

ИНЖЕКТОРЫ ДЛЯ БЕТАТРОНОВ 15 — 25 МЭВ

А. Г. ВЛАСОВ

(Представлено научным семинаром физико-технического факультета)

Для инъекции электронов в ускорительную камеру бетатронов с энергией ускоренных электронов до 25—30 Мэв чаще всего применяются инжекторы в виде трехэлектродной системы [1—5].

Такая система инжектора была впервые применена Керстом в его первом бетатроне на 2,3 Мэв, а затем в несколько измененной конструкции—в бетатроне на 20 Мэв [2].

Инжекторы, применяемые нами для бетатронов 5 ÷ 25 Мэв, представляют собой вышеуказанную трехэлектродную систему, подобную инжектору Керста для бетатрона на 20 Мэв [3]. Инжектор состоит из анода, катода и фокусирующего цилиндра.

Анод изготавливается в виде коробочки из танталовой жести толщиной 0,1 мм на специальной оправке (рис. 1). Раскройка заготовки для анода производится таким образом, что дает возможность получить разрез вдоль анода, необходимый для уменьшения наводимых магнитным полем вихревых токов, и щель определенных размеров для выброса электронов в камеру. В связи с этим анодная коробочка изготовлена из трех частей, сваренных точечной электросваркой. Для уменьшения градиента потенциала между анодом и фокусирующим цилиндром края щели выполняются с закруглениями радиусом 0,2-0,3 мм.

Для крепления на цоколе к аноду привариваются ушки, которыми он надевается на держатели цоколя. С тыльной стороны анода с помощью лапчек из танталовой жести, приваренных к анодной коробочке, укрепляется вольфрамовая мишень толщиной 0,4-0,5 мм.

Фокусирующий цилиндр изготавливается также из танталовой жести толщиной 0,1 мм на специальной оправке. Щель цилиндра выполняется с закругленными краями радиусом 0,2-0,3 мм.

Ширина щели фокусирующего цилиндра одинакова с шириной щели анода или же на 0,1 ÷ 0,2 мм больше, что несколько улучшает фокусирующие свойства инжектора. К цоколю фокусирующий цилиндр крепится с помощью небольшого молибденового стерженька, приваренного электросваркой к цилиндру, и никелевой трубочки, надеваемой на стерженец и молибденовый ввод. Это позволяет перемещать цилиндр в радиальном направлении при сборке инжектора (рис. 2).

Катод изготавливается из вольфрама марки ВА, либо из торированного вольфрама марки ВТ-10 диаметром 0,15 мм в виде спирали, навитой на керн диаметром 0,3 мм с шагом 0,22 мм в количестве 21-23 витков. Напряжение накала измеряется величиной порядка 3-5 в при токе 2,5-3,5 а в зависимости от типа применяемого катода. Оптимальная эмиссия от катода из вольфрама марки ВА, порядка 100-200 мка, может быть получена только

при повышенном накале, что резко сокращает срок его службы. Достоинством такого катода является механическая устойчивость в процессе изготовления и работы.

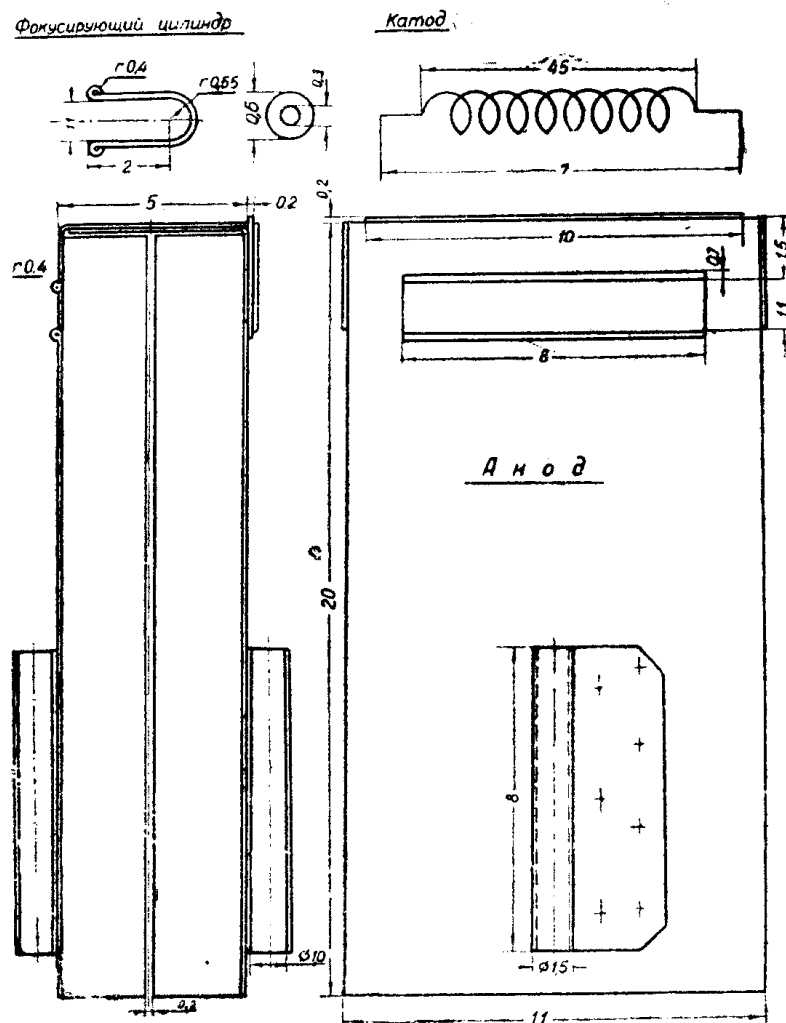


Рис. 1. Электроды инжектора

Катоды из торированного вольфрама механически не устойчивы и часто прогибаются. Для предупреждения прогиба их необходимо формировать в водородном пламени. Вторым их недостатком является нестабильность эмиссии. При пробое пушки эмиссия резко падает, хотя впоследствии вновь восстанавливается.

К достоинству данного катода можно отнести лишь хорошую эмиссионную способность при небольшом накале.

Крепление катода осуществляется точечной электросваркой к молибденовым вводам цоколя. Так как вольфрам к молибдену приваривается плохо, то концы нити обертываются листочком никеля и тогда уже привариваются.

Цоколь инжектора изготавливается из стекла марки ЗС-5, в который впаяются три центральных молибденовых ввода для крепления катода и фокусирующего цилиндра, две ножки для крепления анода и вывод для заземления анода, который соединяется с анодом никелевой ленточкой (рис. 2).

Держатели анода впаяются в стенки трубки, которая позволяет избежать пробоя между анодом и катодом по поверхности стекла.

Крепление цоколя инжектора к патрубку камеры осуществляется с помощью замазки типа пицеин.

При настройке бетатрона инжектор ставится на сильфоне, что позволяет перемещать инжектор в радиальном направлении и определять наиболее рациональное расположение инжектора в камере.

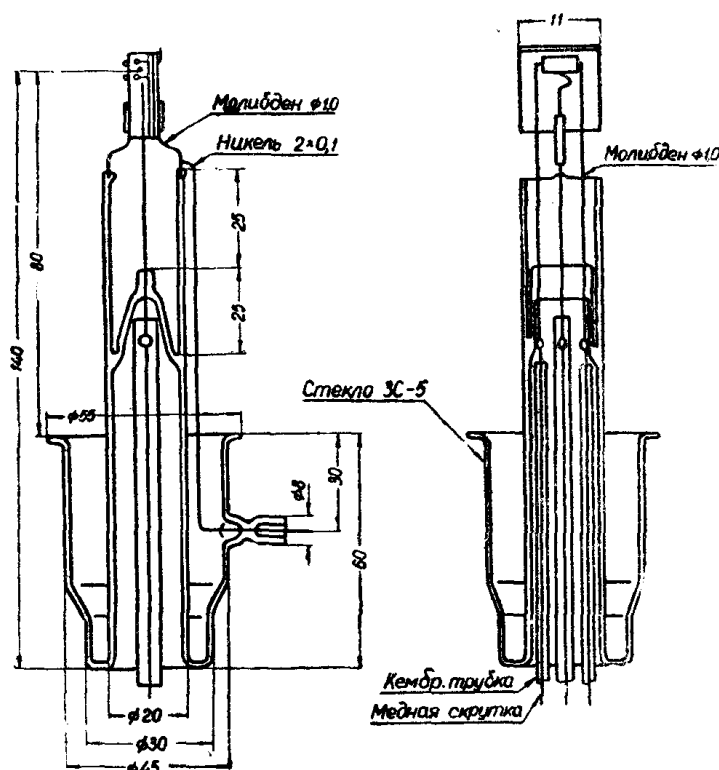


Рис. 2. Электронный инжектор бетатрона на 15 Мэв

После настройки изготавливается инжектор выбранных размеров и ставится без сильфона. Положение его в камере устанавливается визуально, так как обычно применяются стеклянные камеры, покрытые достаточно прозрачным слоем серебра.

Применение инжектора вышеуказанной конструкции оправдывается его простотой изготовления, хотя он и дает недостаточно сфокусированный пучок.

Фокусировка пучка в данном инжекторе ухудшается еще тем, что для упрощения инжектора катод и фокусирующий цилиндр находятся под одним потенциалом.

Улучшение фокусировки в инжекторах данной системы возможно путем подачи разных потенциалов на цилиндр и катод, что ведет к усложнению схемы питания.

В случае подачи одного и того же потенциала на катод и фокусирующий цилиндр улучшение фокусировки возможно лишь выбором наиболее рационального расположения катода в фокусирующем цилиндре.

Были проведены исследования глубины погружения катода в цилиндре, которые подтвердили исследования, проведенные сотрудником кафедры электровакуумной техники Гулько Б. Н. на электролитической ванне.

О фокусировке пучка ориентировочно можно судить по распределению тока эмиссии катода между анодом и слоем.

При погружении катода на 0,5 мм от края фокусирующего цилиндра ток на слой составляет 30-35% от общего тока эмиссии, а остальная

часть электронов попадает на анод, что весьма нежелательно, так как нерационально используется эмиссия катода, излишне нагревается анод, что ведет к уменьшению электрической прочности пушки.

Такое распределение токов также свидетельствует о плохой фокусировке пучка.

Погружение катода на 0,8 мм уже дает распределение токов равным 1:1, а при погружении на 1,2—1,3 мм ток на слой составляет 70-80% от тока эмиссии. Дальнейшее погружение приводит к резкому уменьшению общего тока эмиссии, так как электронное облако у катода не рассеивается вытягивающим напряжением.

Вышеописанные исследования проводились непосредственно в камере, без включения магнитного поля. Инжектор питался от схемы инжекции. Данные распределения токов приведены для одинакового напряжения на инжекторе, равного 30 кВ.

Эти исследования проверены на испытательной установке с люминесцирующим экраном, но так как наблюдения велись визуально, а измерения распределения плотности тока в пучке не проводились, то результаты могут быть только ориентировочными.

Резко сфокусированного изображения пучка на экране получить не удалось, что объясняется недостаточной фокусировкой данной системы инжектора.

По высоте щели на расстоянии экрана от пушки 30 см пятно имело размер 3 см и не изменялось при изменении погружения катода в цилиндр.

По ширине щели пятно не уместилось на экране, поэтому был измерен угол разброса путем поворота инжектора в плоскости перпендикулярной щели и получены следующие данные.

При погружении катода на 0,5 мм угол разброса—50-60°; при погружении катода на 0,8 мм угол разброса—40-45°; при погружении катода на 1,2—1,3 мм угол разброса—30°. Такая фокусировка явно недостаточна, и для ее улучшения необходимо, как уже указывалось выше, либо раздельная подача напряжения на катод и фокусирующий цилиндр, либо изменение конфигурации электродов.

Важнейшим требованием, предъявляемым к инжектору, является требование повышения напряжения инжекции, так как с повышением напряжения растет интенсивность излучения.

При достаточно хорошей обработке поверхности электродов вышеуказанные инжекторы с размерами анода 11x5x20 мм позволяют подавать напряжение до 30 кВ (рис. 1).

Для повышения пробивной прочности инжектора нами применены аноды больших размеров.

Инжектор с анодом размерами 13x6x20 мм уже выдерживает до 40—45 кВ, а размерами 15x8x25 мм до 60—65 кВ.

С увеличением размеров анода соответственно увеличивалось расстояние между фокусирующим цилиндром и анодом. Фокусирующие свойства инжектора остаются прежними.

Повышение напряжения инжекции выше 50—60 кВ требует изменения конструкции цоколя, так как цоколь применяемой нами конструкции начинает пробиваться при 50-55 кВ.

ЛИТЕРАТУРА.

1. Гринберг А. П. Методы ускорения заряженных частиц, ГИИЛ, 1950.
2. Kerst D. W. Phys. Rev., 1941, 60, 47—52.
3. Kerst D. W. Rev. Sci. Instr., 1942, 13, 387—394.
4. Kerst D. W. Adams G. D. And Jr., Phys. Rev., 1950, 78, 297.
5. Kaiser H. F. Jour. Appl. Phys., 1947, 18, 1—18.