

УДК 537.533.3

А. Б. ГАЛАТ, Ю. В. ДУБРОВИН, А. Г. ШЕИН,  
д-р физ.-мат. наук

### АБЕРРАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

Системы передачи и отображения информации широко применяются в различных отраслях науки и техники.

Неотъемлемым элементом таких систем является устройство индикации информации на экране, преобразующее электрический сигнал в видимое изображение. В большинстве случаев для этого используют электронно-лучевую трубку (ЭЛТ) с многоступенчатой отклоняющей системой (ОС). Точность и качество отображения информации на экране ЭЛТ во многом зависит от параметров электронно-оптической системы. Одним из источников искажений изображения являются геометрические aberrации многоступенчатой ОС, существенно возрастающие по сравнению с системой однократного отклонения. Возникает необходимость выбрать оптимальную конфигурацию электродов ОС и их взаимного расположения, обеспечивающую минимум искажений.

В статье отражены результаты численных расчетов геометрических aberrаций двухступенчатой двухканальной ОС, которая применяется в трубках со знаковой индикацией. Исследованы различные варианты конфигураций ОС, выбраны конструкции с минимальными искажениями.

Выражения для геометрических aberrаций такой ОС получены нами ранее [1]. На их основе составлена программа на языке ФОРТРАН-4 для ЭВМ ЕС 1050, выполнены расчеты aberrационных коэффициентов  $a_1 \dots a_{25}$  [1] и конкретных видов искажений формы электронного пучка для нескольких конфигураций ОС.

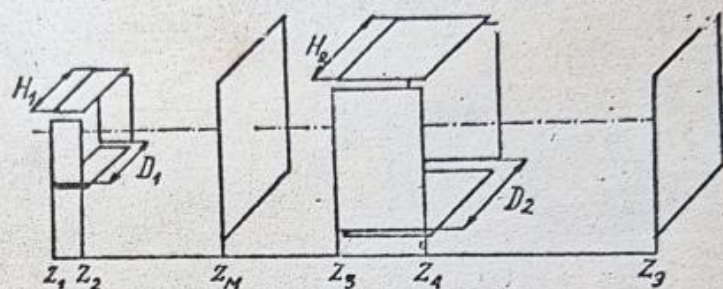


Рис. 1

Исследуемая система состоит из четырех пар плоскопараллельных пластин, совмещенных по две (конфигурация типа «Дефлектрон»), маски и экрана (рис. 1). Расчеты выполнялись для нескольких вариантов конфигураций пластин. Для всех вариантов  $z_1 = 1$ ,  $z_2 = 16$ ,  $z_M = 66$ ,  $z_3 = 20$ ,  $z_4 = 120$ . Остальные параметры приведены в таблице.

| Вариант | Размеры, мм   |       |       |             |             |
|---------|---------------|-------|-------|-------------|-------------|
|         | $z_1$         | $H_1$ | $D_1$ | $H_2$       | $D_2$       |
| 1       | 120 . . . 136 | 10,2  | 11,5  | 30,7        | 35,8        |
| 2       | 125           | 8     | 9     | 18 . . . 31 | 21 . . . 36 |
| 3       | 125           | 8,6   | 9,7   | 18 . . . 31 | 21 . . . 36 |
| 4       | 125           | 9,2   | 10,4  | 18 . . . 31 | 21 . . . 36 |
| 5       | 125           | 9,8   | 11    | 18 . . . 31 | 21 . . . 36 |
| 6       | 125           | 10,4  | 11,7  | 18 . . . 31 | 21 . . . 36 |

Выбор вариантов конфигурации диктовался следующими соображениями. Первая и вторая пары пластин расположены в начале системы, третья и четвертая — вблизи середины системы, чтобы обеспечить минимальный угол отклонения и, следовательно, минимальные aberrации. Совмещение пластин первой и второй, третьей и четвертой пар связано с необходимостью уменьшить продольные размеры системы и сделать искажения одинаковыми по обоим каналам, что значительно улучшит условия минимизации искажений. Длина пластин третьей и четвертой пар выбиралась максимальной для уменьшения отклоня-

ющего напряжения. Чтобы обеспечить зазор между пластинами, параметры  $D_i$  и  $H_i$  должны быть связаны зависимостью  $\frac{D_i}{H_i} = 1,1 \dots 1,2$  (рис. 1). Искажения пучка в системе формирования и фокусировки при этом не учитывались. Угол схождения пучка на экране  $2\omega = 10^{-5}$ . Пучок отклоняется в двух направлениях,

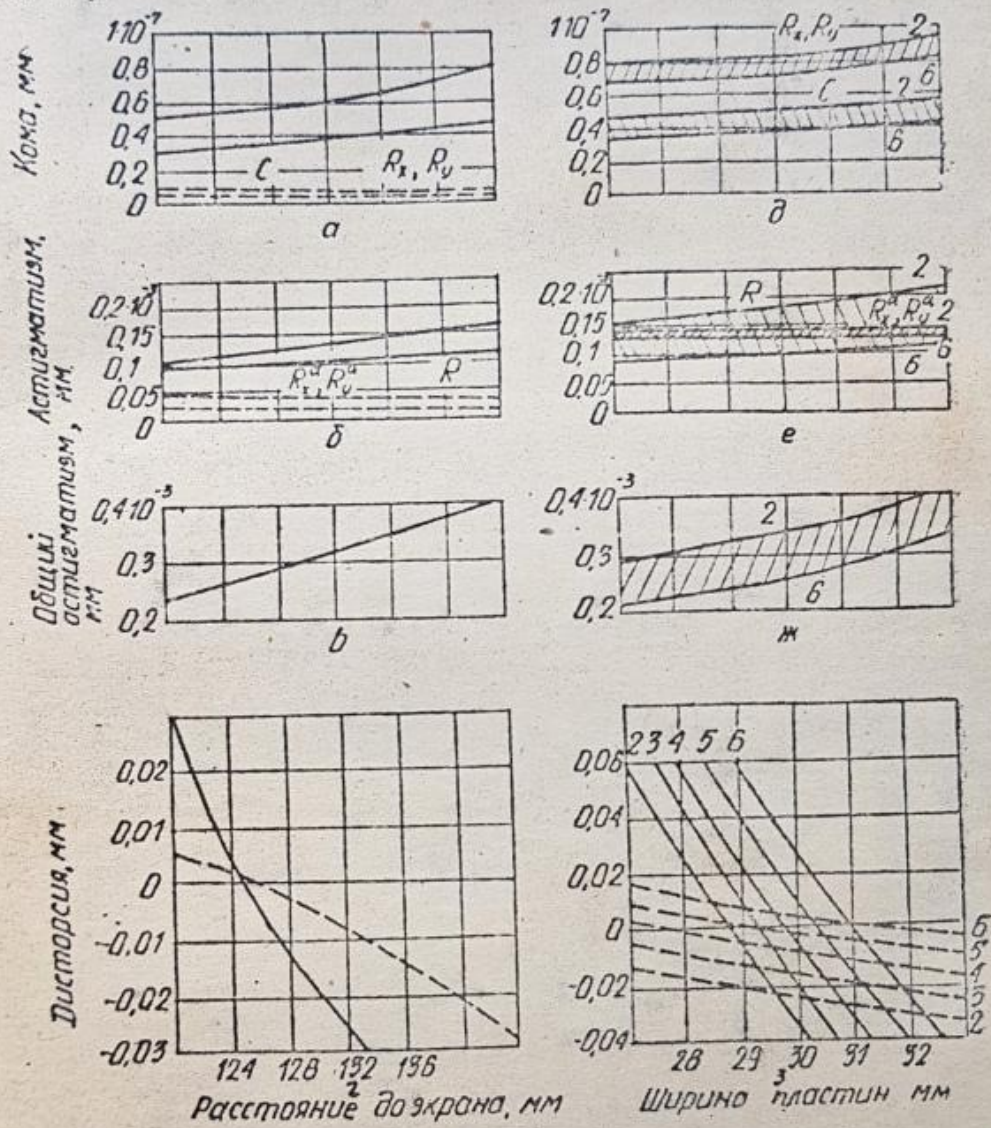


Рис. 2

попадая на маску в точку  $(-5; -5)$ , а на экране — в точку  $(-2,5; -2,5)$ .

Расчет выполнялся для следующих видов искажений: дисторсия по оси  $x$  и  $y$  (одинакова по обоим каналам); параметры комы ( $C, R_x, R_y$ ), астигматизма ( $R_a^x, R_a^y$ ), анизотропного астигматизма ( $R$ ). Дисторсия не зависит от диаметра и угла схождения пучка, поэтому эти расчеты можно использовать и для иных параметров пучка. Коэффициенты астигматизма пропорциональны  $\omega$ , а

коэффициенты комы —  $\omega^2$ , что позволяет легко пересчитать их при других значениях  $\omega$ .

Результаты расчетов влияния положения экрана  $z_3$  на аберрации для варианта 1 конфигурации приведены на рис. 2, а —  $z$  (— искажения на экране, --- искажения на маске). Для дисторсии характерна монотонная зависимость, причем она может обращаться в 0 и на экране и на маске (рис. 2,  $z$ ). Следовательно, возможен выбор оптимального диапазона размеров  $z_3$ . Другие типы искажений характеризуются плавным возрастанием на экране и убыванием на маске с ростом  $z_3$ . Анализируя графики искажений, приходим к выводу, что для данной конфигурации оптимальным является положение экрана  $z_3 = 125 \dots 126$  мм.

Существенным оказалось влияние расстояния между пластинами (в особенности между третьей и четвертой парами) и их ширины на размеры искажений пучка. Результаты расчетов для вариантов 2...6 конфигурации даны на рис. 2,  $d \dots z$ . При увеличении расстояния между пластинами третьей и четвертой пар дисторсия резко уменьшается и может обращаться в 0. Зависимость искажений от расстояния между пластинами первой и второй пар обратная. Это позволяет регулировать дисторсию и на экране, и на маске одновременно, обеспечивая ее минимизацию.

Необходимо учитывать, что расчеты выполнялись для одной траектории, полученной при отклонении электронного луча в двух направлениях. Это дает приближенное решение задачи оптимизации. При минимизации дисторсии по всей поверхности экрана или маски следует в общем случае рассматривать ряд опорных траекторий, решая для них многопараметрическую задачу оптимизации.

Другие виды искажений изменяются незначительно в достаточно широком диапазоне регулировки расстояния между пластинами.

В случае оптимизации системы по уровню астигматизма и комы удобно использовать обобщенный коэффициент искажения формы сечения пучка. Известно [1], что искажения параксиальной траектории можно представить в виде

$$\Delta x = a_{14} - a_{16}\omega \sin \theta - a_{40}\omega \cos \theta + a_{80}\omega^2 \sin 2\theta + a_{20}\omega^2 \sin^2 \theta + a_{25}\omega^2 \cos^2 \theta; \quad (1)$$

$$\Delta y = a_1 + a_{16}\omega \cos \theta - a_{50}\omega \sin \theta + a_{20}\omega^2 \sin 2\theta + a_{80}\omega^2 \cos^2 \theta + a_{13}\omega^2 \sin^2 \theta.$$

Максимальное радиальное увеличение радиуса пучка не превышает отклонения частицы от идеальной траектории  $R_x = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$ . Учитывая, что искажения формы пучка опреде-

ляются относительно его центра, полагаем  $a_1 = a_{14} = 0$ . После подстановки (1) в выражение для  $R_x$  получаем

$$R_x^2 = [a_{16}^2 + a_4^2 \cos^2 \theta + a_5^2 \sin^2 \theta + 2(a_4 + a_5)a_{16} \cos \theta \sin \theta] \omega^2 + \dots, \quad (2)$$

где члены, обозначенные троеточием, зависят от  $\omega^3$  и  $\omega^4$ , и в нашем случае на 3—4 порядка меньше первого члена. Итак, обобщенный коэффициент расширения пучка в данном случае определяется общим астигматизмом

$$R_x = \omega \sqrt{a_{16}^2 + \frac{a_4^2 + a_5^2}{2} + \frac{a_4 + a_5}{2} \sqrt{(a_4 + a_5)^2 + 4a_{16}^2} \times \sin \left( 2\theta + \arctg \frac{a_4 + a_5}{2a_{16}} \right)}.$$

Аналогичное выражение для электронных линз приведено у Ячменева С. Н. [2].

Результаты расчетов  $R_x$  в зависимости от  $z$ , (для варианта 1 конфигурации) и расстояния между пластинами (для вариантов 2...6) даны на рис. 2, б, е. Зависимости сходны с кривыми для астигматизма.

Таким образом, указанные данные позволяют выбирать оптимальную конфигурацию отклоняющих пластин, их расположение, а также использовать разработанную программу расчета для оптимизации системы по другим параметрам.

Список литературы: 1. *Искажения при отклонении электронных пучков* / А. Б. Галат, А. К. Гнап, Ю. В. Дубровин, А. Г. Шенн. — АСУ и приборы автоматики, 1984 г., вып. 69, с. 112—120. 2. Ячменев С. Н. Оптимальные электронно-проекторные системы с уменьшенными до субмикронных размеров элементами изображения маски. Ч. I. Ошибки оптического изображения. — Электронная техника. Сер. 1. Электроника СВЧ, 1979, вып. 6, с. 52—62.

Поступила в редколлегию 07.12.84.