие тока на стенку, переносимого быстрыми ионами, чьи орбиты стенку пересекают, может оказывать существенное влияние на профиль электрического поля в плазме...

Указанные недостатки не умаляют значимости работы, а соискатель несомненно заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности «Физика плазмы».

Доцент кафедры физики плазмы, к.ф.м.н.

Санкт-Петербургского Политехнического университета Петра Великого

СПб, Политехническая ул. 29, 195251

Сениченков Илья Юрьевич

12 апреля 2017