



**сообщения  
объединенного  
института  
ядерных  
исследований  
дубна**

A 662

P9-88-872

**А.В.Андросов, В.С.Кладницкий, С.Л.Платонов,  
В.А.Швец**

**РЕЗУЛЬТАТЫ НАЛАДКИ ИСТОЧНИКА ЭЛЕКТРОНОВ  
УСКОРИТЕЛЯ ЛИУ-30**

**1988**

Источником электронов линейного индукционного ускорителя на 30 МэВ (ЛИУ-30) <sup>11</sup> является электронная пушка-диод со следующими параметрами: энергия электронов пучка — 300 кэВ, ток пучка в импульсе — 250 А, длительность импульса — 0,5 мкс. Особенность наладочных работ на ЛИУ-30 заключалась в том, что требовалось испытать различные варианты катодов, анодов, импульсных трансформаторов. Для этого пришлось пересмотреть конструкции экспериментальных электронных пушек (ЭЭП и ЭПЛ) и создать принципиально новую, пригодную для наладочных работ. В старых конструкциях электронных пушек изолятор на 300 кВ размещался в объеме, общем с импульсным трансформатором (традиционная клистронная схема), и для замены оптики или катода требовался большой объем работ, связанный со вскрытием и освобождением от трансформаторного масла вакуумных узлов электронных пушек. Отрицательный импульс напряжения амплитудой 300 кВ подается от импульсного трансформатора ИТ-300, выполненного на основе ускорительной секции по проекту НИИЭФА им. Д.В.Ефремова, на катод электронной пушки через два изолятора последовательно из воздуха через масло в вакуум (см. рисунок). Первый изолятор из оргстекла, служащий одновременно емкостью для трансформаторного масла, в который погружен второй изолятор из молибденового стекла, соединяется с заземленным охлаждаемым корпусом электронной пушки. Катодная ножка, сваренная в единый блок со вторым изолятором (граница вакуум-масло), через который подается на катод отрицательное импульсное напряжение и напряжение накала оксидного термокатода, соединяется фланцами с катодным корпусом и образует совместно с анодным корпусом вакуумную камеру электронной пушки. На поверхности второго изолятора у катодного корпуса пушки в масляной полости первого изолятора размещен антисоленоид, предназначенный совместно с прикрепляемым снаружи анодного корпуса ферромагнитным экраном специальной формы для уменьшения магнитного поля основного фокусирующего соленоида в области катода. Этот фокусирующий соленоид устанавливается непосредственно после ферромагнитного экрана за анодным отверстием и служит для удержания совместно с торцевой линзой первой инжекторной секции необходимых поперечных размеров пучка в переходной области между пушкой и входом в ускоритель.

Корпус пушки смонтирован в специальном юстировочном устройстве, позволяющем совмещать ее ось с осью ускорителя. Вакуумная система пушки состоит из турбомолекулярного насоса ТМН-500, расположенного под ней и отсекаемого шибером, и двух магниторазрядных насосов НОРД-100, пристыкованных к пушке через вакуумные патрубки с двух сторон, что обеспечивает возможность предваритель-





установки различных по форме и диаметру катодов и прикатодных электродов на катодную ножку и анодов в анодное отверстие пушки, что позволило опробовать различные электронно-оптические системы (ЭОС) пушек в совместной работе с начальной частью ускорителя ЛИУ-30 и провести их экспериментальные исследования. Трудности транспортировки электронного пучка через ускоряющую систему ЛИУ-30 накладывают серьезные требования на качество источника электронов и вызывают необходимость постоянного совершенствования в процессе наладки ускорителя.

Были опробованы несколько вариантов ЭОС пушек: ЭЭП-2, разработанная в ЛНФ ОИЯИ<sup>1/2</sup>, пушка от клистрона КИУ-12АМ, серийно выпускаемая промышленностью, и оптическая система, разработанная НИИЭФА, на основе пушки Пирса, где анодное отверстие затянуто проволочной сеткой с ячейкой  $\approx 2,5$  мм. В процессе проведения наладочных работ на инжекторном участке (ИУ) ЛИУ-30 совместно с сотрудниками НИИЭФА были измерены энергетические спектры на выходе пушки и на выходе ИУ (12 секций,  $E = 4$  МэВ), а также значения нормализованного эмиттанса, которые на выходе пушки достигали  $0,2-0,3$  см·рад (для различных ЭОС), а на выходе ИУ составляли  $0,36 \div 0,46$  см·рад.

Путем применения стробирования измерительной аппаратурой эти параметры наблюдались в различные моменты времени в течение импульса тока пучка<sup>1/3</sup>.

По совокупности требований к параметрам пушки для дальнейших наладочных работ была выбрана ЭОС НИИЭФА с сеткой. Она, кроме того, позволяет путем изменения расстояния между сеткой анода и катодом изменять первеанс пушки в пределах  $1,5-2,5$  А·В<sup>-3/2</sup>, то есть при энергии электронов 300 кэВ выходной электронный ток пушки может иметь величину от 250 до 400 А в импульсе. В настоящее время созданная пушка используется при проведении наладочных работ на ЛИУ-30 при проводке пучка через инжекторный и первый ускорительный участок ( $E = 8$  МэВ) и обеспечивает необходимые параметры пучка.

В заключение авторы благодарят В.В.Косухина, М.И.Демского, В.Б.Заббарова, Р.В.Харьязова за ценные консультации, дискуссии и помощь в работе.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ананьев В.Д. и др. — ОИЯИ, 13-4392, Дубна, 1969.
2. Анцупов П.С. и др. — ОИЯИ, Р9-10999, Дубна, 1977.
3. Вахрушин Ю.П. и др. — ОИЯИ, Р9-88-383, Дубна, 1988.

Рукопись поступила в издательский отдел  
19 декабря 1988 года.

Андросов А.В. и др.

Р9-88-872

Результаты наладки источника электронов ускорителя ЛИУ-30

Описана новая конструкция источника электронов — электронной пушки — для ЛИУ-30. В отличие от ранее использовавшихся она выполнена в виде отдельного блока, соединяемого специальным переходным устройством с повышающим импульсным трансформатором на 300 кВ, выполненным на основе ускорительной секции. Ферромагнитный экран специальной формы и антисоленоид, размещаемый за катодом в полости маслонеполненного изолятора и включаемый встречно основному фокусирующему соленоиду, позволяют уменьшить эмиттанс пушки на  $10 \div 15\%$  за счет нулевого магнитного поля в области катода. Были испытаны различные электронно-оптические системы и выбрана система на основе пушки Пирса, разработанная в НИИЭФА, в которой анодное отверстие затянуто проволочной сеткой с ячейкой 2,5 мм.

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1988

Перевод О.С.Виноградовой

Androsov A.V. et al.

P9-88-872

Results of Adjustment of LIU-30 Accelerator Electron Source

A new design of an electron source — electron gun — for LIU-30 accelerator is described. Unlike the earlier used ones it has been made as a separate unit connected via a special adapter with increasing pulsed transformer to 300 kW constructed on the base of an accelerating section. Ferromagnetic screen of a special shape and antisolenoid placed behind the cathode in a hollow of an oil-filled insulator and switched on antiparallelly to the main focusing solenoid permit to diminish the gun emittance by  $10-15\%$  due to zero magnetic field in the cathode region. Various electron-optical systems were tested and that one was chosen based on the Piere gun in which the anode orifice was covered with a wire gauze of 2.5 mm cell.

The investigation has been performed at the Laboratory of Neutron Physics, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1988