

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 720.001.02
НА БАЗЕ МЕЖДУНАРОДНОЙ МЕЖПРАВИТЕЛЬСТВЕННОЙ
ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЁННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ МИНОБРНАУКИ РОССИИ ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК**
аттестационное дело № _____.

решение диссертационного совета от 22 мая 2014 г. № 14-04

О присуждении Гикалу Борису Николаевичу, гражданину Российской Федерации ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Новое поколение циклотронов тяжелых ионов для прикладных исследований и промышленного применения» по специальности 01.04.20 – физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника принята к защите 06.02.2014, протокол № 14-01, диссертационным советом Д 720.001.02 на базе международной межправительственной организации Объединённый институт ядерных исследований (141980, г.Дубна Московской обл., ул. Жолио-Кюри, д.6), приказ Минобрнауки о создании диссертационного совета № 105/нк от 11.04.2012.

Соискатель Гикал Борис Николаевич 1953 года рождения. Диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук “Система аксиальной инжекции ионов в циклотрон У-200” Гикал Б.Н. защитил 19 сентября 1989 года в совете при Объединённом институте ядерных исследований, г. Дубна Московской обл., работает начальником Научно-технологического отдела ускорителей Лаборатории ядерных реакций им. Г.Н.Флерова международной межправительственной организации Объединённый институт ядерных исследований Минобрнауки (141980, г.Дубна Московской обл., ул. Жолио-Кюри, д.6).

Диссертация выполнена в Научно-технологическом отделе ускорителей Лаборатории ядерных реакций им. Г.Н.Флерова международной межправительственной организации Объединённый институт ядерных исследований (141980, г. Дубна Московской обл., ул. Жолио-Кюри, д. 6).

Официальные оппоненты:

Степанов Альберт Владимирович - доктор технических наук, главный специалист по циклотронной тематике Научно-исследовательского института электрофизической аппаратуры им. Д.В.Ефремова, г. Санкт-Петербург;

Голубев Александр Александрович - доктор физико-математических наук, заместитель директора по научной работе Института теоретической и экспериментальной физики (ФГБУ "ГНЦ РФ ИТЭФ") г. Москва;

Слепцов Владимир Владимирович - доктор технических наук, заведующий кафедрой «Радиоэлектроника, телекоммуникации и нанотехнологии» МАТИ – Российский государственный технологический университет им. К.Э. Циолковского, г. Москва

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Петербургский институт ядерной физики им. Б.П.Константинова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», г.Гатчина, Ленинградская обл. в своем положительном заключении, подписанном заведующим Лабораторией радиационной физики Ускорительного Отдела ПИЯФ, доктором физ.-мат наук Ивановым Николаем Арсентьевичем, заведующим Ускорительным Отделом ПИЯФ, кандидатом технических наук Ивановым Евгением Михайловичем, ученым секретарем ПИЯФ, кандидатом физ.-мат. наук Зобкало Игорем Александровичем и утвержденном заместителем директора ПИЯФ по научной работе кандидатом физ.-мат. наук Ежовым Виктором Федоровичем указала, что современные тенденции в развитии области фундаментальных и прикладных исследований с использованием пучков тяжелых ионов низких и средних энергий указывают на несомненную актуальность и перспективность использования тяжелых ионов

как в области фундаментальных, так и в наукоемких технологиях в промышленности.

Диссертация Гикала Б.Н. имеет большую практическую ценность, в первую очередь благодаря тому, что разработанные автором новые подходы к созданию компактных циклотронов тяжелых ионов позволили построить серию ускорителей прикладного назначения, которые успешно используются в промышленности. Ускорители типа изохронного циклотрона ДЦ-60 открывают широкие возможности для научных и прикладных исследований в различных областях науки и техники, а также могут быть включены в учебный процесс для выполнения лабораторных и научно-исследовательских работ на действующих физических установках.

Представленные результаты в диссертации представляют собой законченный цикл исследований, являются новыми, имеющими научную и практическую ценность и подтверждены соответствующими публикациями, представлены на совещаниях и конференциях.

Ведущая организация отмечает, что диссертационная работа Гикала Б.Н. удовлетворяет требованиям Положения ВАК Российской Федерации, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 01.04.20 - физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника, а ее автор заслуживает присуждения искомой степени.

Соискатель имеет 149 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 69, из которых 19 входят в перечень рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендуемых ВАК. Получен 1 патент на изобретение. Результаты диссертации представлены в трудах 27 международных конференций: RUPAC, International conference on cyclotrons and their applications, Научно-технической конференции «Вакуумная наука и техника», European Cyclotron Progress Meeting (ECPM), международных совещаний по применению ускорителей заряженных частиц в промышленности и медицине, International Conference Nuclear and radiation physics и других. Многие работы

были представлены автором на международных конференциях в виде приглашенных докладов.

Основные работы:

в научных журналах:

1. Б.Н.Гикал, Г.Г.Гульбекян, А.И.Иваненко. Исследование процесса перезарядки тяжелых ионов при их ускорении в циклотронах У-200, У-300 и У-400 // ЖТЭФ, 1984, т.54, в.7. С.1288-1293.
2. Б.Н.Гикал, С.Н.Дмитриев, Г.Г.Гульбекян, С.Л.Богомолов, О.Н.Борисов, В.А.Бузмаков, И.А.Иваненко, Н.Ю.Казаринов, И.В.Калагин, И.В.Колесов, А.И.Папаш, С.В.Пащенко, А.В.Тихомиров, М.В.Хабаров. Циклотронный комплекс ДЦ-60 для научно-прикладных исследований и промышленного применения в области нанотехнологий // Атомная энергия, 2007, т.103, вып.6. С.357-364.
3. Б.Н.Гикал, С.Н.Дмитриев, Г.Г.Гульбекян, П.Ю.Апель, В.В.Башевой, С.Л.Богомолов, О.Н.Борисов, В.А.Бузмаков, И.А.Иваненко, О.М.Иванов, Н.Ю.Казаринов, И.В.Колесов, В.И.Миронов, А.И.Папаш, С.В.Пащенко, В.А.Скуратов, А.В.Тихомиров, М.В.Хабаров, А.П.Череватенко, Н.Ю.Язвицкий. Ускорительный комплекс ИЦ-100 для проведения научно-прикладных исследований // Письма в ЭЧАЯ. 2008. Т.5. №1(143). С. 59-85.
4. B.Gikal, S.Dmitriev, P.Apel, S.Bogomolov, O.Borisov, V.Buzmakov, G.Gulbekyan, I.Ivanenko, O.Ivanov, M.Itkis, N.Kazarinov, I.Kalagin, I.Kolesov, A.Papash, S.Paschenko, A.Tikhomirov, and M.Khabarov. DC-60 Heavy Ion Cyclotron Complex: The First Beams and Project Parameters // Письма в ЭЧАЯ. 2008. Т.5, №7(149). С.160-165.
5. Б.Н.Гикал, Г.Г.Гульбекян, С.Н.Дмитриев, С.Л.Богомолов, О.Н.Борисов, И.А.Иваненко, Н.Ю.Казаринов, В.И.Казача, И.В.Калагин, И.В.Колесов, М.Н.Сазонов, А.В.Тихомиров, Й.Франко. Проект циклотрона тяжелых ионов DC-110 для промышленного применения и прикладных исследований в области нанотехнологий // Письма в ЭЧАЯ. 2010. Т.7. №7(163). С. 891-896.

6. Б.Н.Гикал, С.Н.Дмитриев, Г.Г.Гульбемян, П.Ю.Апель, С.Л.Богомолов, О.Н.Борисов, В.А.Бузмаков, В.А.Веревоцкий, А.А.Ефремов, И.А.Иваненко, Г.Н.Иванов, Н.Ю.Казаринов, В.И.Казача, И.В.Калагин, И.В.Колесов, В.М.Кононов, А.А.Королев, В.А.Костырев, А.М.Ломовцев, В.Н.Мельников, В.И.Миронов, С.В.Пащенко, В.А.Соколов, Н.Ф.Осипов, А.В.Тихомиров, А.А.Фатеев, М.В.Хабаров. Разработка, создание и запуск циклотронного комплекса тяжелых ионов ДЦ-110 для промышленного производства трековых мембран. Препринт ОИЯИ Р9-2013-120. Дубна, 2013. - 23 с. Письма в ЭЧАЯ. 2014. Т.11, № 2. С.233-253.

в трудах конференций:

1. Ю.Б.Виноградов, Б.Н.Гикал, Г.Г.Гульбемян, А.И.Иваненко, Д.И.Калчев, И.В.Колесов, В.Б.Кутнер, В.Н.Мельников, Р.Ц.Оганесян, В.А.Чугреев. Система аксиальной инжекции ионов в циклотрон У-200 // 10 Всесоюзное совещание по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1987. Т.2. С. 143-146.

2. В.Н.Гикал. FLNR Heavy ion cyclotrons for investigation in the field of condensed matter physics industrial applications // Proceedings of RUPAC2012, Saint-Petersburg, Russia, 2012. P. 172-175.

В ходе выполнения работы по диссертации получен патент на изобретение:

- Б.Н.Гикал, Ю.Г.Тетерев, А.В.Тихомиров. Способ изготовления и установки на пучок ускоренных ионов графитовой фольги. Патент на изобретение №: 2073282, МПК: H01J H05H, 1997 г.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы заведующего кафедрой компьютерного моделирования и многопроцессорных систем факультета ПМ-ПУ СПбГУ, профессора, доктора физ.-мат. наук Андрианова Сергея Николаевича и ведущего научного сотрудника Лаборатории ядерных реакций им. Г.Н.Флерова Объединенного института ядерных исследований, доктора физ.-мат. наук Дидыка Александра Юрьевича.

В отзывах отмечается возможность широкого применения тяжелых ионов в технологических производственных процессах, однако это требует создания новых специализированных ускорительных систем, гарантирующих необходимые потребительские качества: надежность, простоту обслуживания, стабильность параметров. Эта задача была решена и результаты этой работы легли в основу диссертации, представленной Гикалом Б.Н.

Основной целью и результатом диссертации является разработка концепции и создание новых специализированных ускорителей тяжелых ионов, обладающими рекордными параметрами в мире. Особо отмечается нацеленность всей работы на практическое применение результатов. Каждый из созданных ускорителей представляет собой комплекс, оснащенный установками для научного и промышленного использования пучков тяжелых ионов, включающий в себя также инженерные системы, обеспечивающие автономную работу циклотронов.

В качестве недостатков в отзывах отмечено, что в автореферате не достаточно четко отражен личный вклад автора. Указанные недостатки не снижают общей высокой оценки работы. Автор диссертации Гикал Борис Николаевич заслуживает присуждение искомой степени доктора технических наук по указанной специальности.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается широкой известностью выполненными ими разработками в области ускорителей заряженных частиц, созданием установок для научных исследований и практического применения ядерных технологий в промышленности, медицине и биологии.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- разработана концепция нового поколения специализированных циклотронов тяжелых ионов на энергию до 2,5 МэВ/нуклон с использованием системы аксиальной инжекции пучка из внешних источников ионов типа ЭЦР,

- предложена конструкция системы внешней инжекции пучка в циклотрон тяжелых ионов, которая впервые в отечественных научных центрах и центрах стран-участниц ОИЯИ была создана на циклотроне У-200 и стала концептуальным решением для разработки подобных систем на циклотронах тяжелых ионов ЛЯР,
- доказаны перспективность и преимущества нового подхода к созданию циклотронов тяжелых ионов с внешней инжекцией пучка по сравнению с циклотронами с внутренним источником ионов,
- внедрены новые подходы разработки и проектирования при создании циклического имплантатора ИЦ-100, циклотронов ДЦ-60 и ДЦ-110,
- проведена модернизация первого в мире специализированного циклотрона тяжелых ионов ИЦ-100. Произведен переход от внутреннего источника ионов типа PIG к системе внешней инжекции пучка в циклотрон из ЭЦР источника. Получены пучки ускоренных ионов неона, аргона, железа, криптона, йода, ксенона, вольфрама с энергией 1-1,2 МэВ/нуклон, которые используются для производства трековых мембран и исследований в области физики твердого тела,
- создан специализированный циклотронный комплекс тяжелых ионов ДЦ-60 с плавной вариацией энергии для научно-прикладных исследований и промышленного применения в области нанотехнологий,
- разработан и применен комплексный метод для формирования магнитной системы изохронного циклотрона ДЦ-60,
- разработана и создана магнитная система многофункционального изохронного циклотрона ДЦ-60 для ускорения ионов с энергией от 0,35 до 1,77 МэВ/нуклон, магнитная структура циклотрона позволяет за счет изменения магнитного поля плавно варьировать энергию ускоренных пучков ионов в пределах $\pm 25\%$ от номинальной.
- создан специализированный высокоинтенсивный циклотрон ДЦ-110, на котором получены пучки ускоренных ионов Ar, Kr, Xe с энергией 2,5 МэВ/нуклон и интенсивностью свыше 10 мкА.

Значение прилученных соискателем результатов для практики подтверждается тем, что:

- разработана и внедрена новая концепция разработки и проектирования циклотронов тяжелых ионов для прикладных задач и промышленного применения. Система аксиальной инжекции пучка тяжелых ионов в циклотрон У-200 стала базовой конструкцией при создании подобных систем на циклотронах. На модернизированном циклическом имплантаторе ИЦ-100 ведутся научно-прикладные исследования и облучение полимерной пленки в промышленных масштабах на пучках ионов от неона до висмута. Циклотронный комплекс ДЦ-60, разработанный и созданный в Лаборатории ядерных реакций, был поставлен и запущен в эксплуатацию в научно-исследовательском центре МНИК при Евразийском национальном университете им. Л.Н.Гумилева (г.Астана, Казахстан). На циклотроне ведутся прикладные исследования, обучаются студенты и аспиранты. Налажено серийное облучение полимерной пленки для производства трековых мембран. Циклотронный комплекс ДЦ-110, созданный в ЛЯР, установлен и запущен в эксплуатацию в НПК «БЕТА» (г. Дубна, Россия). Циклотрон используется на стадии облучения полимерной пленки в технологическом процессе производства плазмаферезаторов крови. Ускоритель способен облучать более 2 миллионов квадратных метров в год полимерной пленки для изготовления трековых мембран.
- представлены исследования, конструкторские и технические разработки составившие основу концепции циклотронов прикладного применения нового поколения и, которые служат методической основой при проектировании новых ускорителей тяжелых ионов.

Достоверность результатов диссертации подтверждена полученными параметрами ускоренных пучков на созданных циклотронах, которые находятся на уровне мировых достижений. Разработка и создание серии циклотронов тяжелых ионов ИЦ-100, ДЦ-60, ДЦ-110 является важным достижением в области развития ускорительной техники для прикладных задач.

Уровень разработок превышает мировой уровень. Серия циклотронов для прикладных задач и промышленного применения является единственной в мире. Правильность методик, разработок и концепции в целом доказана созданием на их основе современных ускорителей прикладного применения, обладающих рекордными параметрами, высокой надежностью и воспроизводимостью параметров.

Диссертационный совет отмечает, что выполненные автором разработки являются завешенными исследованиями, результатом которых стало создание нескольких ускорительных комплексов, введенных в эксплуатацию в научных и промышленных центрах. Автором разработаны программы подготовки персонала для эксплуатации оборудования циклотронов.

Личный вклад соискателя состоит в том, что автором разработана концепция нового поколения циклотронов прикладного применения. Специализированные циклотроны ИЦ-100, ДЦ-60 и ДЦ-110 были созданы большим коллективом специалистов, которым руководил соискатель. Большинство научных и технических решений при разработке новых ускорителей были предложены автором диссертации. Результаты, полученные при создании системы аксиальной инжекции циклотрона У-200, составили основу кандидатской диссертации Гикала Б.Н.

Разработки и исследования, изложенные в диссертации, вносят существенный вклад в развития направления циклотронов тяжелых ионов.

Ускорительные комплексы на базе изохронного циклотрона ДЦ-60 могут быть использованы в качестве базовых установок научных центров при университетах для выполнения научных и прикладных исследований на пучках тяжелых ионов и могут быть включены в учебный процесс для выполнения лабораторных и научно-исследовательских работ. Применение циклотронов ДЦ-110 в научно-производственных центрах дает возможность широкомасштабного производства трековых мембран и другой продукции с использованием ядерно-физических методов для использования в медицине, биологии, тонкой химической технологии и других областях.

Отдельные главы диссертации целесообразно включить в учебные курсы высших учебных учреждений, готовящих специалистов в области ускорителей, оптики пучков заряженных частиц, направлений связанных с применением ядерно-физических процессов в промышленности.

Результаты диссертационной работы полностью соответствуют сформулированной научно-технической задаче, докладывались на национальных и международных конференциях, хорошо известны специалистам в данной отрасли.

На заседании 22 мая 2014 года диссертационный совет принял решение присудить Гикалу Б.Н. учёную степень доктора технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 23 человек, из них 5 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, дополнительно на разовую защиту в состав совета никто не вводился, проголосовали: за - 23, против - нет, недействительных бюллетеней - нет.

Диссертация оценивалась в соответствии с п.9 Положения о присуждении ученых степеней как научно-квалификационная работа, в которой изложены новые научные достижения, технические и технологические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны.

Председатель диссертационного совета,
Профессор


Малахов Александр Иванович

Учёный секретарь
диссертационного совета




Артефьев Валентин Александрович

«30» мая 2014 г.