

Федеральное агентство научных организаций РФ
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт ядерных исследований Российской академии наук (ИЯИ РАН)

УДК 539.1; 539.12; 539.123

№ госрегистрации 114090170010

Инв.№

УТВЕРЖДАЮ

директор ИЯИ РАН
член-корр. РАН д.т.н.



Л.В.Кравчук

24 января 2017 года

ОТЧЁТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ
ФИЗИКА И ТЕХНИКА УСКОРИТЕЛЕЙ; ФИЗИКА ПУЧКОВ
ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ
(промежуточный за 2016 год)
0031-2014-0069

Научный руководитель
заместитель директора по научной работе
д.ф.-м.н.

А.В.Фещенко
19 января 2017 года

Москва 2017

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы д.ф.-м.н.



А.В.Фещенко (реферат, введение,
разделы 1-8, заключение)

19.01.2017

РЕФЕРАТ

Отчёт содержит: 30 с.

СИЛЬНОТОЧНЫЙ УСКОРИТЕЛЬ, ИСТОЧНИК ПРОТОНОВ, ИНЖЕКТОР ПРОТОНОВ, АВТОМАТИЗАЦИЯ УСКОРИТЕЛЯ, ПОЛЯРИЗОВАННЫЙ ИОН, АДРОННЫЙ КОЛЛАЙДЕР, ДИАГНОСТИКА ПУЧКОВ, ФОРМА СГУСТКА, СВЕТИМОСТЬ ПУЧКА, КАНАЛЫ ТРАНСПОРТИРОВКИ ПУЧКОВ, ЯДЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.

Линейный ускоритель ионов водорода ИЯИ РАН относится к классу сильноточных линейных ускорителей на средние энергии и является уникальной установкой национального и международного значения. Он является единственным в России ускорителем данного класса и самым крупным линейным ускорителем ионов водорода в Евроазиатском регионе. Со времени начала регулярной работы ускорителя на физические и прикладные задачи в 1993 году и по декабрь 2016 года проведено 124 сеанса, общей продолжительностью около 45400 часов, в том числе 6 сеансов продолжительностью свыше 2050 часов в 2016 году. Для обеспечения работы ускорителя проводятся постоянные ремонтно-профилактические работы по поддержанию его работоспособности, а также работы по его модернизации.

Выполнялись работы по программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, пункт 15. Современные проблемы ядерной физики, в том числе физики элементарных частиц и фундаментальных взаимодействий, включая физику нейтрино и астрофизические и космологические аспекты, а также физики атомного ядра, физики ускорителей заряженных частиц и детекторов, создание интенсивных источников нейтронов, мюонов, синхротронного излучения и их применения в науке, технологиях и медицине. В 2016 году основные усилия были направлены на модернизацию каналов транспортировки пучка экспериментального комплекса на установки ИН-06 и КПТ, а также обеспечению совместной работы ускорителя и экспериментального комплекса как единой научной установки.

В 2016 году были проведены два сеанса работы ускорителя на установки ИН-06 и КПТ с энергией пучка протонов до 209 МэВ. В одном из этих сеансов помимо выполнения физической программы совместно с органами Роспотребнадзора проводились измерения радиационной обстановки с целью подготовки данных для получения санитарно-эпидемиологического заключения на экспериментальный комплекс.

Необходимость постоянного усовершенствования и модернизации систем ускорителя и экспериментального комплекса обусловлена рядом причин. Во-первых, изменением требований к параметрам пучка, во-вторых, необходимостью устранения отдельных, в ряде случаев существенных недостатков, которые обнаруживаются в процессе эксплуатации, и, в третьих, необходимостью перехода на новую элементную базу, новые приборы и комплектующие взамен снятых с производства. В ряде случаев модернизация требует проведения всесторонних исследований. В 2016 году проводились работы по модернизации большинства систем ускорителя, среди которых следует отметить систему ВЧ питания начальной части, инжекторы, ускоряющую систему основной части, большинство систем экспериментального комплекса, систему контроля и управления.

В процессе сооружения, запуска, эксплуатации и модернизации ускорителя был достигнут уникальный уровень понимания процессов в ускорителе и накоплен огромный опыт решения практических задач. Это обеспечило международное признание авторитета сотрудников Института и широкое применение их разработок не только в ИЯИ РАН, но и в ведущих ядерно-физических ускорительных научных центрах России и всего мира.

СОДЕРЖАНИЕ

Реферат	3
Введение	6
Основные результаты	8
1 Обеспечение работы ускорителя	8
2 Модернизация ускорителя и каналов транспортировки пучков ЭК	11
3 Усовершенствование систем ускорителя и ЭК	14
4 Сотрудничество с Российскими и зарубежными научными центрами. Разработка элементов ускорителей для Российских и зарубежных научных центров	17
5 Разработка и создание измерителей формы сгустков для линейного ускорителя Linac-4 ЦЕРН и исследование продольного движения в ускорителе	22
6 Развитие ядерных технологий на протонных пучках Московской мезонной фабрики.	24
7 Разработка методики и исследование транспортировки сильноточных пучков протонов и отрицательных ионов водорода в экспериментальном комплексе ИЯИ РАН.	26
8 Разработка ускорительного проекта НИКА и подготовка экспериментов	28
Заключение	30

ВВЕДЕНИЕ

Линейный ускоритель ионов водорода ИЯИ РАН относится к классу сильноточных линейных ускорителей на средние энергии и является уникальной установкой национального и международного значения. Он является единственным в России ускорителем данного класса и самым крупным линейным ускорителем ионов водорода в Евроазиатском регионе. Со времени начала регулярной работы ускорителя на физические и прикладные задачи в 1993 году и по декабрь 2016 года проведено 124 сеанса, общей продолжительностью около 45400 часов, в том числе 6 сеансов продолжительностью свыше 2050 часов в 2016 году. Для обеспечения работы ускорителя проводятся постоянные ремонтно-профилактические работы по поддержанию его работоспособности, а также работы по его модернизации.

Необходимость постоянного усовершенствования и модернизации систем ускорителя и экспериментального комплекса обусловлена рядом причин. Во-первых, изменением требований к параметрам пучка, во-вторых, необходимостью устранения отдельных, в ряде случаев существенных недостатков, которые обнаруживаются в процессе эксплуатации, и, в третьих, необходимостью перехода на новую элементную базу, новые приборы и комплектующие взамен снятых с производства. В ряде случаев модернизация требует проведения всесторонних исследований. В 2016 году проводились работы по модернизации большинства систем ускорителя, среди которых следует отметить систему ВЧ питания начальной части, инжекторы, ускоряющую систему основной части, большинство систем экспериментального комплекса, систему контроля и управления.

Выполнялись работы по программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, пункт 15. Современные проблемы ядерной физики, в том числе физики элементарных частиц и фундаментальных взаимодействий, включая физику нейтрино и астрофизические и космологические аспекты, а также физики атомного ядра, физики ускорителей заряженных частиц и детекторов, создание интенсивных источников нейтронов, мюонов, синхротронного излучения и их применения в науке, технологиях и медицине.

Работы проводились в следующих направлениях:

модернизация сильноточного линейного ускорителя протонов в Троицке, получение мегаваттной мощности в пучке;

развитие на этой основе троцкого ядерно-физического комплекса:

создание мощных источников синхротронного, нейтронного и иных ядерных излучений; создание новых перспективных ядерно-физических и ускорительных

технологий в интересах экологически безопасной ядерной энергетики, ядерно-физической медицины, здравоохранения, систем безопасности и других отраслей;

развитие технологии мощных ускорителей электронов для фундаментальных, прикладных исследований и технологических применений;

участие в реализации проекта создания коллайдера тяжёлых ионов НИКА для исследования фазовых переходов и критических явлений в ядерной материи при высоких температурах и плотностях;

участие в разработке методик и создании аппаратуры для Европейского рентгеновского лазера на свободных электронах (XFEL) и проведение исследований.

В процессе сооружения, запуска, эксплуатации и модернизации ускорителя был достигнут уникальный уровень понимания процессов в ускорителе и накоплен огромный опыт решения практических задач. Это обеспечило международное признание авторитета сотрудников Института и широкое применение их разработок не только в ИЯИ РАН, но и в ведущих ядерно-физических ускорительных научных центрах России и всего мира. В 2016 году проводились совместные работы, а также работы по договорам со следующими организациями: ОИЯИ, ИФВЭ, ФГУП НПП ТОРИЙ, ЦЕРН, DESY (Германия), GSI (Германия), FRIB (Мичиганский университет, США), ESS (Швеция), FTSC (Англия).

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Отдел ускорительного комплекса

Руководитель работ д.ф.-м.н. А.В.Фещенко.

В отчёте представлены результаты фундаментальных и прикладных работ, проведённых по государственному заданию в соответствии с планом научных исследований ИЯИ РАН на 2016 год.

1 Обеспечение работы ускорителя.

Список исполнителей

1.	Артюшин Александр Петрович	гл.инж.устан.ЭК
2.	Белов Александр Степанович	зав.лабораторией, к/н
3.	Брагин Сергей Евгеньевич	научный сотрудник
4.	Брусова Наталья Ивановна	вед.инженер-констр.
5.	Быков Сергей Сергеевич	лаборант
6.	Варламов Геннадий Владимирович	вед.инженер-электроник
7.	Васина Нина Гавриловна	техник
8.	Венгер Ирина Романовна	ст.инженер
9.	Ветохов Вячеслав Михайлович	начальник установки
10.	Володкевич Ольга Михайловна	научный сотрудник
11.	Гаврилов Сергей Александрович	зав.лабораторией, к/н
12.	Гаврилова Наталья Николаевна	вед.инженер
13.	Гаврилюк Юрий Яковлевич	старший инженер
14.	Гайдаш Виктор Александрович	вед.инженер-электроник
15.	Голубовский Станислав Евгеньевич	ст.инженер по ЭУ
16.	Горбатов Сергей Викторович	газосварщик
17.	Горбатова Раиса Евгеньевна	старший лаборант
18.	Горбунов Владимир Кузьмич	нач-к установок
19.	Готовцев Юрий Николаевич	ведущий инженер по ЭУ
20.	Грехов Олег Викторович	нач-к службы
21.	Грехова Елена Дмитриевна	вед.инженер по ЭУ
22.	Гречко Владимир Васильевич	зам.гл.инж.ОУК
23.	Долгов Евгений Викторович	вед.инженер по ЭУ
24.	Жвакин Игорь Михайлович	ст.инженер по ЭУ
25.	Железов Игорь Николаевич	вед.инж.констр.
26.	Зиновьев Геннадий Павлович	зам.зав.отделом
27.	Зубец Валерий Николаевич	научный сотрудник
28.	Калинин Юрий Жоржевич	зав.лабораторией, к/н
29.	Калинина Татьяна Васильевна	техник по ЭУ
30.	Калихов Борис Владимирович	вед.инженер по ЭУ
31.	Калихов Владимир Борисович	нач-к службы
32.	Кваша Адольф Иванович	зав.сектором, к/н
33.	Киселев Юрий Васильевич	зав.лабораторией, к/н
34.	Кленов Виктор Сергеевич	научный сотрудник
35.	Кобзев Леонид Николаевич	ст.инженер по ЭУ
36.	Колпак Николай Игнатьевич	электромонтажник бр.
37.	Колыхалов Николай Александрович	вед.инженер по ЭУ
38.	Копин Владимир Сергеевич	вед.инженер по ЭУ
39.	Краюшкин Дмитрий Игоревич	ст.инженер по ЭУ

40.	Кузьмин Олег Спартакович	вед.инженер по ЭУ
41.	Кутузов Валерий Александрович	зав.сектором
42.	Лебедева Наталья Федоровна	вед.инженер-электроник
43.	Леонтьев Владимир Николаевич	заведующий сектором
44.	Лопатников Юрий Михайлович	вед.инженер
45.	Лопатовский Георгий Юрьевич	ведущий инженер
46.	Лоскутов Владимир Евгеньевич	нач-к установок
47.	Мартынов Александр Евгеньевич	вакуумщик-испытат.
48.	Мельников Виктор Михайлович	ст.инженер по ЭУ
49.	Микляев Дмитрий Викторович	слесарь КИПиА 4р.
50.	Мосунов Владимир Георгиевич	вед.инженер по ЭУ
51.	Набока Александр Николаевич	нач-к установок
52.	Назаренко Валерия Витальевна	вед.инженер-констр.
53.	Нечаева Лидия Поликарповна	ст.н.с., к/н
54.	Никулин Евгений Семенович	научный сотрудник
55.	Парамонов Валентин Витальевич	вед.н.с., д/н
56.	Петров Андрей Юльевич	ст.мех.сб.работ 4 р.
57.	Петров Геннадий Валентинович	ведущий инженер по ЭУ
58.	Прус Александр Михайлович	вед.инженер по ЭУ
59.	Редькин Юрий Николаевич	вед.инженер по ЭУ
60.	Рейнгардт-Никулин Петр Игоревич	научный сотрудник
61.	Рыбаков Иван Викторович	инженер
62.	Свириденко Михаил Павлович	ст.инженер по ЭУ
63.	Семина Татьяна Васильевна	старший лаборант
64.	Серов Валерий Львович	главный инж.ОУК
65.	Сильниченко Владимир Николаевич	вед.инженер по ЭУ
66.	Столяров Алексей Стефанович	слесарь
67.	Стрижов Анатолий Константинович	начальник установок
68.	Тараничева Наталья Михайловна	старший лаборант
69.	Толкачева Нина Сергеевна	техник
70.	Торопова Лариса Александровна	инж.электр.
71.	Турбабин Александр Васильевич	вед.инженер по ЭУ
72.	Фещенко Александр Владимирович	зам. директора
73.	Филимонов Геннадий Александрович	ведущий инженер по ЭУ
74.	Фролов Олег Тимофеевич	научный сотрудник
75.	Ханжина Татьяна Николаевна	ст.инж.-констр.
76.	Чернов Юрий Викторович	вед.инженер по ЭУ
77.	Шаталов Владимир Александрович	вед.инженер-электроник
78.	Ярилин Александр Алексеевич	начальник участка

1 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В 2016 году на сильноточном линейном ускорителе ИЯИ РАН проведено шесть сеансов, направленных на разработку технологии получения радиоизотопов и наработку радиоизотопов, на исследования и модернизацию ускорительного комплекса, а также на физическую программу Института. Общая продолжительность сеансов в 2016 году составила более свыше 2050 часов. Нарботка ускорителя по программе получения

радиоизотопов составила свыше 85000 мкА·часов при среднем токе пучка до 130 мкА и энергии 143 МэВ.

Работы на установки РАДЭКС и импульсный нейтронный источник ИН-06 проводились с энергией 209 МэВ, на комплекс протонной терапии с энергиями 209, 158 и 127 МэВ. Длительность импульса изменялась в диапазоне от 1 до 120 мкс, частота следования от 1 до 50 Гц, интенсивность пучка от десятков наноампер при работе на комплекс протонной терапии до 50÷60 микроампер при работе на нейтронный источник. Суммарная наработка с интенсивным пучком составила свыше 3200 мкА·часов при работе на нейтронный источник и 640 мкА·часов при работе на РАДЭКС.

Помимо выполнения физической программы и плана научно-исследовательских работ совместно с органами Роспотребнадзора проводились измерения радиационной обстановки в здании экспериментального комплекса и на прилегающих территориях с целью подготовки материалов для получения санитарно-эпидемиологического заключения. При этом пучок подавался на установки РАДЭКС, ИН-06 и спектрометр по времени замедления СВЗ-100. Заключение было получено осенью 2016 года сроком на пять лет.

В рамках программы капитального ремонта оборудования уникальных установок начаты работы по капитальному ремонту/замене оборудования ускорителя и экспериментального комплекса: мощного индукционного регулятора ИР-118/60, оборудования постов предварительной вакуумной откачки, модуляторного оборудования в системе ВЧ-питания начальной части ускорителя, насоса в системе охлаждения электромагнитного оборудования каналов транспортировки пучка в экспериментальном комплексе.

2 Модернизация ускорителя и каналов транспортировки пучков ЭК.

Список исполнителей:

1.	Артюшин Александр Петрович	гл.инж.устан.ЭК
2.	Белов Александр Степанович	зав.лабораторией, к/н
3.	Брагин Сергей Евгеньевич	научный сотрудник
4.	Брусова Наталья Ивановна	вед.инженер-констр.
5.	Быков Сергей Сергеевич	лаборант
6.	Варламов Геннадий Владимирович	вед.инженер-электроник
7.	Васина Нина Гавриловна	техник
8.	Ветохов Вячеслав Михайлович	начальник установки
9.	Володкевич Ольга Михайловна	научный сотрудник
10.	Гаврилов Сергей Александрович	зав.лабораторией, к/н
11.	Гаврилюк Юрий Яковлевич	старший инженер
12.	Гайдаш Виктор Александрович	вед.инженер-электроник
13.	Голубовский Станислав Евгеньевич	ст.инженер по ЭУ
14.	Горбатов Сергей Викторович	газоэлектросварщик
15.	Горбатова Раиса Евгеньевна	старший лаборант
16.	Горбунов Владимир Кузьмич	нач-к установок
17.	Готовцев Юрий Николаевич	ведущий инженер по ЭУ
18.	Грехов Олег Викторович	нач-к службы
19.	Грехова Елена Дмитриевна	вед.инженер по ЭУ
20.	Гречко Владимир Васильевич	зам.гл.инж.ОУК
21.	Долгов Евгений Викторович	вед.инженер по ЭУ
22.	Жвакин Игорь Михайлович	ст.инженер по ЭУ
23.	Железов Игорь Николаевич	вед.инж.констр.
24.	Зубец Валерий Николаевич	научный сотрудник
25.	Калинин Юрий Жоржевич	зав.лабораторией, к/н
26.	Калинина Татьяна Васильевна	техник по ЭУ
27.	Калихов Борис Владимирович	вед.инженер по ЭУ
28.	Калихов Владимир Борисович	нач-к службы
29.	Кваша Адольф Иванович	зав.сектором, к/н
30.	Киселев Юрий Васильевич	зав.лабораторией, к/н
31.	Кленов Виктор Сергеевич	научный сотрудник
32.	Кобзев Леонид Николаевич	ст.инженер по ЭУ
33.	Колпак Николай Игнатьевич	электромонтажник бр.
34.	Колыхалов Николай Александрович	вед.инженер по ЭУ
35.	Копин Владимир Сергеевич	вед.инженер по ЭУ
36.	Краюшкин Дмитрий Игоревич	ст.инженер по ЭУ
37.	Кузьмин Олег Спартакович	вед.инженер по ЭУ
38.	Кутузов Валерий Александрович	зав.сектором
39.	Лебедева Наталья Федоровна	вед.инженер-электроник
40.	Леонтьев Владимир Николаевич	заведующий сектором
41.	Лопатников Юрий Михайлович	вед.инженер
42.	Лопатовский Георгий Юрьевич	ведущий инженер
43.	Лоскутов Владимир Евгеньевич	нач-к установок
44.	Мартынов Александр Евгеньевич	вакуумщик-испытат.
45.	Мельников Виктор Михайлович	ст.инженер по ЭУ
46.	Микляев Дмитрий Викторович	слесарь КИПиА 4р.
47.	Мосунов Владимир Георгиевич	вед.инженер по ЭУ

48.	Набока Александр Николаевич	нач-к установок
49.	Назаренко Валерия Витальевна	вед.инженер-констр.
50.	Нечаева Лидия Поликарповна	ст.н.с., к/н
51.	Никулин Евгений Семенович	научный сотрудник
52.	Парамонов Валентин Витальевич	вед.н.с.,д/н
53.	Петров Андрей Юльевич	ст.мех.сб.работ 4 р.
54.	Петров Геннадий Валентинович	ведущий инженер по ЭУ
55.	Прус Александр Михайловч	вед.инженер по ЭУ
56.	Редькин Юрий Николаевич	вед.инженер по ЭУ
57.	Рейнгардт-Никулин Петр Игоревич	научный сотрудник
58.	Рыбаков Иван Викторович	инженер
59.	Свириденко Михаил Павлович	ст.инженер по ЭУ
60.	Серов Валерий Львович	главный инж.ОУК
61.	Сильниченко Владимир Николаевич	вед.инженер по ЭУ
62.	Столяров Алексей Стефанович	слесарь
63.	Стрижов Анатолий Константинович	начальник установок
64.	Толкачева Нина Сергеевна	техник
65.	Турбабин Александр Васильевич	вед.инженер по ЭУ
66.	Фещенко Александр Владимирович	зам. директора
67.	Филимонов Геннадий Александрович	ведущий инженер по ЭУ
68.	Фролов Олег Тимофеевич	научный сотрудник
69.	Ханжина Татьяна Николаевна	ст.инж.-констр.
70.	Чернов Юрий Викторович	вед.инженер по ЭУ
71.	Шаталов Владимир Александрович	вед.инженер-электроник
72.	Ярилин Александр Алексеевич	начальник участка

2 Содержание работ

Среди работ по модернизации ускорителя следует отметить работу по разработке первого ускоряющего резонатора (100÷113 МэВ) основной части ускорителя. Необходимость выполнения данной работы обусловлена снижением электрической прочности существующего резонатора с шайбами и диафрагмами вследствие чего ухудшается надежность работы ускорителя и становится практически невозможным не только увеличение интенсивности пучка, в том числе за счет удвоения частоты следования импульсов, но и приходится ее уменьшать для обеспечения приемлемой надежности работы. В результате проведенного сравнительного анализа как уже используемых в интенсивных ЛУ ионов водорода, так и перспективных структур, с целью снижения затрат на изготовление, выбрана структура CDS, предложенная и разработанная в ИЯИ РАН. Данная структура уже была апробирована в действующем бустере ускорителя электронов установки PITZ, DESY, Zeuthen. Проведена доработка структуры для удовлетворения требованиям первого резонатора ускорителя ИЯИ РАН. Ведется адаптация методик ВЧ настройки секций CDS и проработка узлов объединения секций CDS в резонатор. Выбранная структура имеет поперечные размеры заметно меньшие, чем иные известные структуры. При этом обеспечивается ВЧ эффективность в целом не ниже,

чем других у структур, увеличение напряженности электрического поля на поверхности структуры минимально, а размеры ячеек во всех четырех секциях максимально унифицированы.

В течение 2016 года проведена модернизация основных систем каналов транспортировки пучка в экспериментальном комплексе: вакуумной системы, системы измерения потерь ионов, системы радиационного контроля, системы питания электромагнитных устройств, системы контроля и управления, системы диагностики пучка. Так, например, по системе диагностики выполнены следующие работы: разработана и испытана высокоскоростная электроника индукционного датчика тока для измерения суб-микросекундных импульсов тока пучка на канале на РАДЭКС, разработана и испытана система быстрой аварийной защиты по разнице токов на канале на ИН-06, разработана и изготовлена электроника многопроволочного профилометра на канале на СВЗ-100, разработана и испытана высокочувствительная электроника индукционного датчика тока на канале на КПТ, собран, установлен и испытан ионизационный монитор для контроля поперечного сечения пучка на канале на КПТ.

2 Публикации, индексируемые в WoS

1. I.V. Rybakov, A.V. Feschenko, Yu.J. Kalinin, V.N. Leontev, A.N. Naboka, V.V. Paramonov, V.L. Serov, «Comparison of accelerating structures for the first cavity of the main part of INR linac». (В электронном журнале, индексируемом в базе Scopus Journal of Physics: Conference Series 747 (2016) 012073, IOP Publishing).
2. I.V. Rybakov, Y.Z. Kalinin, V.N. Leontev, A.N. Naboka, V.V. Paramonov, V.L. Serov, A.V. Feschenko «Comparison of accelerating structures for the first cavity of the main part of the INR linac», J.Phys.: Conf.Ser., 747, p. 012073;
3. V. Paramonov, “Possible Parameters of Proton Acceleration Using Backward Traveling Wave Harmonic”. ISSN 1547-4771, Physics of Particles and Nuclei Letters, 2016, Vol. 13, No. 7, pp. 901–906. © Pleiades Publishing, Ltd., 2016.

3 Усовершенствование систем ускорителя и ЭК

Список исполнителей:

1.	Артюшин Александр Петрович	гл.инж.устан.ЭК
2.	Белов Александр Степанович	зав.лабораторией, к/н
3.	Брагин Сергей Евгеньевич	научный сотрудник
4.	Брусова Наталья Ивановна	вед.инженер-констр.
5.	Быков Сергей Сергеевич	лаборант
6.	Варламов Геннадий Владимирович	вед.инженер-электроник
7.	Васина Нина Гавриловна	техник
8.	Ветохов Вячеслав Михайлович	начальник установки
9.	Володкевич Ольга Михайловна	научный сотрудник
10.	Гаврилов Сергей Александрович	зав.лабораторией, к/н
11.	Гаврилук Юрий Яковлевич	старший инженер
12.	Гайдаш Виктор Александрович	вед.инженер-электроник
13.	Голубовский Станислав Евгеньевич	ст.инженер по ЭУ
14.	Горбатов Сергей Викторович	газоэлектросварщик
15.	Горбатова Раиса Евгеньевна	старший лаборант
16.	Горбунов Владимир Кузьмич	нач-к установок
17.	Готовцев Юрий Николаевич	ведущий инженер по ЭУ
18.	Грехов Олег Викторович	нач-к службы
19.	Грехова Елена Дмитриевна	вед.инженер по ЭУ
20.	Гречко Владимир Васильевич	зам.гл.инж.ОУК
21.	Долгов Евгений Викторович	вед.инженер по ЭУ
22.	Жвакин Игорь Михайлович	ст.инженер по ЭУ
23.	Железов Игорь Николаевич	вед.инж.констр.
24.	Зубец Валерий Николаевич	научный сотрудник
25.	Калинин Юрий Жоржевич	зав.лабораторией, к/н
26.	Калинина Татьяна Васильевна	техник по ЭУ
27.	Калихов Борис Владимирович	вед.инженер по ЭУ
28.	Калихов Владимир Борисович	нач-к службы
29.	Кваша Адольф Иванович	зав.сектором, к/н
30.	Киселев Юрий Васильевич	зав.лабораторией, к/н
31.	Кленов Виктор Сергеевич	научный сотрудник
32.	Кобзев Леонид Николаевич	ст.инженер по ЭУ
33.	Колпак Николай Игнатьевич	электромонтажник бр.
34.	Колыхалов Николай Александрович	вед.инженер по ЭУ
35.	Копин Владимир Сергеевич	вед.инженер по ЭУ
36.	Краюшкин Дмитрий Игоревич	ст.инженер по ЭУ
37.	Кузьмин Олег Спартакович	вед.инженер по ЭУ
38.	Кутузов Валерий Александрович	зав.сектором
39.	Лебедева Наталья Федоровна	вед.инженер-электроник
40.	Леонтьев Владимир Николаевич	заведующий сектором
41.	Лопатников Юрий Михайлович	вед.инженер
42.	Лопатовский Георгий Юрьевич	ведущий инженер
43.	Лоскутов Владимир Евгеньевич	нач-к установок
44.	Мартынов Александр Евгеньевич	вакуумщик-испытат.
45.	Мельников Виктор Михайлович	ст.инженер по ЭУ
46.	Микляев Дмитрий Викторович	слесарь КИПиА 4р.
47.	Мосунов Владимир Георгиевич	вед.инженер по ЭУ

48.	Набока Александр Николаевич	нач-к установок
49.	Назаренко Валерия Витальевна	вед.инженер-констр.
50.	Нечаева Лидия Поликарповна	ст.н.с., к/н
51.	Никулин Евгений Семенович	научный сотрудник
52.	Парамонов Валентин Витальевич	вед.н.с.,д/н
53.	Петров Андрей Юльевич	ст.мех.сб.работ 4 р.
54.	Петров Геннадий Валентинович	ведущий инженер по ЭУ
55.	Прус Александр Михайловч	вед.инженер по ЭУ
56.	Редькин Юрий Николаевич	вед.инженер по ЭУ
57.	Рейнгардт-Никулин Петр Игоревич	научный сотрудник
58.	Рыбаков Иван Викторович	инженер
59.	Свириденко Михаил Павлович	ст.инженер по ЭУ
60.	Серов Валерий Львович	главный инж.ОУК
61.	Сильниченко Владимир Николаевич	вед.инженер по ЭУ
62.	Столяров Алексей Стефанович	слесарь
63.	Стрижов Анатолий Константинович	начальник установок
64.	Толкачева Нина Сергеевна	техник
65.	Турбабин Александр Васильевич	вед.инженер по ЭУ
66.	Фещенко Александр Владимирович	зам. директора
67.	Филимонов Геннадий Александрович	ведущий инженер по ЭУ
68.	Фролов Олег Тимофеевич	научный сотрудник
69.	Ханжина Татьяна Николаевна	ст.инж.-констр.
70.	Чернов Юрий Викторович	вед.инженер по ЭУ
71.	Шаталов Владимир Александрович	вед.инженер-электроник
72.	Ярилин Александр Алексеевич	начальник участка

3 Содержание работ

Выполнен комплекс работ по исследованию инжектора протонов для обеспечения его надежной и устойчивой работы. В результате выполненного комплекса работ обеспечена практически стопроцентная надежность работы инжектора.

Модернизирована система допуска персонала на экспериментальном комплексе. Продолжена модернизация автоматизированной системы радиационного контроля нейтронного и гамма-излучений «Фрегат».

По вакуумной системе были заменены два поста предварительной откачки на экспериментальном комплексе. Разработаны, изготовлены, смонтированы и налажены пульты местного и дистанционного управления постами. Обеспечена передача информации о состоянии вакуума в систему контроля ускорителя. Подготовлены посты для установки на 2,3,5 секторах ускорителя, а также RFQ.

Продолжена модернизация системы контроля. Проведена модернизация серверного компьютерного оборудования 1-го и 5-го секторов системы управления. Введены в систему контроля и управления ускорителем показания вакуумметров на 4-м и 5-м секторах линейного ускорителя. На экспериментальном комплексе модернизированы системы измерений токов пучка, показаний нейтронных датчиков и ионизационных

камер. На изотопном комплексе проведены исследования по улучшению качества облучения изотопных мишеней и повышению точности прогнозирования результатов облучений. По результатам исследований проведена доработка соответствующего программного обеспечения.

На системе ВЧ питания основной части ускорителя начаты работы по увеличению длительности ВЧ импульсов для энергий пучка до 350 МэВ.

На системе ВЧ питания начальной части продолжались работы по переводу мощных модуляторов на генераторные лампы ГИ-71А вместо снятых с производства модуляторных ламп ГМИ-44А. Поскольку для раскачки ламп ГИ-71А требуется существенно (в 20-30 раз) большая мощность подмодулятора, была доработана схема транзисторного подмодулятора на всех каналах усиления. Также установлены тиристорные регуляторы РОТ-160 в цепи регулировки накала ламп ГИ-71А и доработаны блоки управления в модуляторе, обеспечивающие плавное снижение накала при отключении модулятора. Проводились испытания лампы ГИ-71А на модуляторе четвертого канала, поскольку именно на этом канале происходят отключения с полным разрядом формирующей линии в аноде ГИ-71А. По результатам испытаний определена необходимость установки на лампе ГИ-71А магниторазрядного насоса. Соответствующее решение согласовано с разработчиком и изготовителем ламп.

На системе питания фокусирующими элементами закончены работы по модернизации автоматизированной системы управления источниками питания канала Н-минус. Система интегрирована в АСУ ускорителя. Выполнена разработка и создана система питания поворотного магнита для облучательного стенда. Выполнены работы по настройке и регулировке ИСТов экспериментального комплекса и интеграции из управления в единую АСУ ускорителя. Разработаны, частично изготовлены и смонтированы дополнительные корректирующие магниты на экспериментальном комплексе. Продолжены работы по разработке и созданию опытного образца трубки дрейфа на постоянных магнитах.

3 Публикации, индексируемые в WoS

1. А. С. Белов, В. Н. Зубец, Л. П. Нечаева, Е. С. Никулин, А. В. Турбабин, О. Т. Фролов, «Режим работы протонного инжектора линейного ускорителя ИЯИ РАН с частотой повторения импульсов 100 Гц», (ПТЭ, 2016, № 2, с. 1–6. То же на английском: “Instruments and Experimental Techniques”, 59(2), 203-208, DOI 10.1134/S0020441216020032), <http://link.springer.com/article/10.1134/S0020441216020032>
2. A. Feschenko, S. Gavrilov, “Methods for bunch shape monitor phase resolution improvement”. Proceedings of «28th Linear Accelerator Conference LINAC 16», East Lansing, MI USA, September 25-30, 2016. http://www.frib.msu.edu/misc/linac2016/scientific_program.html

4 Сотрудничество с Российскими и зарубежными научными центрами. Разработка элементов ускорителей для Российских и зарубежных научных центров.

Список исполнителей:

1.	Белов Александр Степанович	зав.лабораторией, к/н
2.	Брагин Сергей Евгеньевич	научный сотрудник
3.	Брусова Наталья Ивановна	вед.инженер-констр.
4.	Венгер Ирина Романовна	ст.инженер
5.	Ветохов Вячеслав Михайлович	начальник установки
6.	Володкевич Ольга Михайловна	научный сотрудник
7.	Гаврилов Сергей Александрович	зав.лабораторией, к/н
8.	Гаврилюк Юрий Яковлевич	старший инженер
9.	Гайдаш Виктор Александрович	вед.инженер-электроник
10.	Готовцев Юрий Николаевич	ведущий инженер по ЭУ
11.	Грехов Олег Викторович	нач-к службы
12.	Грехова Елена Дмитриевна	вед.инженер по ЭУ
13.	Гречко Владимир Васильевич	зам.гл.инж.ОУК
14.	Жвакин Игорь Михайлович	ст.инженер по ЭУ
15.	Железов Игорь Николаевич	вед.инж.констр.
16.	Зиновьев Геннадий Павлович	зам.зав.отделом
17.	Зубец Валерий Николаевич	научный сотрудник
18.	Калинин Юрий Жоржевич	зав.лабораторией, к/н
19.	Калихов Борис Владимирович	вед.инженер по ЭУ
20.	Киселев Юрий Васильевич	зав.лабораторией, к/н
21.	Кленов Виктор Сергеевич	научный сотрудник
22.	Леонтьев Владимир Николаевич	заведующий сектором
23.	Мартынов Александр Евгеньевич	вакуумщик-испытат.
24.	Микляев Дмитрий Викторович	слесарь КИПиА 4р.
25.	Набока Александр Николаевич	нач-к установок
26.	Назаренко Валерия Витальевна	вед.инженер-констр.
27.	Парамонов Валентин Витальевич	вед.н.с.,д/н
28.	Рыбаков Иван Викторович	инженер
29.	Серов Валерий Львович	главный инж.ОУК
30.	Турбабин Александр Васильевич	вед.инженер по ЭУ
31.	Фещенко Александр Владимирович	зам. директора

4 Содержание работ

В 2016 году были продолжены работы по созданию источника поляризованных ионов высокой интенсивности для ускорительного комплекса НУКЛОТРОН – НИКА в Лаборатории физики высоких энергий ОИЯИ. В ИЯИ РАН для этого источника ранее была разработана и изготовлена аппаратура для получения импульсного пучка поляризованного атомарного дейтерия, высокостабильный генератор высоковольтных импульсов амплитудой 25 кВ для вытягивания, ускорения и формирования пучка поляризованных дейтронов, система управления блоками питания источника плазмы под потенциалом 25 кВ, а также времяпролётный масс-спектрометр для измерения параметров

атомарного пучка. С участием сотрудников ЛИИИ ОУК выполнены стендовые исследования источника поляризованных дейтронов, его монтаж и запуск на линейном ускорителе ЛФВЭ ОИЯИ. В том числе выполнены измерения плотности молекул дейтерия в накопительной ячейке с целью определения количества атомов дейтерия, инжектированных в накопительную ячейку за один импульс аппаратуры атомарного поляризованного дейтериевого пучка. Было проведено исследование влияния параметров накопительной ячейки и распределения магнитного поля в области ячейки на эффективность сбора и вывода поляризованных дейтронов из области ионизации источника поляризованных ионов. Выполнена настройка трех блоков ВЧ переходов в их рабочем положении в источнике поляризованных ионов с использованием поляриметра Брейта – Раби. Определены параметры блоков ВЧ переходов, при которых эффективность переходов имеет максимальное значение.

В результате данных исследований из источника на выходе анализирующего магнита был получен пучок поляризованных ионов дейтерия с импульсным током 2 мА, длительностью импульса до 200 мкс, частоте повторения импульсов до 1 Гц и энергии ионов 25 кэВ при импульсном токе неполяризованных ионов 30-50 мА, что соответствует техническому заданию договора о сотрудничестве с ОИЯИ.

В 2016 созданный источник поляризованных ионов успешно использовался в ускорительных сеансах НУКЛОТРОНа.

Завершено выполнение НИР по договору с ИФВЭ по теме «Разработка технического проекта модернизации источника ионов водорода в каскаде ускорителей ЛУ-30 и У-1.5». При выполнении НИР разработана структурная схема источника, функциональные схемы систем питания и управления, принципиальные схемы генератора тока разряда, блока питания газового клапана, блока контроля подачи цезия, блока контроля температуры корпуса, генераторов вытягивающего напряжения 25 кВ и ускоряющего напряжения 100 кВ. Проведены расчеты ионно-оптической системы вытягивания и ускорения до 100 кэВ и ионно-оптической системы согласования пучка с входом начальной части ускорителя, разработаны и изготовлены макеты генератора тока разряда и блока питания газового клапана, определены технические требования к характеристикам и параметрам системы диагностики пучка ионов в канале согласования пучка, разработан чертеж общего вида источника.

По договору с ИФВЭ продолжались работы по теме «Разработка узлов источника ионов водорода Н-минус для каскада ускорителей ЛУ-30 и У-1.5». В 2016 году разработаны рабочие чертежи газоразрядной камеры и магнитной системы источника ионов, газового клапана, системы подачи цезия, ионно-оптической системы вытягивания

(25 кВ) и ускорения (100 кВ) пучка ионов, элементов вакуумной системы. Изготовлены и налажены макеты блока контроля подачи цезия, блока контроля температуры корпуса и генератора вытягивающего напряжения (25 кВ).

В 2016 году завершено выполнение НИР по договору с ЦЕРН, Швейцария по теме «Разработка, изготовление, лабораторные испытания, поставка и наладка измерителя продольного распределения заряда в сгустках для канала транспортировки из ускорителя Linac-4 в бустер». Измеритель был установлен на выходе ускорителя Linac-4. Выполнена его наладка и для подтверждения работоспособности проведены демонстрационные измерения

Продолжено выполнение НИР по контракту с комплексом FRIB Мичиганского университета, США по теме «Разработка, изготовление, поставка и наладка Измерителя Формы Сгустков для Комплекса пучков редких изотопов (FRIB) MSU». Завершено изготовление основных узлов. Начата сборка и подготовка к лабораторным испытаниям.

Завершено выполнение НИР по контракту с лабораторией GSI, Германия по теме «Разработка, изготовление, испытания, поставка и наладка Измерителя формы сгустков (BSM) с тремя сменяемыми ВЧ дефлекторами и тремя сменяемыми электронными ВЧ трактами для линейных ускорителей GSI и проекта FAIR (линейный ускоритель протонов, ускоритель UNILAC и линейный ускоритель непрерывного действия)». Изготовленное оборудование отправлено в GSI. Проведены как лабораторные испытания, так и испытания на пучке Аргон+9 при импульсном токе от 25 до 40 мкА. В процессе испытаний было обнаружено влияние механических вибраций от механических вакуумных насосов. С целью устранения проблемы была выполнена доработка высокочастотного дефлектора.

Начата НИР по контракту с ESS (Швеция) по теме «Разработка, изготовление, поставка и наладка Измерителей Формы Сгустков (BSM) для линейного ускорителя Европейского нейтронного источника ESS». Выполнены эскизный и технический проекты.

В рамках участия в проекте PITZ, ДЕЗИ, Цойтен продолжено выполнение работы по теме «Исследование, разработка и запуск электродинамических систем стенда фотоинжектора для исследования формирования сгустков электронов сверхвысокой яркости». В 2016 году выполнены доработки подсистем отклоняющей структуры с целью повышения стабильности работы и повышения отклоняющего напряжения, завершена корректировка физического проекта усовершенствованного резонатора фотоинжектора для международного проекта European XFEL. В сочетании физических и

конструкционных решений предложение превосходит по всем параметрам существующие аналоги.

В рамках участия в разработке и изготовлении систем диагностики пучка для Европейского лазера на свободных электронах XFEL запущена в эксплуатацию система TDS Injector, на участке энергии пучка 120 MeV. Проведенные с использованием этой системы измерения характеристик сгустков показали рекордно малый эмиттанс сгустков, менее ожидаемого расчетного.

В рамках темы «Разработка конструкции и ВЧ настройка резонатора дефлектора с минимизированным уровнем аббераций», начата разработка конструкторской документации для изготовления уникального отклоняющего резонатора с пониженным на два порядка уровнем аббераций в распределении отклоняющего поля для эксперимента REGAE, ДЕЗИ, Гамбург.

В рамках сотрудничества с FTSC (Англия) по разработке элементов линейного ускорителя для проекта CLARA проводились исследования факторов, определяющих стабильность распределения поля в резонаторе с целью обеспечения уникально малого отклонения фазы поля, не более 0.01 градуса, в многосгустковом режиме работы резонатора.

По договору с ФГУП НПП ТОРИЙ выполнялись работы по испытаниям клистронов КИУ-40М.

4. Публикации, индексируемые в WoS

1. H. Huck, L. Kravchuk, I. Rybakov et. al, «First results of commissioning of the PITZ transverse deflecting structure», Proc. FEL 2015, p. 110, 2015 (Труды, индексируемой в базе Scopus, Международной конференции по лазерам на свободных электронах, FEL 2015 Daejeon, Korea, август 2015).
2. J. A. Clarke, ..V.V. Paramonov, A. K. Skasyrskaya et. al., «The status of CLARA, a new FEL test Facility», Proc. Proc. FEL 2015, p. 49, 2015 (Труды, индексируемой в базе Scopus Международной конференции по лазерам на свободных электронах, FEL 2015 Daejeon, Korea, август 2015).
3. A. S. Belov, «Design of Transversal Phase Space Meter for Atomic Hydrogen Beam Source», (International Journal of Modern Physics: Conference Series, Volume 40 (2016), DOI: 10.1142/S2010194516601010, 1660101.)
4. V. V. Fimushkin, A. D. Kovalenko, L. V. Kutuzova, Yu. V. Prokofichev, A. S. Belov, A. V. Turbabin, V. N. Zubets, «Status of the SPI for the JINR Accelerator Complex», (International Journal of Modern Physics: Conference Series, Volume 40 (2016), DOI: 10.1142/S2010194516601034, 1660103).
5. B.L. Militsyn, D. Angal-Kalinin, V.V. Paramonov et al., «STATUS OF THE INJECTION SYSTEM FOR THE CLARA FEL TEST FACILITY», (28-я Международная конференция по линейным ускорителям, Linac 2016, East Lansing, USA, сентябрь 2016, индексируемая в базе Scopus).

6. H. Huck, P. Boonpornprasert, V. Paramonov et al. «Progress on the PITZ TDS». (Международная конференция Beam Instrumentation Conference по диагностике в ускорителях, IBIS 2016, Barcelona, Spain, сентябрь 2016).
7. E.Volobuev, A.Zavadtsev, D.Zavadtsev, L.Kravchuk, V.Paramonov, N.Sobenin, D.Churanov. «Deflector XFEL». (В электронном журнале, индексируемом в базе Scopus Journal of Physics: Conference Series 747 (2016) 012073, IOP Publishing)
8. E.Volobuev, A.Zavadtsev, D.Zavadtsev, L.Kravchuk, V.Paramonov, M.Lalayan, A.Smirnov, N.Sobenin, D.Churanov. «Transverse deflecting structure XFEL TDS INJ». (В электронном журнале, индексируемом в базе Scopus Journal of Physics: Conference Series 747 (2016) 012073, IOP Publishing)
9. CAST Collaboration: Dafni T., Arik M., Belov A., Betz M. et al., “An update on the Axion Helioscopes front: Current activities at CAST and the IAXO project”. Nuclear and Particle Physics Proceedings, Vol. 273-275, 2016, p. 244-249.
10. Ilija N. Draganic, Dolores Baros, Cliff Fortgang, Robert Garnett, Rodney C. McCrady, James Francis O'Hara, Lawrence Rybarcyk, Charles Edward Taylor, Heath Andrew Watkins, Alexander Feschenko, Viktor Gaidash, Yury Kiselev. “Bunch Shape Monitor Measurements at the LANSCE Linac”, NAPAC-2016, October 9 - 14, 2016 Chicago, IL U.S.A.

5 Разработка и создание измерителей формы сгустков для линейного ускорителя Linac-4
ЦЕРН и исследование продольного движения в ускорителе.

Список исполнителей:

1.	Венгер Ирина Романовна	ст.инженер
2.	Гаврилов Сергей Александрович	зав.лабораторией, к/н
3.	Гайдаш Виктор Александрович	вед.инженер-электроник
4.	Готовцев Юрий Николаевич	ведущий инженер по ЭУ
5.	Зиновьев Геннадий Павлович	зам.зав.отделом
6.	Калинин Юрий Жоржевич	зав.лабораторией, к/н
7.	Калихов Борис Владимирович	вед.инженер по ЭУ
8.	Киселев Юрий Васильевич	зав.лабораторией, к/н
9.	Набока Александр Николаевич	нач-к установок
10.	Фещенко Александр Владимирович	зам. директора

5 Содержание работ

Измерители формы сгустков, создаваемые в ИЯИ РАН, позволяют наблюдать форму сгустков в линейных ускорителях ионов с временным разрешением около 10 пикосекунд, а также ее эволюцию в течение импульса тока пучка. Работы по разработке и созданию измерителей формы сгустков для ускорителя Linac-4 были начаты в 2009 году. Ранее в период 2009-2013 годов был разработан, изготовлен, поставлен и испытан на пучке первый детектор данного типа непосредственно для ускорителя. После его успешных испытаний в 2013 году было принято решение о создании второго детектора с увеличенной апертурой для канала транспортировки из ускорителя Linac-4 в бустер. Работа была начата в конце 2013 года, и летом 2015 года измеритель был поставлен в ЦЕРН. Осенью 2015 года сотрудниками ИЯИ РАН были выполнены сборка, наладка и лабораторные испытания второго измерителя, включая как механику, так и электронику.

Поставленный и испытанный ранее первый измеритель использовался в канале транспортировки из RFQ в DTL при энергии 3 МэВ, после третьего резонатора с трубками дрейфа при энергии 50 МэВ, после ускоряющей структуры CCDDL при энергии 102 МэВ и летом 2016 года был установлен стационарно непосредственно на выходе Linac-4 после структуры PIMS при энергии 160 МэВ. В конце ноября – начале декабря 2016 года сотрудниками ИЯИ РАН проводились измерения с помощью первого измерителя, однако было обнаружено, что вышел из строя вторичный электронный умножитель, что не позволяло проводить измерения с достаточной точностью по амплитуде. При этом проектная точность по фазе обеспечивалась, что позволило понять поведение пучка, а также во многом объяснить результаты, получаемые и на втором измерителе. Длительность импульса тока пучка на первом измерителе составляла 100 мкс.

Поскольку постоянное место установки второго измерителя в канале транспортировки из ускорителя в бустер в настоящее время еще не готово, то в летом 2016 года с целью обеспечения возможности его испытаний он был установлен в этом же канале временно. Временное место расположения выбрано непосредственно перед экспериментом по обдирке пучка отрицательных ионов водорода в протоны (Half Sector Test), что накладывало ограничения на длительность импульса тока пучка не более 10 мкс. Хотя импульсный ток пучка не превышал 10 мА было обнаружено очень высокое влияние нагрузки током пучка в ускорителе. Переходный процесс при включении пучка длится около 50 мкс, а измерения вторым измерителем проводятся лишь в его начале. Данные результаты хорошо согласуются с результатами измерений фазового положения сгустков и используются для наладки систем стабилизации амплитуд и фаз ускоряющих полей.

6 Развитие ядерных технологий на протонных пучках Московской мезонной фабрики.

Список исполнителей

1.	Артюшин Александр Петрович	гл.инж.устан.ЭК
2.	Белов Александр Степанович	зав.лабораторией, к/н
3.	Брагин Сергей Евгеньевич	научный сотрудник
4.	Брусова Наталья Ивановна	вед.инженер-констр.
5.	Быков Сергей Сергеевич	лаборант
6.	Варламов Геннадий Владимирович	вед.инженер-электроник
7.	Васина Нина Гавриловна	техник
8.	Венгер Ирина Романовна	ст.инженер
9.	Ветохов Вячеслав Михайлович	начальник установки
10.	Володкевич Ольга Михайловна	научный сотрудник
11.	Гаврилов Сергей Александрович	зав.лабораторией, к/н
12.	Гаврилова Наталья Николаевна	вед.инженер
13.	Гаврилук Юрий Яковлевич	старший инженер
14.	Гайдаш Виктор Александрович	вед.инженер-электроник
15.	Голубовский Станислав Евгеньевич	ст.инженер по ЭУ
16.	Горбатов Сергей Викторович	газоэлектросварщик
17.	Горбатова Раиса Евгеньевна	старший лаборант
18.	Горбунов Владимир Кузьмич	нач-к установок
19.	Готовцев Юрий Николаевич	ведущий инженер по ЭУ
20.	Грехов Олег Викторович	нач-к службы
21.	Грехова Елена Дмитриевна	вед.инженер по ЭУ
22.	Гречко Владимир Васильевич	зам.гл.инж.ОУК
23.	Долгов Евгений Викторович	вед.инженер по ЭУ
24.	Жвакин Игорь Михайлович	ст.инженер по ЭУ
25.	Железов Игорь Николаевич	вед.инж.констр.
26.	Зиновьев Геннадий Павлович	зам.зав.отделом
27.	Зубец Валерий Николаевич	научный сотрудник
28.	Калинин Юрий Жоржевич	зав.лабораторией, к/н
29.	Калинина Татьяна Васильевна	техник по ЭУ
30.	Калихов Борис Владимирович	вед.инженер по ЭУ
31.	Калихов Владимир Борисович	нач-к службы
32.	Кваша Адольф Иванович	зав.сектором, к/н
33.	Киселев Юрий Васильевич	зав.лабораторией, к/н
34.	Кленов Виктор Сергеевич	научный сотрудник
35.	Кобзев Леонид Николаевич	ст.инженер по ЭУ
36.	Колпак Николай Игнатьевич	электромонтажник бр.
37.	Колыхалов Николай Александрович	вед.инженер по ЭУ
38.	Копин Владимир Сергеевич	вед.инженер по ЭУ
39.	Краюшкин Дмитрий Игоревич	ст.инженер по ЭУ
40.	Кузьмин Олег Спартакович	вед.инженер по ЭУ
41.	Кутузов Валерий Александрович	зав.сектором
42.	Лебедева Наталья Федоровна	вед.инженер-электроник
43.	Леонтьев Владимир Николаевич	заведующий сектором
44.	Лопатников Юрий Михайлович	вед.инженер
45.	Лопатовский Георгий Юрьевич	ведущий инженер
46.	Лоскутов Владимир Евгеньевич	нач-к установок
47.	Мартынов Александр Евгеньевич	вакуумщик-испытат.

48.	Мельников Виктор Михайлович	ст.инженер по ЭУ
49.	Микляев Дмитрий Викторович	слесарь КИПиА 4р.
50.	Мосунов Владимир Георгиевич	вед.инженер по ЭУ
51.	Набока Александр Николаевич	нач-к установок
52.	Назаренко Валерия Витальевна	вед.инженер-констр.
53.	Нечаева Лидия Поликарповна	ст.н.с., к/н
54.	Никулин Евгений Семенович	научный сотрудник
55.	Парамонов Валентин Витальевич	вед.н.с.,д/н
56.	Петров Андрей Юльевич	ст.мех.сб.работ 4 р.
57.	Петров Геннадий Валентинович	ведущий инженер по ЭУ
58.	Прус Александр Михайлович	вед.инженер по ЭУ
59.	Редькин Юрий Николаевич	вед.инженер по ЭУ
60.	Рейнгардт-Никулин Петр Игоревич	научный сотрудник
61.	Рыбаков Иван Викторович	инженер
62.	Свириденко Михаил Павлович	ст.инженер по ЭУ
63.	Семина Татьяна Васильевна	старший лаборант
64.	Серов Валерий Львович	главный инж.ОУК
65.	Сильниченко Владимир Николаевич	вед.инженер по ЭУ
66.	Столяров Алексей Стефанович	слесарь
67.	Стрижов Анатолий Константинович	начальник установок
68.	Тараничева Наталья Михайловна	старший лаборант
69.	Толкачева Нина Сергеевна	техник
70.	Торопова Лариса Александровна	инж.электр.
71.	Турбабин Александр Васильевич	вед.инженер по ЭУ
72.	Фещенко Александр Владимирович	зам. директора
73.	Филимонов Геннадий Александрович	ведущий инженер по ЭУ
74.	Фролов Олег Тимофеевич	научный сотрудник
75.	Ханжина Татьяна Николаевна	ст.инж.-констр.
76.	Чернов Юрий Викторович	вед.инженер по ЭУ
77.	Шаталов Владимир Александрович	вед.инженер-электроник
78.	Ярилин Александр Алексеевич	начальник участка

6 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В 2016 году на сильноточном линейном ускорителе ИЯИ РАН проведено шесть сеансов, направленных на разработку технологии получения радиоизотопов и наработку радиоизотопов, а также на отработку методик формирования пучка и объемной дозы на водном фантоме комплекса протонной терапии. Нарботка ускорителя по программе получения радиоизотопов составила свыше 85000 мкА·часов при среднем токе пучка до 130 мкА и энергии 143 МэВ.

Начаты работы по созданию облучательного канала на выходе ускорителя на пучках с энергией в диапазоне 100÷2019 МэВ с интенсивностью до 1 мкА.

7 Разработка методики и исследование транспортировки сильнооточных пучков протонов и отрицательных ионов водорода в экспериментальном комплексе ИЯИ РАН.

Список исполнителей

1.	Артюшин Александр Петрович	гл.инж.устан.ЭК
2.	Брагин Сергей Евгеньевич	научный сотрудник
3.	Володкевич Ольга Михайловна	научный сотрудник
4.	Гаврилов Сергей Александрович	зав.лабораторией, к/н
5.	Гаврилова Наталья Николаевна	вед.инженер
6.	Гайдаш Виктор Александрович	вед.инженер-электроник
7.	Горбунов Владимир Кузьмич	нач-к установок
8.	Готовцев Юрий Николаевич	ведущий инженер по ЭУ
9.	Грехов Олег Викторович	нач-к службы
10.	Грехова Елена Дмитриевна	вед.инженер по ЭУ
11.	Гречко Владимир Васильевич	зам.гл.инж.ОУК
12.	Жвакин Игорь Михайлович	ст.инженер по ЭУ
13.	Железов Игорь Николаевич	вед.инж.констр.
14.	Калинин Юрий Жоржевич	зав.лабораторией, к/н
15.	Киселев Юрий Васильевич	зав.лабораторией, к/н
16.	Колпак Николай Игнатьевич	электромонтажник бр.
17.	Краюшкин Дмитрий Игоревич	ст.инженер по ЭУ
18.	Кутузов Валерий Александрович	зав.сектором
19.	Лопатовский Георгий Юрьевич	ведущий инженер
20.	Лоскутов Владимир Евгеньевич	нач-к установок
21.	Мартынов Александр Евгеньевич	вакуумщик-испытат.
22.	Микляев Дмитрий Викторович	слесарь КИПиА 4р.
23.	Набока Александр Николаевич	нач-к установок
24.	Петров Андрей Юльевич	ст.мех.сб.работ 4 р.
25.	Прус Александр Михайловч	вед.инженер по ЭУ
26.	Редькин Юрий Николаевич	вед.инженер по ЭУ
27.	Рейнгардт-Никулин Петр Игоревич	научный сотрудник
28.	Свириденко Михаил Павлович	ст.инженер по ЭУ
29.	Серов Валерий Львович	главный инж.ОУК
30.	Сильниченко Владимир Николаевич	вед.инженер по ЭУ
31.	Стрижов Анатолий Константинович	начальник установок
32.	Фещенко Александр Владимирович	зам. директора
33.	Ханжина Татьяна Николаевна	ст.инж.-констр.

7 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В 2016 году проведено два сеанса работы ускорителя на экспериментальный комплекс. Работы на установки РАДЭКС и импульсный нейтронный источник ИН-06 проводились с энергией 209 МэВ, на комплекс протонной терапии с энергиями 209, 158 и 127 МэВ. Длительность импульса изменялась в диапазоне от 1 до 120 мкс, частота следования от 1 до 50 Гц, интенсивность пучка от десятков наноампер при работе на комплекс протонной терапии до 50÷60 микроампер при работе на нейтронный источник. Суммарная наработка с интенсивным пучком составила свыше 3200 мкА·часов при работе

на нейтронный источник и 640 мкА·часов при работе на РАДЭКС. При подготовке к сеансам проводилось численное моделирование ионной оптики и поиск оптимальных значений токов в квадрупольных линзах и поворотных магнитах. Во время сеанса приводился поиск режимов, обеспечивающих минимальные потери пучка, которые измерялись с помощью нейтронных детекторов и ионизационных камер. По результатам проведенных экспериментов было принято решение об увеличении количества корректирующих магнитов.

8 Разработка ускорительного проекта НИКА и подготовка экспериментов.

Список исполнителей:

1.	Белов Александр Степанович	зав.лабораторией, к/н
2.	Гаврилюк Юрий Яковлевич	старший инженер
3.	Гайдаш Виктор Александрович	вед.инженер-электроник
4.	Калинин Юрий Жоржевич	зав.лабораторией, к/н
5.	Турбабин Александр Васильевич	вед.инженер по ЭУ

8 Содержание работ

В 2016 году были продолжены работы по созданию источника поляризованных ионов высокой интенсивности для ускорительного комплекса НУКЛОТРОН – НИКА в Лаборатории физики высоких энергий ОИЯИ. В ИЯИ РАН для этого источника ранее была разработана и изготовлена аппаратура для получения импульсного пучка поляризованного атомарного дейтерия, высокостабильный генератор высоковольтных импульсов амплитудой 25 кВ для вытягивания, ускорения и формирования пучка поляризованных дейтронов, система управления блоками питания источника плазмы под потенциалом 25 кВ, а также времяпролетный масс-спектрометр для измерения параметров атомарного пучка. С участием сотрудников ЛИИИ ОУК выполнены стендовые исследования источника поляризованных дейтронов, его монтаж и запуск на линейном ускорителе ЛФВЭ ОИЯИ. В том числе выполнены измерения плотности молекул дейтерия в накопительной ячейке с целью определения количества атомов дейтерия, инжектированных в накопительную ячейку за один импульс аппаратуры атомарного поляризованного дейтериевого пучка. Было проведено исследование влияния параметров накопительной ячейки и распределения магнитного поля в области ячейки на эффективность сбора и вывода поляризованных дейтронов из области ионизации источника поляризованных ионов. Выполнена настройка трех блоков ВЧ переходов в их рабочем положении в источнике поляризованных ионов с использованием поляриметра Брейта – Раби. Определены параметры блоков ВЧ переходов, при которых эффективность переходов имеет максимальное значение.

В результате данных исследований из источника на выходе анализирующего магнита был получен пучок поляризованных ионов дейтерия с импульсным током 2 мА, длительностью импульса до 200 мкс, частоте повторения импульсов до 1 Гц и энергии ионов 25 кэВ при импульсном токе неполяризованных ионов 30-50 мА, что соответствует техническому заданию договора о сотрудничестве с ОИЯИ.

В 2016 созданный источник поляризованных ионов успешно использовался в ускорительных сеансах НУКЛОТРОНа.

8. Публикации, индексируемые в WoS

1. A. S. Belov, «Design of Transversal Phase Space Meter for Atomic Hydrogen Beam Source», (International Journal of Modern Physics: Conference Series, Volume 40 (2016), DOI: 10.1142/S2010194516601010, 1660101.)
2. V. V. Fimushkin, A. D. Kovalenko, L. V. Kutuzova, Yu. V. Prokofichev, A. S. Belov, A. V. Turbabin, V. N. Zubets, «Status of the SPI for the JINR Accelerator Complex», (International Journal of Modern Physics: Conference Series, Volume 40 (2016), DOI: 10.1142/S2010194516601034, 1660103).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В отчёте представлены результаты фундаментальных и прикладных работ, проведённых по государственному заданию в соответствии с планом научных исследований ИЯИ РАН на 2016 год.

В 2016 году на сильноточном линейном ускорителе ИЯИ РАН проведено шесть сеансов, направленных на разработку технологии получения радиоизотопов и наработку радиоизотопов, на исследования и модернизацию ускорительного комплекса, а также на физическую программу Института. Общая продолжительность сеансов в 2016 году составила более 2050 часов. Нарботка ускорителя по программе получения радиоизотопов составила свыше 85000 мкА·часов при среднем токе пучка до 130 мкА и энергии 143 МэВ. Работы на установки РАДЭКС и импульсный нейтронный источник ИН-06 проводились с энергией 209 МэВ, на комплекс протонной терапии с энергиями 209, 158 и 127 МэВ. Длительность импульса изменялась в диапазоне от 1 до 120 мкс, частота следования от 1 до 50 Гц, интенсивность пучка от десятков наноампер при работе на комплекс протонной терапии до 50÷60 микроампер при работе на нейтронный источник. Суммарная наработка с интенсивным пучком составила свыше 3200 мкА·часов при работе на нейтронный источник и 640 мкА·часов при работе на РАДЭКС.

Успешная работа в 2016 году стала возможной благодаря постоянно проводимым работам по техническому обслуживанию и модернизации ускорителя и экспериментального комплекса, включая практически все их системы.

В процессе сооружения, запуска, эксплуатации и модернизации ускорителя был достигнут уникальный уровень понимания процессов в ускорителе и накоплен огромный опыт решения практических задач. Это обеспечило международное признание авторитета сотрудников Института и широкое применение их разработок не только в ИЯИ РАН, но и в ведущих ядерно-физических ускорительных научных центрах России и всего мира. В 2016 году проводились совместные работы, а также работы по договорам со следующими организациями: ОИЯИ, ИФВЭ, ФГУП НПП ТОРИЙ, ЦЕРН, DESY (Германия), GSI (Германия), FRIB (Мичиганский университет, США), ESS (Швеция), FTSC (Англия).

Полученные результаты находятся на уровне лучших мировых или превышают их и представляют собой существенное продвижение в фундаментальных и прикладных исследованиях.