



УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора по научной
работе – главный учёный секретарь
НИЦ «Курчатовский институт»
Ильгисонис В.И.

» _____ 2015 г.

О Т З Ы В

ведущей организации на диссертацию СЕМЕНОВА А.М. «**Разработка, исследование и запуск вакуумной системы бустера-синхротрона для источника синхротронного излучения третьего поколения NSLS-II**» на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 01.04.20 – физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника

Актуальность

Диссертация посвящена созданию вакуумной системы синхротрона-бустера на энергию 0.2-3.15 ГэВ для инъекции электронов на полной энергии в источник синхротронного излучения NSLS-II. NSLS-II – модернизированный источник СИ третьего поколения с улучшенными потребительскими характеристиками, в частности, за счёт применения инъекции на полной энергии из бустерного синхротрона с рекордным током 20 мА.

Создание новых источников СИ, отвечающих запросам пользовательского сообщества, всегда является **актуальной научной и технической задачей**. Основные проблемы, решаемые при создании вакуумной системы современных синхротронов с использованием научных и технологических достижений, заключаются в:

- учёте быстрого изменения магнитного поля, в котором находится вакуумная камера;
- оценке возможного влияния на получаемый вакуум процессов, происходящих в системе «электронный пучок – остаточный газ-стенки вакуумной камеры».
- технологии очистки и обезгаживания вакуумных камер, как стандартными вакуумными средствами, так и тренировкой синхротронным излучением;
- в более точном учёте температурных и прочностных характеристиками вакуумных камер.

Решение указанных проблем, рассматриваемых в диссертации, **являются не только актуальными, но и практически значимыми** т. к. влияют на основные параметры вакуумной системы.

Научная новизна результатов и их значимость

Разработка, создание и запуск вакуумной системы источника СИ NSLS-II в BNL (США) является важным результатом, учитывая текущую потребность в источниках СИ в мире. Стоит сказать, что концепция NSLS-II не является принципиально новой. В мире уже работают, по крайней мере, 4 источника СИ с бустерами на полную энергию. Основные параметры NSLS-II были получены путем значительной модернизации основных систем NSLS.

Основные усилия при создании и запуске вакуумной системы бустера были направлены на обоснование требований к вакууму в камере и обеспечения возможности их выполнения как с точки зрения оптимизации конструкции различных участков вакуумной камеры, так и с точки зрения выбора конструкционных материалов и технологии их обработки. Оценочные расчёты требований к вакууму, параметров СИ бустера NSLS-II и рассмотрение возможности использования нераспыляемых геттеров в качестве распределённых вакуумных насосов позволили сделать вывод о более «мягких»

требованиях к вакууму в бустере. Показано, что основными источниками газовой нагрузки являются термическая десорбция и фотонно-стимулированная десорбция. Учёт этого фактора позволяет рассчитать распределение давления по азимуту кольца.

Расчёт прочностных и термических характеристик вакуумных камер, работающих в быстроциклических магнитных полях, и смоделированных на экспериментальных установках, позволили оптимизировать конструкции различных участков вакуумной камеры.

Описанные в диссертации результаты применения оригинальных технологий, разработанных в ИЯФ СО РАН (г.Новосибирск) в ходе этих работ, а также создание экспериментальных установок для моделирования термических и фотонно-стимулированных процессов газоотделения позволили сократить сроки запуска синхротрона. Эти технологии можно использовать при создании и запуске аналогичных вакуумных систем.

Общая характеристика работы

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы.

Во введении обоснована актуальность проблемы расчетно-теоретического и экспериментального исследования вопросов динамики вакуума в бустерных синхротронах. Дан обзор истории предмета и его современного состояния.

Первая глава посвящена описанию требований к уровню вакуума и теоретическому прогнозированию динамического давления остаточных газов, выделяемых стенками вакуумной камеры под действием синхротронного излучения.

Во второй главе описаны вакуумная система бустера и представлены оптимальные конструкции вакуумных камер дипольных и импульсных магнитов. Обоснован выбор толщины стенок вакуумных камер с учётом влияния токов Фуко, возникающих в быстроциклических магнитных полях.

Третья глава посвящена вакуумным испытаниям камер и методике экспериментов по измерению коэффициента термического газовыделения, что позволило выбрать оптимальную технологию очистки и тренировки вакуумных камер после их изготовления.

Четвертая глава посвящена описанию системы автоматизации вакуумного оборудования бустера, созданной на основе современного приборного оснащения

В пятой главе представлены результаты запуска вакуумной системы бустера.

В заключении кратко сформулированы основные результаты диссертационной работы, выносимые на защиту.

Основные результаты работы

Проведен расчет профиля давлений остаточного газа для бустера NSLS-II с учетом термо- и фотонно-стимулированной десорбций.

Рассмотрен вариант использования нераспыляемых геттеров в качестве распределенных насосов в вакуумных камерах бустера.

Выполнены расчеты и эксперименты по определению механической прочности и теплового режима вакуумных камер диполей, представлена оптимизированная конструкция камер.

Предложена вакуумная система бустера NSLS-II. Получен высокий средний вакуум порядка 10^{-9} Торр.

Разработана и осуществлена система измерения параметров и контроль качества вакуумных камер.

Осуществлены сборка и запуск вакуумной системы бустера.

Недостатки и замечания

1. В разделе 1.5 в уравнении 1.5.1 не нужен второй член левой части, так это уравнение описывает распределение давления на одном участке вакуумной камеры.

2. В разделе 1.5 сделано допущение, что газовая нагрузка из-за фотонно-стимулированной десорбции распределена равномерно по всем поворотным магнитам. Такое допущение некорректно, так как излучение СИ в фокусирующих и дефокусирующих

поворотных магнитах отличается как по мощности так и по спектру излучения и, следовательно, Рис. 1.5.1 и Рис. 1.5.2 не отражают распределение давления между насосами и в суперпериоде в целом. Распределение действительно будет параболическим, но максимумы парабол будут смещены в сторону максимальной газовой нагрузки.

3. В разделе 1.4 представлен обзорный материал о применении НЕГ. Это достаточно полный материал, но, к сожалению, не указаны такие параметры как повышение температуры активации при увеличении циклов активации, морфология нанесённых при разных температурах плёнок НЕГ и допустимое число активаций

4. В разделе 1.4.1 отсутствует ссылка на публикацию, которую автору следовало бы включить в список защищаемых работ.

5. Диссертация написана ясным языком, но, к сожалению, в терминологии много «сленга», так, например, термин «молекулярная проводимость» следовало бы заменить на «проводимость при молекулярном режиме течения газа» и т.п.

6. Глава 1 несколько растянута за счёт описания и хорошо известных фактов.

Результаты диссертации могут быть использованы как в российских научных центрах: ИЯФ СО РАН (г. Новосибирск), НИЦ «Курчатовский Институт», ИФВЭ (г. Протвино), так и зарубежных: MAXLab(Швеция), ArgonneNationalLaboratory (США) и др. для развития вакуумной техники и технологий в получении вакуума в ускорителях и накопителях заряженных частиц.

Указанные замечания не умаляют достоинств диссертации как цельной научно-технической работы. Содержание диссертации правильно отражено в автореферате. Основные результаты работы опубликованы в научно-технической литературе (6 печатных работ, из них 2 в журналах по списку ВАК РФ). Работа прошла апробацию на российских и международных конференциях по ускорителям заряженных частиц и вакуумной технике.

В целом диссертационная работа отвечает требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор **Семенов Алексей Михайлович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук** по специальности 01.04.20 – физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника.

Отзыв на диссертацию рассмотрен и одобрен на заседании структурного подразделения «Ресурсный центр синхротронных исследований на базе специализированного синхротронного источника», проведенном 24 ноября 2015г.

Отзыв составили:

Ушков Владимир Леонидович, к.т.н.,
начальник лаборатории физики ускорителей НИЦ «КИ»,
пл. Курчатова 1, г. Москва, 123182 Россия
тел. +7-499-196-31-18
e-mail: vladimir_ushkov@mail.ru

В.Л.Ушков

Корчуганов Владимир Николаевич, д.ф.-м.н.,
зам руководителя ККСНИ НИЦ «КИ»,
пл. Курчатова 1, г. Москва, 123182 Россия
тел. +7-499-196-72-57
e-mail: vnkorchuganov@mail.ru

В.Н.Корчуганов