

# Физическая аппаратура

УДК 621.385.6

## Расчет величины продольного смещения термокатода в результате его нагрева в СВЧ-приборе

А.И. Петросян, В.И. Роговин

*Предлагается способ определения величины продольного смещения катода (ПСК) СВЧ-прибора, вызванного нагревом катода. Способ основан на сопоставлении экспериментальных и расчетных значений токов электронной пушки при нулевом и одном или нескольких отрицательных значениях потенциала фокусирующего электрода для двух разных заданных значений ПСК. Результаты расчета величины ПСК соответствуют данным эксперимента. Учет значения ПСК помогает достичь нужных параметров СВЧ-прибора и снизить ток электронов, осевших на стенки пролетного канала прибора.*

РАС: 41.75.-i

*Ключевые слова:* СВЧ-прибор, продольное смещение катода, потенциалы фокусирующего электрода, ток пушки.

### Введение

Известно [1], что величина продольного смещения катода (ПСК) СВЧ-прибора может составлять 2–3 % от диаметра катода, что приводит к увеличению первеанса пучка на 10 % и более и к пульсациям пучка в пролетном канале. При этом, например, ток пучка в некоторых приборах увеличивается на 15-20 % из-за большой величины (0,15 – 0,2 мм) ПСК. Таким образом, учет величины ПСК (в результате нагрева катода) при разработке СВЧ-прибора представляется необходимым. Экспериментальное определение величины ПСК методом стрелочных индикаторов перемещений [2], с помощью микроскопа [3], методами голографической и спекл-интерферометрии [4] требует изготовления специальных макетов прибора. Расчет величины ПСК по программе численного анализа теплофизических

и термомеханических процессов в электронной пушке [1] требует знания многих трудно определяемых величин, таких, например, как тепловое сопротивление контактов элементов конструкции катодного узла и пр. Таким образом, имеющиеся методы определения величины ПСК являются весьма трудоемкими, а, зачастую, и весьма неточными [2, 3].

Целью данной работы является разработка рационального способа определения величины продольного смещения катода СВЧ-прибора, вызванного нагревом катода.

### Предлагаемый метод расчета величины ПСК и результаты расчетов

Предлагаемый метод расчета величины ПСК в электронной пушке основан на комплексе программ для проектирования на ЭВМ электронных пушек с сеточным управлением, ранее представленных авторами (с сотрудниками) в работе [5]. Конкретно производился расчет вольт-амперных характеристик (ВАХ) управляющего электрода 2-х пушек с 2-мя разными задаваемыми значениями ПСК (рис. 1 – 3). Под управляющим электродом понимается фокусирующий электрод, на который поочередно подается как нулевое, так и одно или несколько отрицательных относитель-

**Петросян Александр Иванович**, ведущий научный сотрудник.

**Роговин Владимир Иванович**, заместитель директора НПЦ.

ОАО «НПП «АЛМАЗ».

Россия, 410033, г. Саратов, ул. Панфилова, 1.

Тел.: 8 (8452) 479703. E-mail: Almaz@Overta.ru

Статья поступила в редакцию 13 сентября 2012 г.

© Петросян А.И., Роговин В.И., 2013

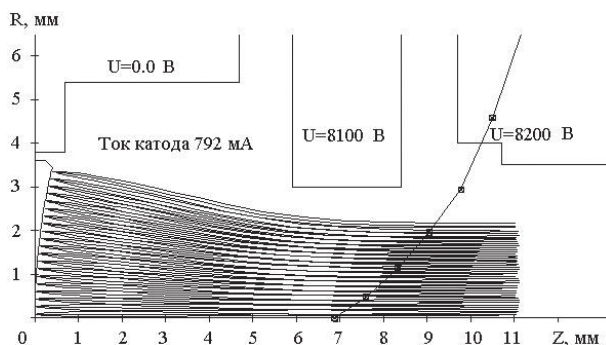


Рис. 1. Электронная пушка с величиной ПСК, равной 0,05 мм

но катода значений напряжения. Результаты расчета сопоставляются с экспериментально найденной ВАХ (рис. 3) управляющего электрода пушки, изготовленной в соответствии с предварительным расчетом. Из сопоставления кривых 1, 2 и 3 этого рисунка следует, что величина ПСК составляет 0,2 мм. Эта величина ПСК пушки соответствует величине ПСК, определенной экспериментально на специально изготовленном макете прибора и равной (по результатам нескольких измерений) 0,15 – 0,2 мм. Отметим, что такие большие участки ВАХ (рис. 3) позволяют снизить требование к точности экспериментального определения значения тока и являются довольно наглядными, но требуют проведения большого числа расчетов пушки. При достаточно точном экспериментальном определении величины тока для каждого значения

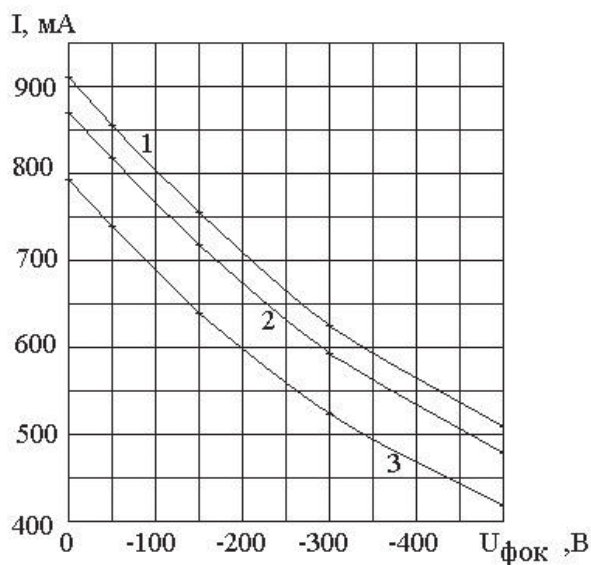


Рис. 3. Зависимости тока катода от потенциала управляющего электрода  $U_{\text{фок}}$ :  
 кривая 1 – эксперимент;  
 2 – расчет при величине ПСК = 0,15 мм;  
 3 – расчет при ПСК = 0,05 мм

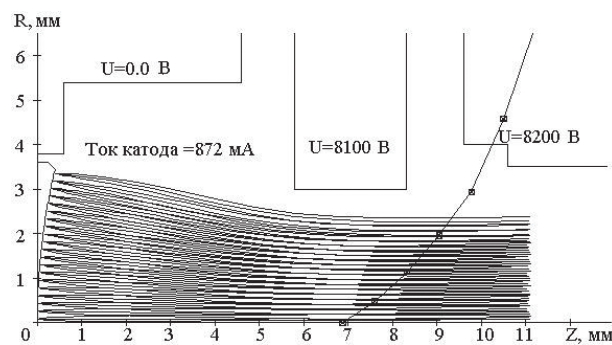
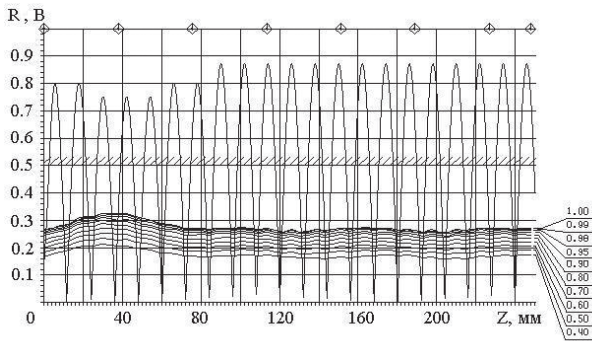


Рис. 2. Электронная пушка с величиной ПСК, равной 0,15 мм

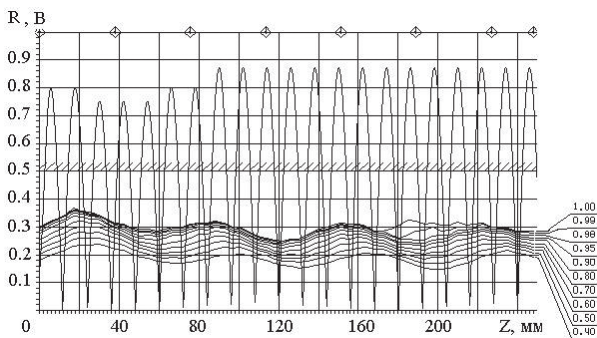
ПСК следует определить лишь два значения величины тока, а именно, ток  $I_0$  при нулевом потенциале на управляющем электроде и ток  $I_1$  при небольшом отрицательном потенциале. Именно с этими значениями величины тока, измеренными экспериментально, и следует сравнивать  $I_0$  и  $I_1$ , найденные в результате расчета пушек с разными значениями величины ПСК.

Используя программу расчета многоско-ростного аксиально-симметричного пучка в магнитном поле [6], рассмотрим фокусировку электронных пучков, сформированных пушками с тепловыми «уходами» катода 0,05 мм и 0,2 мм, при помощи магнитной периодической фокусирующей системы (МПФС). Если при проектировании электронно-оптической системы (ЭОС) разработчик принимает величину ПСК, равной 0,05 мм и, согласовывая пучок с магнитным полем, добивается малых пульсаций пучка в регулярной части МПФС (рис. 4), то при реальной величине ПСК, равной 0,2 мм, пучок в таком же магнитном поле, как на рис. 4, будет пульсировать (см. рис. 5). Из вышеизложенного следует, что учет неправильной величины ПСК (0,05 мм вместо 0,2 мм) при расчете электронной пушки и фокусировки пучка в МПФС приводит к пульсациям пучка в пролетном канале прибора СВЧ. При этом ошибка в расчете величины тока пучка составляет 13 %. Если же вообще не учитывать тепловой «уход» катода (т.е. считать величину ПСК равной нулю), то, как показывает расчет, ошибка в определении тока пучка составит 17 %. При этом пульсации пучка в пролетном канале также возрастут.

Таким образом, определение правильной величины ПСК и ее учет при проектировании ЭОС СВЧ-прибора. После определения ве-



**Рис. 4.** Фокусировка пучка, сформированного пушкой с величиной ПСК 0,05 мм, магнитным полем МПФС. По оси  $Z$  значение  $\theta$  соответствует 11 мм от центра катода. Справа указаны доли полного тока, находящиеся в пределах соответствующих трубок тока. По вертикальной оси отложены радиальные значения отклонения линий тока от оси в относительных единицах (по отношению к диаметру канала) и относительные значения магнитного поля  $V/V_0$ , где  $V_0 = 55$  мТл. Ток – 792 мА.



**Рис. 5.** Фокусировка пучка, сформированного пушкой с величиной ПСК 0,2 мм, магнитным полем МПФС. Ток – 910 мА. Остальные обозначения и параметры – как на рис. 4.

личины ПСК корректировочный расчет ЭОС прибора (с учетом найденного значения ПСК) позволяет улучшить параметры пушки, улучшить согласование пучка с магнитным полем МПФС (см. рис. 4) и, тем самым, уменьшить величину тока электронов, осевших на стенки пролетного канала.

## Заключение

Обобщенно результаты работы можно изложить следующим образом.

1. Предложен новый способ расчета величины продольного смещения катода в результате его нагрева, причем результаты расчета хорошо соответствуют данным эксперимента.

2. Показано, что расчет ЭОС без учета величины продольного смещения катода (или с учетом неправильной величины ПСК) приводит к уменьшению тока пучка (в электронной пушке, описанной в статье, на 13–17 %) и к пульсациям пучка при его фокусировке МПФС.

3. Корректировочный расчет ЭОС с учетом найденного значения ПСК позволяет увеличить ток пучка и существенно уменьшить пульсации пучка в пролетном канале СВЧ-прибора, тем самым уменьшив величину тока осевших на стенки пролетного канала электронов.

## Литература

1. Забирова Е.Г., Морев С.П., Якунин А.Н. // Электронная техника. Сер. Электроника СВЧ. 1986. Вып. 2 (386). С. 27.
2. Рыбачек В.П., Федяев В.К., Юркин В.И. и др. Методика расчета первеанса электронной пушки /В кн.: Качество, прочность, надежность и технологичность ЭВП. – Киев: Наукова думка, 1976.
3. Скапцов А.А., Кошелев В.С. // Электронная техника. Сер. Электроника СВЧ. 1983. Вып. 3 (339). С. 67
4. Рябухо В.П., Клименко И.С., Якунин А.Н. // Электронная техника. Сер. Электроника СВЧ. 1986. Вып. 2 (386). С. 48
5. Петросян А.И., Журавлева В.Д., Пензяков В.В., Роговин В.И. // Прикладная физика. 2002. № 3. С. 127
6. Журавлева В.Д., Морев С.П., Пензяков В.В., Роговин В.И. // Электронная техника.. Сер.1. Электроника СВЧ. 1985. Вып. 1. С. 70.

## Calculation of thermal cathode longitudinal displacement value caused by cathode's heat in microwave tube

*A.I. Petrosyan and V.I. Rogovin*

Almaz R&P Enterprise, Inc.  
1 Panfilov str., Saratov, 410033, Russia,  
E-mail: Almaz@Overta.ru

*The calculation method of cathode longitudinal displacement (CLD) value, caused by cathode's heat in microwave tube, is adjusted. The method is based on comparison of computational and experimental values of electron gun current, which accord to zero and one or several negative potentials of focusing electrode for two various CLD values. The CLD value usage helps to achieve the needed parameters of microwave tube and diminish current of electrons impinged up-on the walls of tube tunnel.*

*PACS: 41.75.-i*

*Keywords: microwave tube, cathode longitudinal displacement, potentials of focusing electrode, gun current.*

*Bibliography – 6 references*

*Received September 13, 2012*