

## ПРОТОТИП ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ИСТОЧНИКА ИОНОВ «КРИОН»

*В. С. Александров, Е. Е. Донец, Г. И. Коннов, В. В. Косухин,  
В. О. Сидорова, А. И. Сидоров<sup>1</sup>, Г. В. Трубников, В. С. Швецов*

Объединенный институт ядерных исследований, Дубна

Дано описание разработанной высоковольтной платформы источника ионов «Крион». Изложена концепция конструкции платформы. Проведенные расчеты влияния конструкции и материалов на магнитное поле источника позволили определить ассортимент материалов, пригодных для изготовления платформы. Выбраны и описаны основные элементы высоковольтной платформы (высоковольтный источник, развязывающие изоляторы высоковольтного источника и основной и сопутствующих платформ). Определено, что для исключения электрических пробоев и коронных разрядов необходимо использовать электрически экранированный канал для кабелей связи источника «Крион» с криокулером и источниками питания.

The description of the developed high-voltage platform of the KRION ion source is given. The concept of design of the platform is explained. The carried-out calculations of influence of design and materials on magnetic field of the source allowed us to define the range of the materials suitable for manufacture of the platform. Basic elements of the high-voltage platform (the high-voltage source, decoupling insulators of a high-voltage source and the main and accompanying platforms) are chosen and described. It is defined that to avoid electric breakdowns and corona discharges it is necessary to use an electrically screened channel for KRION source communication wires with a cryocooler and power supplies.

PACS: 07.77.Ka

### ВВЕДЕНИЕ

В Объединенном институте ядерных исследований продолжают разработку и создание ионного коллайдера NICA [1]. В данной работе предложен разработанный вариант высоковольтной платформы для размещения источника ионов «Крион» и сопутствующего оборудования. Высоковольтная платформа (рис. 1) состоит из трех частей. Сам источник «Крион» расположен на основной платформе, находящейся под потенциалом в 150 кВ.

---

<sup>1</sup>E-mail: asid@sunse.jinr.ru

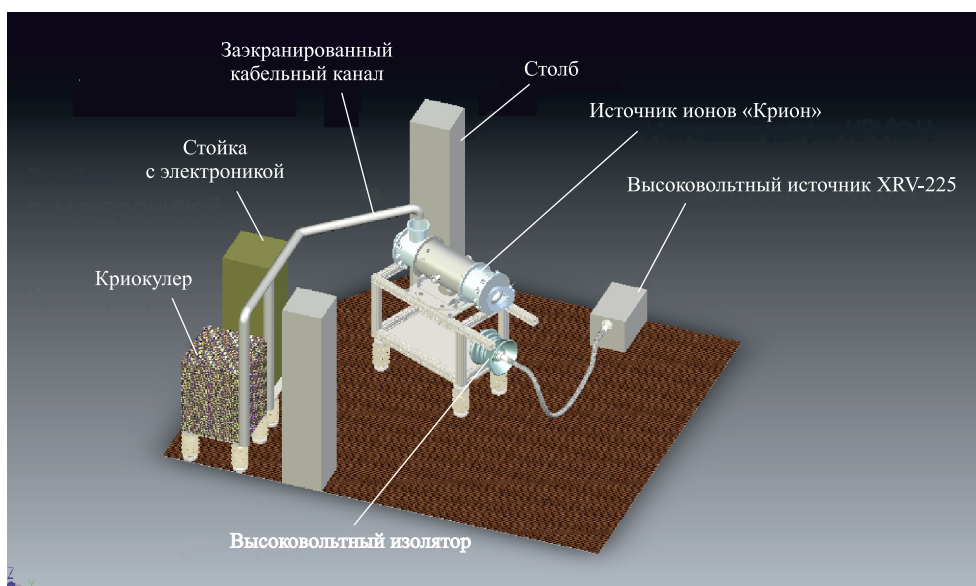


Рис. 1. Общий вид высоковольтной платформы

## 1. ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ ПЛАТФОРМЫ

Основная платформа должна выполнять развязку источника по высокому напряжению и обеспечивать как точную стыковку, так и поворот источника на  $90^\circ$  при расстыковке для осуществления юстировки, измерений и других работ. Основная платформа состоит из дюралевого листа, который связывает четыре опорно-стержневых изолятора. На листе устанавливаются четыре домкрата, которые закрепляются с одной стороны к плите, а с другой — к раме, собранной из готовых конструктивов «Boschrexroth». На раме закреплены шаровые опоры, на которые устанавливается дюралевая плита с источником «Крион». Домкраты позволяют регулировать источник по вертикали, а шаровые опоры — в горизонтальной плоскости. Точность регулировки составляет доли миллиметра. Основная проблема при разработке платформы, кроме высоковольтной развязки, состояла в том, что использование в конструкции платформы материалов, обладающих магнитными свойствами, и комплектующих, изготовленных из них, приводит к недопустимому искажению магнитного поля источника «Крион». Как правило, такие материалы дешевле и доступнее. Но расчеты показали, что магнитные материалы в конструкции должны располагаться на расстоянии не менее 1 м от оси источника «Крион», чтобы не исказить его магнитное поле. В частности, по этой же причине пришлось отказаться от использования шаровых опор, изготовленных из нержавеющей стали марки AISI420 (см. приложение). Поэтому материалы, заложенные в конструкцию основной платформы, — это дюраль и латунь. Шаровые опоры, которые обеспечивают перемещение источника в горизонтальной плоскости, типа LP45 изготовлены из немагнитного ацетала.

Две платформы, сопутствующие основной, предназначены для размещения стойки с электронной аппаратурой и криокулера. Платформы выполнены однотипно. Каждая

из них состоит из дюралевого листа, который связывает четыре опорно-стержневых изолятора. Обе сопутствующие платформы, как и основная, находятся под потенциалом в 150 кВ.

## 2. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Развязка платформ по высокому напряжению по отношению к земле осуществляется с помощью четырех полимерных опорно-стержневых изоляторов типа ОСК-20-35-А01-3 (рис. 2). В этих изоляторах используется стеклопластиковый монолитный стержень с кремнийорганической оболочкой, которые исключают возникновение разрядов и пробоя, а также тока утечки по внутренней полости. Высоковольтные испытания изолятора ОСК-20-35-А01-3 показали, что он может выдерживать постоянное напряжение не менее 160 кВ.



Рис. 2. Изолятор ОСК-20-35-А01-3



Рис. 3. Высоковольтный источник XRV225\*3000



Рис. 4. Развязывающий изолятор источника XRV 225\*3000

Потенциал платформы задается управляемым от компьютера высоковольтным источником XRV 225\*3000 (рис. 3), изготовленным фирмой «Spellman». Выходное напряжение источника до 225 кВ, мощность 3 кВт. Подсоединение высоковольтного источника к платформе осуществляется кабельной сборкой через высоковольтный развязывающий изолятор. Кабельная сборка для этого типа источников производится фирмой «Claymount» и может обеспечить его работу при выходном напряжении 225 кВ.

Высоковольтный развязывающий изолятор (рис. 4) высоковольтного источника XRV 225\*3000 устанавливается на раме со стороны вывода ионного пучка из источника «Крион». Он изготовлен из оргстекла и обладает развитой поверхностью, которая

способна обеспечить работу источника «Крион» при максимальном выходном напряжении высоковольтного источника. Во внутренней полости изолятора, которая заполняется трансформаторным маслом, установлен разъем для его сочленения с кабелем от высоковольтного источника.

Для соединения источника «Крион» с электронной аппаратурой и криокулером предусмотрен экранированный кабельный канал, в котором будут размещаться силовые и измерительные кабели и трубопровод с хладагентом. Кабельный канал состоит из разрезной трубы диаметром 100 мм, закрепленной на стойках, установленных на платформе с электронной аппаратурой и на основной платформе. Кроме того, кабельный канал вместе со стойками крепления выполняет роль электростатического экрана для криокулера и стойки с электроникой по отношению к опорному столбу, который находится под потенциалом земли.

### ПРИЛОЖЕНИЕ. ИСКАЖЕНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ШАРОВЫМИ ОПОРАМИ

Первоначально предполагалось использовать шаровые опоры, выполненные из нержавеющей стали AISI420 (магнитная проницаемость  $\mu > 600$ ). Они располагались на прямоугольнике  $600 \times 900$  мм (рис. 5), удаленном от оси соленоида источника минимум на 310 мм. Обойма шаровой опоры также выполнена из стали AISI420. Максимальный диаметр обоймы 30 мм, шары отстоят друг от друга на 115 мм.

Магнитное поле на оси соленоида источника «Крион» и его компоненты в месте расположения плиты показаны на рис. 6, 7.

Численное исследование возмущения магнитного поля проводилось с помощью программы POISSON [2]. Ряды шаровых опор представлялись  $\infty$  длинными по оси  $X$  брусками. На рис. 8, 9 показаны искажения компонент магнитного поля вдоль оси соленоида и соответствующие им смещения оси магнитного поля ( $B_r = 0$ ). На рисунках даны половинны распределений, так как конструкция симметрична относительно центра соленоида.

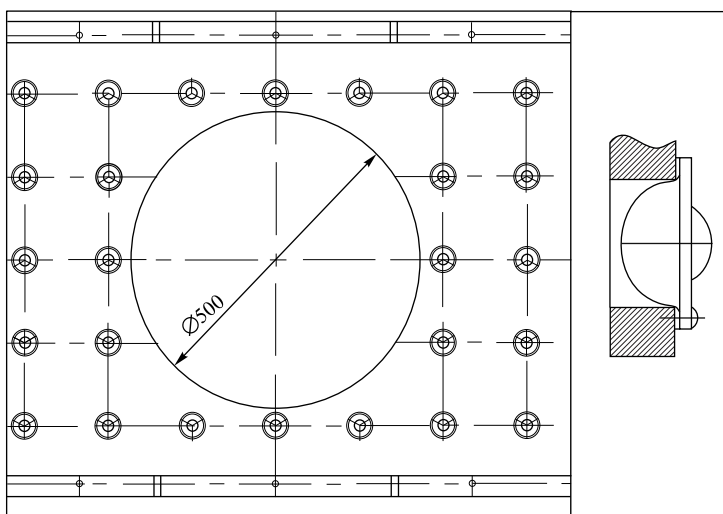


Рис. 5. Плита с шаровыми опорами (слева) и шаровая опора в обойме

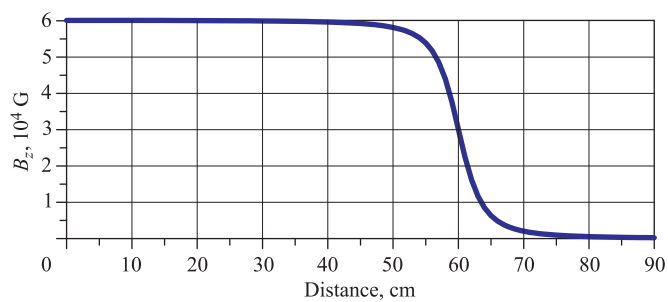


Рис. 6. Магнитное поле на оси соленоида

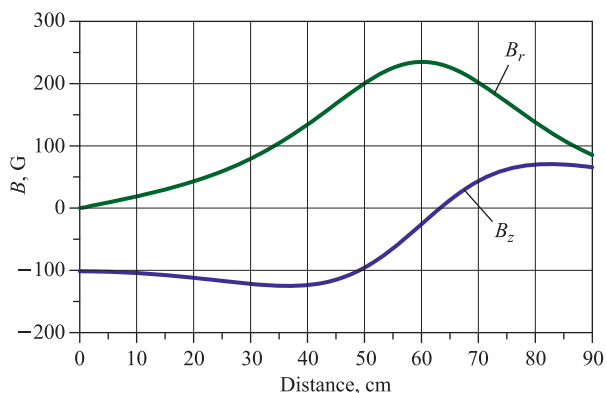


Рис. 7. Компоненты магнитного поля на радиусе 310 мм от оси соленоида

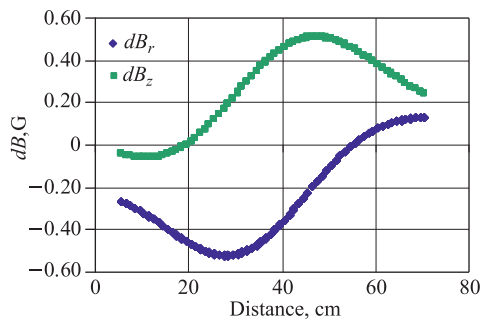


Рис. 8 (цветной в электронной версии). Искажения компонент магнитного поля на оси соленоида

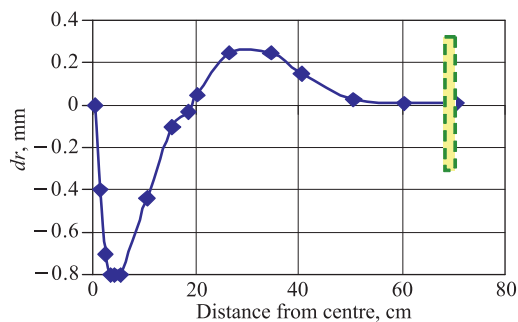


Рис. 9. Смещение оси магнитного поля

Видно, что в районе электронной пушки и отражателя электронов (зеленая пунктирная кривая на рис. 8) смещение оси магнитного поля незначительно. Вблизи центра соленоида оно достигает 1 мм, что является неприемлемым для устойчивой работы источника.

Для предотвращения нестабильности в работе источника ионов вследствие искажения его магнитного поля принято решение заменить стальные шаровые опоры на немагнитные опоры из термопластичного полимера — ацетала. Это повлекло за собой некоторое увеличение стоимости конструкции.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Разработан прототип высоковольтной платформы для размещения источника ионов «Крион» и сопутствующего оборудования. Данный вариант платформы не вносит искажений в магнитное поле источника, позволяет выполнять развязку источника по высокому напряжению и обеспечивать необходимую точность при стыковке источника с каналом транспортировки пучков и их расстыковке для осуществления юстировки, измерений и других работ.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Ускорительно-накопительный комплекс NICA (Nuclotron-based Ion Collider fAcility). Технический проект / Под ред. И. Н. Мешкова и А. О. Сидорина. 2009.  
<http://nucloweb.jinr.ru/nica/index1.htm>.
2. POISSON Program. Los Alamos Acc. Group, LA-UR-87-115. 1987.