Электрофизика в НТЦФ

В. Д. СЕЛЕМИР, А. Е. ДУБИНОВ

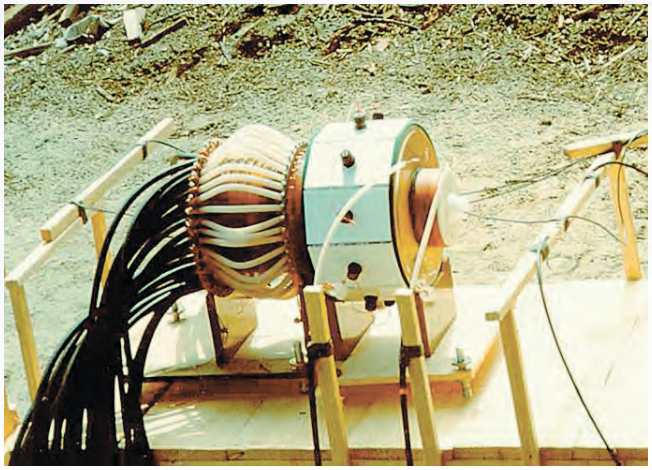
Научно-технический центр физики высоких плотностей энергии и направленных потоков излучения (НТЦФ) в составе РФЯЦ-ВНИИЭФ является одним из крупнейших научным институтом России по мощной импульсной электрофизике. В нем работает около 400 сотрудников, среди которых 7 докторов наук и 17 кандидатов наук.

Практически все электрофизические направления, развиваемые здесь связанны с оборонными и народнохозяйственными задачами. По многим направлениям НТЦФ является мировым лидером.

Одним из важнейших направлений НТЦФ является магнитная кумуляция энергии — преобразование энергии химических взрывчатых веществ (ВВ) в электрическую энергию для генерации сверхсильных магнитных полей и импульсных сверхсильных токов. Идея магнитной кумуляции заключается в том, чтобы с помощью взрыва быстро сжать контур с током, в результате чего ток в контуре и магнитное поле внутри него сильно возрастают.

Если контур представляет собой, например, цилиндрический соленоид, то его быстрое сжатие приведет к усилению магнитного поля по оси соленоида. В НТЦФ разработан и успешно применяется единственный в мире генератор сверхсильного магнитного поля МК-1 с взрывным обжатием цилиндрического соленоида, на котором достигаются рекордные магнитные поля величиной 10 миллионов гаусс и более (для сравнения, магнитное поле Земли на ее магнитном полюсе около 1 гаусса). С помощью этого генератора был проведен большой объем термодинамических, электромагнитных и оптических исследований различных веществ и обнаружены новые физи-

Главное здание НТЦФ



Генератор сверхсильного магнитного поля МК-1

ческие явления, хотя сильное поле существует в течение всего около 1 микросекунды.

Если изменить геометрию сжимаемого контура, включив в него нагрузку, то можно получить взрывомагнитный генератор сверхсильных токов (ВМГ). В таких генераторах можно формировать импульсы тока амплитудой 100 миллионов ампер и более (для сравнения ток сварочной дуги всего 200 ампер). Применяются такие генераторы в физических экспериментах для питания различных нагрузок: сильноточных ускорителей заряженных частиц, лазеров, СВЧ-генераторов, источников высокотемпературной плазмы, а также для моделирования удара молнии.

Специалистами НТЦФ создается не имеющий мировых аналогов комплекс «Эмир» на основе мощных ВМГ для получения плотной высокотемпературной металлической плазмы, рентгеновским излучением которой предполагают сжимать термоядерные мишени. К настоящему времени уже достигнут уровень энергии рентгеновского излучения величиной 1 миллион джоулей.

Еще одно направление исследований — сильноточные импульсные ускорители электронов. Предложены и разработаны не имеющие мировых аналогов сильноточные безжелезные циклические ускорители электронов — бетатроны. На бетатронах последнего поколения удается ускорить электроны до энергии 80 МэВ при электронном токе до 200 А. Используются такие ускорители для генерации очень коротких импульсов γ-квантов для визуализации внутренней структуры быстропротекающих процессов. В последние годы в РФЯЦ-ВНИИЭФ запущен в эксплуатацию газодинамический исследовательский комплекс на основе трех таких бетатронов.

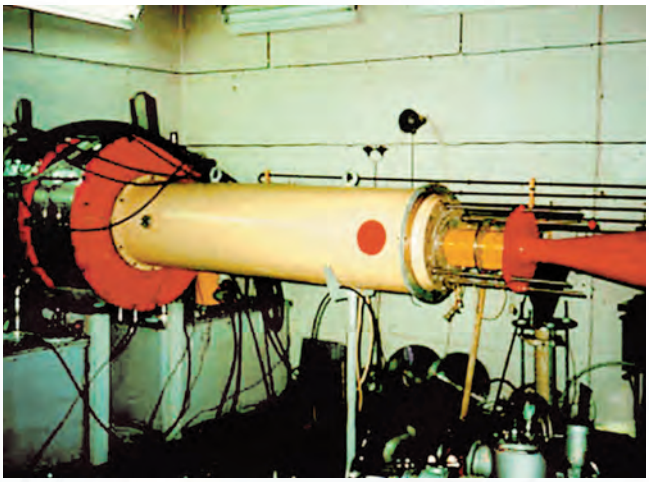
Прототип модуля установки «ЭМИР» перед испытанием

Каскадный генератор сверхсильных токов, состоящий из трех последовательно работающих ВМГ, начиная с наименьшего

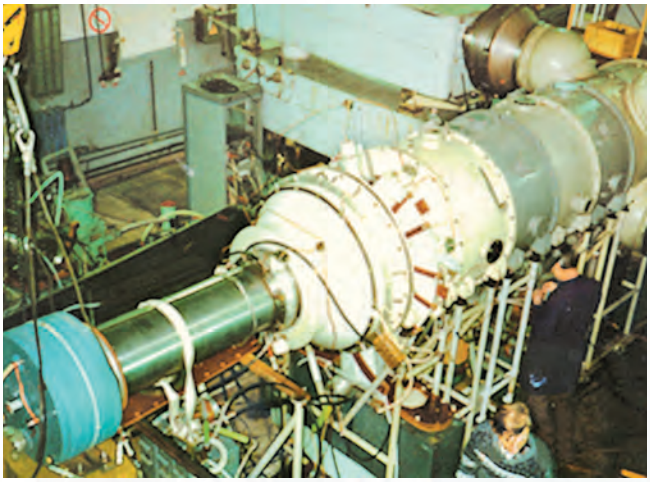
Исследовательский комплекс на основе трех бетатронов

Сильноточные ускорители электронов применяются также для генерации импульсов СВЧ-излучения. Для исследований в этой области в НТЦФ создан самый большой в мире парк сверхмощных СВЧ-генераторов. В частности, на генераторе типа лампы бегущей волны на установке И-3000-СВЧ был достигнут рекордный вывод излучения в атмосферу мощностью 3 миллиарда ватт! А на виркаторе с плазменным анодом установки «Ковчег» была достигнута рекордная по длительности СВЧ-генерация среди всех классов СВЧ-генераторов, использующих взрывную эмиссию электронов, — 3 микросекунды.

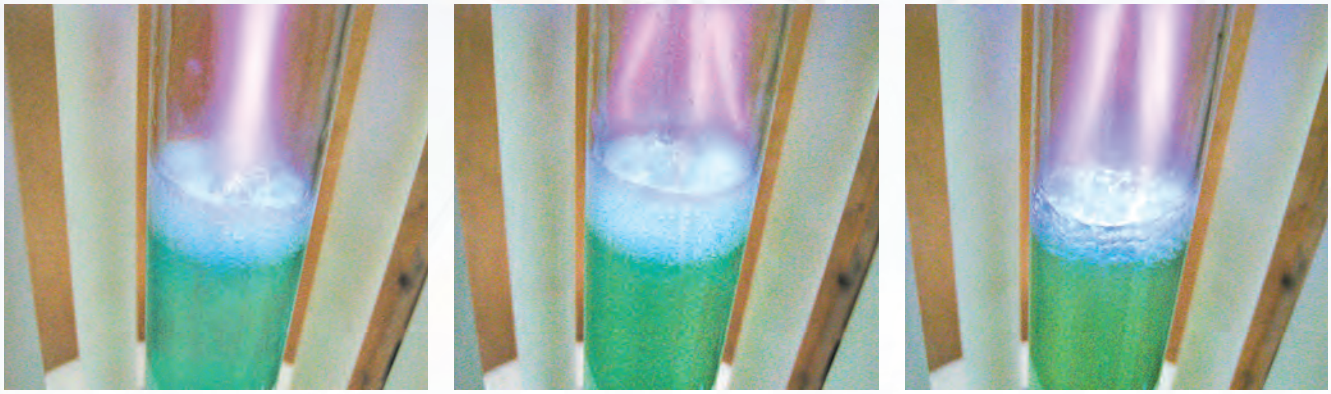
Создание установок с рекордными электромагнитными параметрами должно опираться на результаты тонких физических исследований. Заметим, что вещество в интенсивных полях очень часто переходит в плазменное состояние. В НТЦФ накоплен большой опыт изучения плазмы газовых разрядов различного типа.



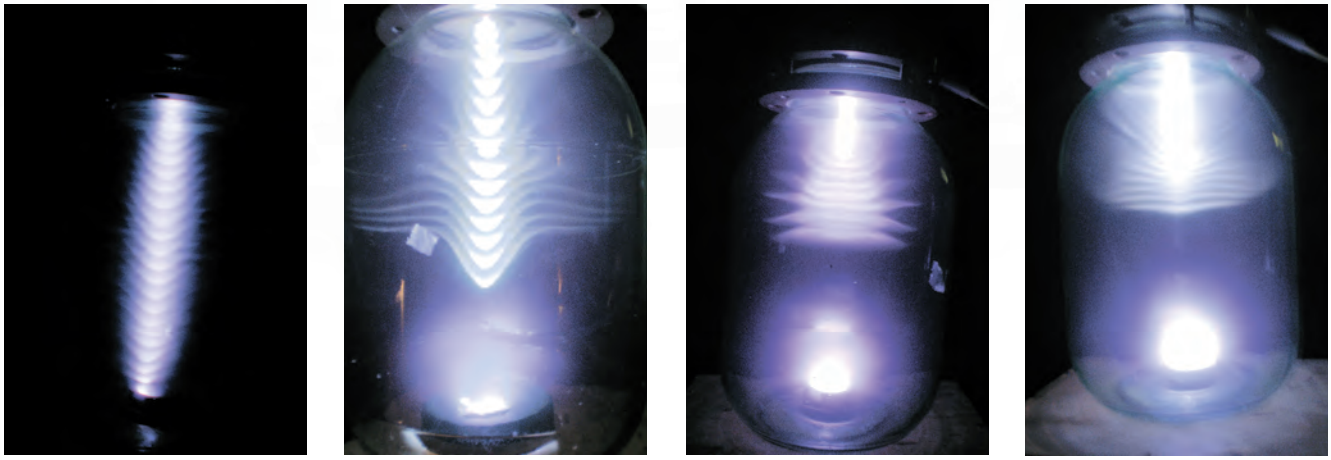
Лампа бегущей волны установки И-3000-СВЧ



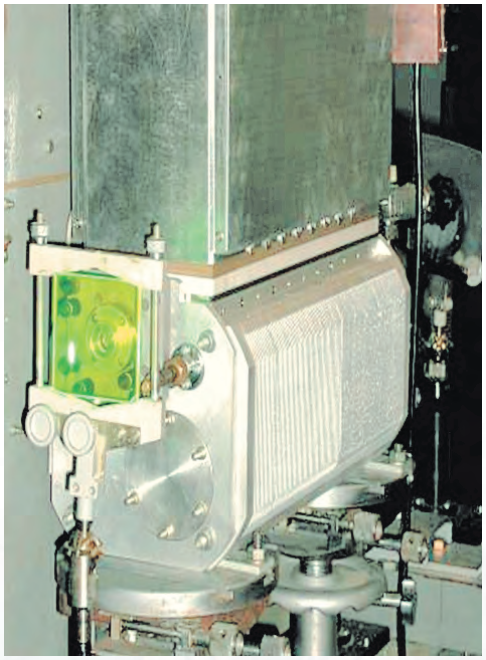
Виркатор с плазменным анодом установки «Ковчег»



Разряды с электролитическим пенным катодом



Различные по форме волновые картины ионизационных волн



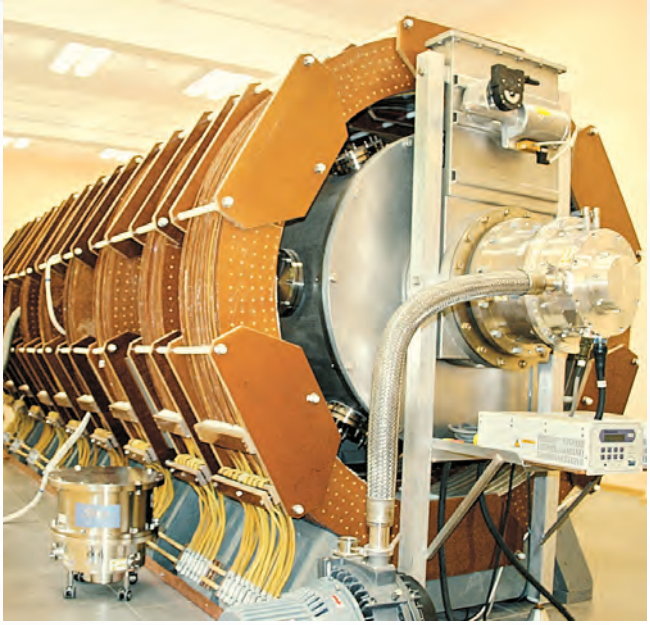
Газоразрядный ультрафиолетовый лазер

Газоразрядный медицинский озонатор

Эксперименты по измерению земного электричества

Высокая культура исследований, научные традиции и опыт, передаваемые старшим поколением ученых молодым, позволяют применять полученные результаты при разработке новой электрофизической аппаратуры.

Фундаментальные исследования плазмы — одно из важных и интересных направлений деятельности НТЦФ. Но плазма — это не только интересно, но и красиво. На рисунках показаны



Стенд для моделирования ионосферной плазмы

примеры изображений плазмы, полученные в исследованиях.

Среди приборов, созданных в НТЦФ, действие которых основано на использовании уникальных свойств плазмы газового разряда, назовем газоразрядные лазеры ультрафиолетового, инфракрасного и видимого диапазонов спектра, некогерентные излучатели света и звука большой мощности, ВЧ-генераторы, коммутаторы, медицинские приборы и др.

Еще одно важное направление в научной деятельности НТЦФ — исследование плазменных и электромагнитных процессов природного, земного или космического происхождения. Для этого создан специальный стенд для моделирования ионосферной плазмы и проводятся измерения атмосферного электричества в полевых условиях.

Таким образом, научно-технический потенциал НЦТФ, основу которого составляют высококлассные специалисты, уникальные установки и методики, позволяют центру занимать ведущую позицию среди институтов электрофизического профиля.

СЕЛЕМИР Виктор Дмитриевич —
директор НТЦФ РФЯЦ-ВНИИЭФ,
доктор физ.-мат. наук, лауреат премии
Правительства РФ

ДУБИНОВ Александр Евгеньевич —
заместитель директора НТЦФ РФЯЦ-ВНИИЭФ,
доктор физ.-мат. наук