

ний рабочих пучков. Устройство состоит из источника излучения, приводов блоков диафрагмы радиационной головки источника, привода перемещения источника по оси ротации и конвергенции, и дополнительно установленных устройства управления, состоящего их программатора 3-мерных координат, расшифровывающей системы, а также приводов эксцентричности по осям ротации и конвергенции.

### Ускорители электронов типа ИЛУ с энергией боле 4 МэВ и мощностью более 50 кВт

В.Л. Ауслендер, А.А. Брызгин, Л.А. Воронин, Г.А. Васильев, В.А. Горбунов,  
М.В. Коробейников, С.А. Максимов, В.Е. Нехаев, А.Д. Панфилов, В.О. Ткаченко,  
А.А. Тувик, Б.Л. Факторович

*Институт ядерной физики им. Г.И.Будкера СО РАН, Новосибирск, Россия*

Начиная с 1970 года, в Институте ядерной физики СО РАН разрабатываются и поставляются в промышленность импульсные линейные высокочастотные ускорители ИЛУ-6 с диапазоном энергии 1,2–2,5 МэВ и ИЛУ-8 с диапазоном энергии 0,8–1,5 МэВ, предназначенные для широкого применения в различных технологических процессах и рассчитанные на длительную непрерывную и круглосуточную работу в промышленных условиях. В отличие от широко распространенных высоковольтных ускорителей, генерирующих непрерывный пучок, импульсный характер пучка позволяет легко адаптировать ускорители ИЛУ к технологическим процессам, требующим создания нескольких зон облучения. Например, при облучении полимерной изоляции кабелей и термоусаживаемых трубок применение четырехстороннего облучения позволяет без повышения энергии электронов резко повысить производительность процесса, улучшить качество продукции и расширить номенклатуру обрабатываемых изделий.

Модель ИЛУ-10 с энергией до 5 МэВ и мощностью до 60 кВт является новой разработкой и предназначена в основном для процессов, требующих повышенной энергии электронов. Габариты этого ускорителя не намного превышают габариты ИЛУ-6. Для осуществления процессов, требующих повышенной мощности, на ускорителе устанавливаются два ВЧ-генератора. Опыт разработки и эксплуатации импульсных высокочастотных ускорителей типа ИЛУ (ИЛУ-6, ИЛУ-8, ИЛУ-10) показал, что однорезонаторные ускорители с одним ускоряющим зазором могут быть эффективно использованы для ускорения электронов в диапазоне энергий  $0,5 \div 5,0$  МэВ при мощности электронного пучка  $20 \div 50$  кВт. Дальнейшее повышение энергии электронного пучка требует перехода на использование многозазорных ускоряющих структур, например цепочек связанных резонаторов. Мы разработали двухрезонаторный ускоритель ИЛУ-11 на энергию электронов  $4 \div 5$  МэВ с сохранением относительной простоты изготовления и наладки. Максимальная энергия ускорителя ИЛУ-11 — 5 МэВ, максимальная средняя мощность пучка электронов — 20 кВт (с 1 ВЧ-генератором) и 50 кВт (с 2 ВЧ-генераторами).

При последовательном соединении двух аналогичных ускорительных секций посредством соответствующего устройства связи имеется возможность построения ускорителя электронов на энергию 8–10 МэВ.

## **Вращающаяся углеродная мишень для высокоинтенсивного источника нейтронов**

М.С. Авилов, А.В. Антошин, К.В. Губин, Н.Х. Кот, Н.Н. Лебедев, П.В. Логачев,  
П.В. Мартышкин, С.Н. Морозов, И.Л. Пивоваров, А.А. Старостенко, С.В. Шиянков  
*Институт ядерной физики им. Г.И.Будкера, Новосибирск, Россия*

Представлен проект высокоинтенсивного источника нейтронов со средней производительностью до  $10^{14}$  н/с. Источник представляет собой вращающуюся углеродную мишень, облучаемую пучком дейтронов с энергией 5–20 МэВ, средней мощностью до 100 кВт, плотностью мощности до 150 кВт/см<sup>2</sup>. Мишень охлаждается излучением. Проведенные испытания показали, что предложенные материалы способны работать при тепловых и механических режимах мишени долгое время (несколько тысяч часов) при радиусе первичного пучка 0.5–10 см. Проведено сравнение с литиевыми и бериллиевыми мишенями при тех же параметрах первичного пучка. Показаны преимущества использования углеродной мишени.

## **Система питания для малодозной рентгеновской установки**

Е.А. Бабичев, И.А. Гусев, А.В. Маглели, Е.М. Мандрик, А.С. Медведко, В.А. Неустров,  
А.Ю. Протопопов, В.В. Ращенко, Ш.Р. Сингатулин, Д.Н. Скоробогатов, Ю.Ф. Токарев  
*Институт ядерной физики им. Г.И.Будкера СО РАН, Новосибирск, Россия*

В Институте ядерной физики СО РАН разработана и в течение нескольких лет успешно выпускается Малодозная Цифровая Рентгеновская Установка (МЦРУ) для медицинского применения. В отличие от обычных рентгеновских аппаратов МЦРУ позволяет существенно снизить дозу облучения пациента. Поскольку МЦРУ работает в сканирующем режиме, то в ней предъявляются более жесткие требования к Рентгеновскому Питающему Устройству (РПУ). Предлагаемое питающее устройство обеспечивает напряжение на рентгеновской трубке до 125 кВ при его стабильности в пределах  $\pm 1\%$ . Максимальная мощность, развиваемая на трубке в пределах рабочего импульса, может достигать 16.5 кВт. Предлагаемое устройство обеспечивает вращение анода и питание накалов рентгеновского излучателя. Управление питающим устройством осуществляется с помощью встроенного контроллера от персонального компьютера.

## **Распределенная система радиационного контроля ускорительного комплекса ИФВЭ**

В.А. Ключников, С.И. Кушцов, В.Н. Пелешко  
*ГНЦ РФ Институт физики высоких энергий, Протвино, Россия*

Описана распределенная система радиационного контроля ускорительного комплекса ИФВЭ, состоящая из автономных модулей радиационного контроля на основе IBM PC со встроенными платами на 32 пересчетных канала и 8 входных/выходных регистров. Модуль оснащен сетевой картой (или модемом) для связи и передачи информации в центральную систему радиационного контроля ускорителя У-70, которая обрабатывает всю поступающую информацию о радиационной обстановке и при превышении контрольных уровней запрещает работу ускорителя.

✓  
**Основанный на ускорителе источник нейтронов  
для нейтрон-захватной терапии  
и терапии быстрыми нейтронами**

Ю.И. Бельченко, В.Н. Белов, М.В. Боховко, Т.А. Всеволожская, Г.И. Димов,  
В.Н. Кононов, Г.С. Крайнов, Н.К. Куксанов, В.Е. Пальчиков, Г.И. Сильвестров,  
А.Н. Скринский, Н.М. Соловьев, А.С. Сысоев, В.В. Широков, С.Ю. Таскаев

*Институт ядерной физики им. Г.И.Будкера, Новосибирск, Россия*

*Физико-энергетический институт, Обнинск, Россия*

*Медицинский радиологический центр РАМН, Обнинск, Россия*

*Институт технической физики, Снежинск, Россия*

Обсуждается проект источника нейтронов для бор-нейтрон захватной терапии (BNCT), основанный на использовании разрабатываемого в ИЯФ оригинального ускорителя — тандема на энергию протонов до 2.5 МэВ и ток до 40 мА. Генерацию нейтронов предполагается осуществлять с использованием реакции  ${}^7\text{Li}(p, n){}^7\text{Be}$  в мишени, охлаждаемой жидким металлом. При этом предполагаются два режима работы комплекса. В первом при энергии протонов 1.9 МэВ, близкой к порогу реакции, обеспечивается кинематическая коллимация нейтронов с направленностью вперед в линейном угле  $\pm 25^\circ$  и средней энергией 30 кэВ, оптимальной для BNCT. Во втором режиме при энергии протонов 2.5 МэВ производится нейтронный пучок с энергией 790 кэВ, который может быть непосредственно использован для терапии быстрыми нейтронами или, после замедления, — для BNCT. При токе 40 мА время облучения для достижения необходимой дозы в  $\sim 20$  Гр составит порядка 10 мин.

✓  
**Сильноточный электростатический ускоритель-тандем  
для генерации нейтронов для BNCT**

Ю.И. Бельченко, В.Н. Белов, Г.И. Димов, В.Н. Кононов, Г.С. Крайнов, Н.К. Куксанов,  
В.Е. Пальчиков, Р.А. Салимов, Г.И. Сильвестров, А.Н. Скринский, В.В. Широков,  
С.Ю. Таскаев

*Институт ядерной физики, Новосибирск, Россия*

*Физико-энергетический институт, Обнинск, Россия*

Приводится проект оригинального электростатического ускорителя — тандема с вакуумной изоляцией на энергию протонов до 2.5 МэВ и ток до 40 мА. Спецификой тандема являются: отсутствие традиционных керамических ускорительных колонн, высокий темп набора энергии и сильнофокусирующая оптика при фокусировке ионов  $H^-$  на перезарядную мишень. Источником высокого напряжения 1.25 МэВ является мощный каскадный выпрямитель от промышленного ускорителя ЭЛВ-8, серийно выпускаемого в ИЯФ. Рассматриваются два варианта перезарядных мишеней: стационарная газовая мишень из окиси углерода с вымораживанием азотной ловушкой, расположенной внутри потенциального электрода, и струйно-капельная мишень из жидкого лития. Описываются результаты исследования работы 1-МэВ прототипа подобного тандема, используемого в качестве инжектора в синхротрон.

## Подпучковое оборудование для расширения технологических возможностей промышленных ускорителей

Н.К. Куксанов, Р.А. Салимов, М.Э. Вейс, С.Н. Фадеев, П.И. Немытов,  
А.В. Лаврухин, В.В. Прудников

*Институт ядерной физики им. Г.И.Буджера, Новосибирск, Россия*

Описываются системы кольцевого, двустороннего и четырехстороннего облучений, позволяющие уменьшить стоимость обработки, существенно повысить качество облучаемых изделий и эффективность использования пучка ускорителей ЭЛВ, оснащенных фольговым выпуском пучка в атмосферу.

Рассмотрены технологические возможности применения ускорителей ЭЛВ, оборудованных системой концентрированного выпуска пучка в газовую среду при атмосферном давлении. Описаны основные конструкции подпучкового оборудования. Приведены параметры электронного пучка в газовой среде высокого давления.

## Ускорители ЭЛВ для промышленного применения

Н.К. Куксанов, Р.А. Салимов, М.Э. Вейс, С.Н. Фадеев,  
П.И. Немытов, Ю.И. Голубенко, В.В. Прудников

*Институт ядерной физики им. Г.И.Буджера, Новосибирск, Россия*

Приведены основные характеристики мощных ускорителей электронов непрерывного действия типа ЭЛВ, описаны основные системы ускорителя, показаны направления дальнейшего развития, рассмотрены основные применения ускорителей ЭЛВ, а также их новые технологические возможности.

## Выбор структуры компактного рентгеновского источника

Е. Буляк, П. Гладких, А. Зелинский, И. Карнаухов, С. Кононенко,  
А. Мыщыков, Ю. Телегин, А. Щербаков  
*ИНЦ ХФТИ, Харьков, Украина*

Рассмотрена возможность получения интенсивных пучков  $\gamma$ -квантов (свыше  $2 \cdot 10^{14} \text{с}^{-1}$ ) с энергией до 1.7 МэВ на основе эффекта обратного Комптоновского рассеяния. С этой целью предлагается реконструировать действующий накопитель электронов Н-100 с подъемом энергии пучка до 240 МэВ. Предложенная фокусирующая структура позволит получить в точке взаимодействия электронов с фотонами электронный пучок с поперечным размером до 35 мкм, что позволит проводить исследования по лазерному охлаждению электронного пучка. Параметры предложенной установки позволяют получать пучки  $\gamma$ -квантов, удовлетворяющие потребности большинства технологических и научных применений.