

УДК 621.385

## Разработка электронно-лучевых вентиляей с уменьшенными массогабаритными параметрами

*В. И. Переводчиков, В. Н. Шапенко, П. М. Стальков, А. С. Мурашов*  
Государственное унитарное предприятие "Всероссийский электротехнический институт им. В. И. Ленина" (ГУП "ВЭИ"), Москва, Россия

*В течение ряда лет в ГУП "ВЭИ" проводится разработка электронно-лучевых вентиляей (ЭЛВ)- мощных электронных ламп, основанных на принципе торможения электронных пучков на аноде. Показана тенденция усовершенствования существующих ЭЛВ и новых разработок.*

В настоящее время в ГУП "ВЭИ" разработаны, созданы и испытаны в промышленных условиях три типа ЭЛВ:

- ЭЛВ 200/1 с параметрами: ток в постоянном режиме  $I_{\text{const}} = 1$  А, в импульсном —  $I_{\text{imp}}$  — до 4 А; коммутируемое напряжение  $U_{\text{com}} = 200$  кВ;

- ЭЛВ 4/40:  $I_{\text{const}} = 4$  А,  $I_{\text{imp}} \approx 50$  А;  $U_{\text{com}} =$  до 60 кВ;

- ЭЛВ 50/100:  $I_{\text{const}} = 50$  А,  $I_{\text{imp}} \approx 500$  А;  $U_{\text{com}} \approx 100-120$  кВ.

Характерные особенности этих ламп следующие:

реализация необходимых электрических параметров, особенно электрической прочности, в единичном приборе;

малое внутреннее сопротивление (Ом) и высокий КПД (до 99,8 %) в ключевом режиме; быстрое действие (длительность фронта — единицы микросекунд);

возможность рассеивания мощностей от десятков киловатт до 1 мВт, что важно для переходных режимов;

наличие пентодной вольтамперной характеристики со слабой зависимостью тока от анодного напряжения (пентодная ВАХ).

Авторами рассматривается направление модернизации существующих и вновь разрабатываемых приборов на примере их использования в наиболее перспективных областях техники:

мощные модуляторы радиолокационных станций, где требуются следующие электриче-

ские параметры: 8 А в импульсном режиме, электрическая прочность 40 кВ, длительность импульса  $\tau \approx 0,125-20$  мкс при скважности  $Q = 2$ ;

элементы источников питания мощных пучково-плазменных усилителей с параметрами 4 А, 40 кВ,  $\tau$  — десятки микросекунд, длительность фронта  $\tau_f \sim 10$  мкс.

Очевидно, что для этих применений наиболее подходящим является тип ЭЛВ 4/40.

Модернизация прибора проводилась совместно с ФГУП «НПП "Контакт"» (г. Саратов) в соответствии с требованиями заказчиков в направлении уменьшения массогабаритных показателей при сохранении электрических параметров.

Эта задача решалась путем оптимизации конструкции с соответствующей корректировкой электронно-оптической системы.

Конструкция ЭЛВ 4/40 основана на использовании катодного узла, содержащего восемь оксидных ленточных катодов. Относительно катодного узла концентрически располагаются ускоряющий (сетка) и защитный электроды, а также анод. В новой модификации прибора полностью пересмотрена конструкция катодного узла, в результате чего новая компоновка электродов позволила уменьшить в два раза диаметр прибора. Используются также более современный изолятор с уменьшенными габаритными размерами и массой, отдельные новые конструкционные элементы.

На рис. 1 представлена схема модернизированного электронно-лучевого вентиля ЭЛВ 4/40М. Изменение конструкции потребовало дополнительного расчета и оптимизации электронно-оптической системы (ЭОС). На основе выбранного варианта ЭОС создан экспериментальный образец ЭЛВ 4/40М, который тщательно исследован и испытан.

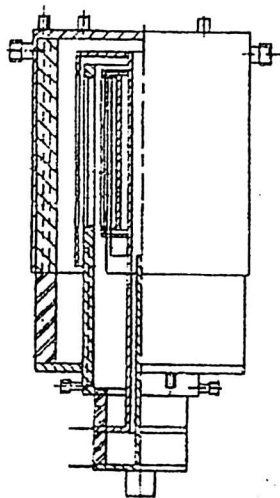


Рис. 1. Схема модернизированного ЭЛВ 4/40М

В таблице приведены основные электрические и электронно-оптические параметры. На рис. 2 представлены два ЭЛВ: существующего 4/40 и 4/40М с уменьшенными в два раза массогабаритными показателями.

Параметры	Тип ЭЛВ			
	2/200	4/40М	4/40М2	50/100М
$U_{\text{ком}}, \text{кВ}$	200	60	60	100
$I_{\text{ком}}, \text{А}$	2	8	8	50
$U_a \text{ при } I_a, \text{кВ}$	1,5	0,5	0,3	1,5
$U_c/U_{\text{ком}}, \text{кВ}$	5/200	2/60	1,3/60	5/120
$U_a/U_c$	0,3	0,22	0,2	0,2
$\eta, \%$	97,8	98,4	99,2	98,7

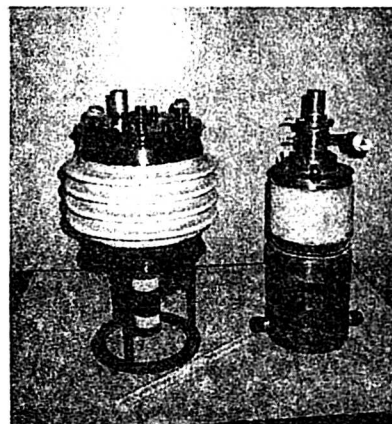


Рис. 2. Общий вид ЭЛВ 4/40 и ЭЛВ 4/40М

На рис. 3 приведены вольтамперные характеристики вновь разработанного ЭЛВ 4/40М.

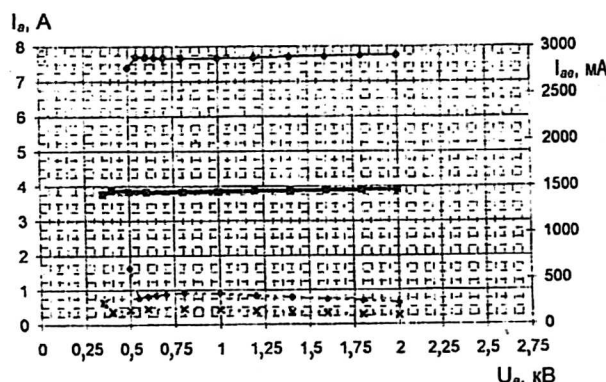


Рис. 3. Вольт-амперная характеристика ЭЛВ 4/40М:  
 —◆—  $I_a$  при  $U_{ae} = 2,4$  кВ; —■—  $I_{a0}$  при  $U_{ae} = 2,4$  кВ;  
 —■—  $I_a$  при  $U_{ae} = 1,5$  кВ; —x—  $I_{a0}$  при  $U_{ae} = 1,5$  кВ

Анализ вольтамперной характеристики рассматриваемого прибора показывает, что постоянный анодный ток 4 А может быть получен при напряжении на ускоряющем электроде 1,55 кВ. Переванс системы  $P = 63,7$  мкА/В<sup>3/2</sup>. Потери по току на сетке составляют  $\sim 5\%$  при глубине торможения  $U_a/U_{ae} = 20\%$ . ВАХ имеет горизонтальный участок с наклоном 60 мкА/кВ. Коммутируемое напряжение 60 кВ. В импульсном режиме (длительность импульса 10—15 мкс, частота повторения 25 Гц) получен ток до 100 А при сеточном потенциале 15 кВ. Высоковольтные испытания с внешней изоляцией показали увеличение коммутируемого напряжения до 140 кВ.

ЭЛВ 4/40М освоены ФГУП «НПО "Контакт"» и отдельными партиями поставляются заказчикам.

Дальнейшая работа по снижению массогабаритных характеристик ЭЛВ 4/40 свелась к реализации существующей идеи — увеличению токоотбора с катода. Это позволило сократить число катодов. На рис. 4 приведен вариант траекторного анализа ЭЛВ 4/40М2 с шестью катодами и с новым уровнем величины плотности тока  $I = 0,3 \text{ А/см}^2$ , что удовлетворяет требуемому сроку службы (до 3000 ч) и температурному режиму (1100 К) при электрических параметрах 4 А; 40 кВ. Расчет показал возможность торможения до 100 В на аноде при напряжении на ускоряющем электроде 1250 В.

Обращает на себя внимание равномерное распределение отбираемого тока по поверхности

анода. В пространстве торможения имеется минимум потенциала для подавления вторично-эмиссионных электронов. Перванс системы составляет  $181,7 \text{ мкА/В}^{3/2}$ .

На основании результатов компьютерного моделирования создана конструкция шестикаточного ЭЛВ 4/40М2 (рис. 5). На рис. 6, а, б, в приведены габаритные чертежи трех ЭЛВ в одном масштабе: ЭЛВ 4/40, ЭЛВ 4/40М и ЭЛВ 4/40М2. Их сравнение показывает, что габариты ЭЛВ 4/40М2 в два раза меньше ЭЛВ 4/40М и в четыре раза — чем ЭЛВ 4/40. На заводе "Контакт" начато изготовление экспериментальных образцов этих ЭЛВ.

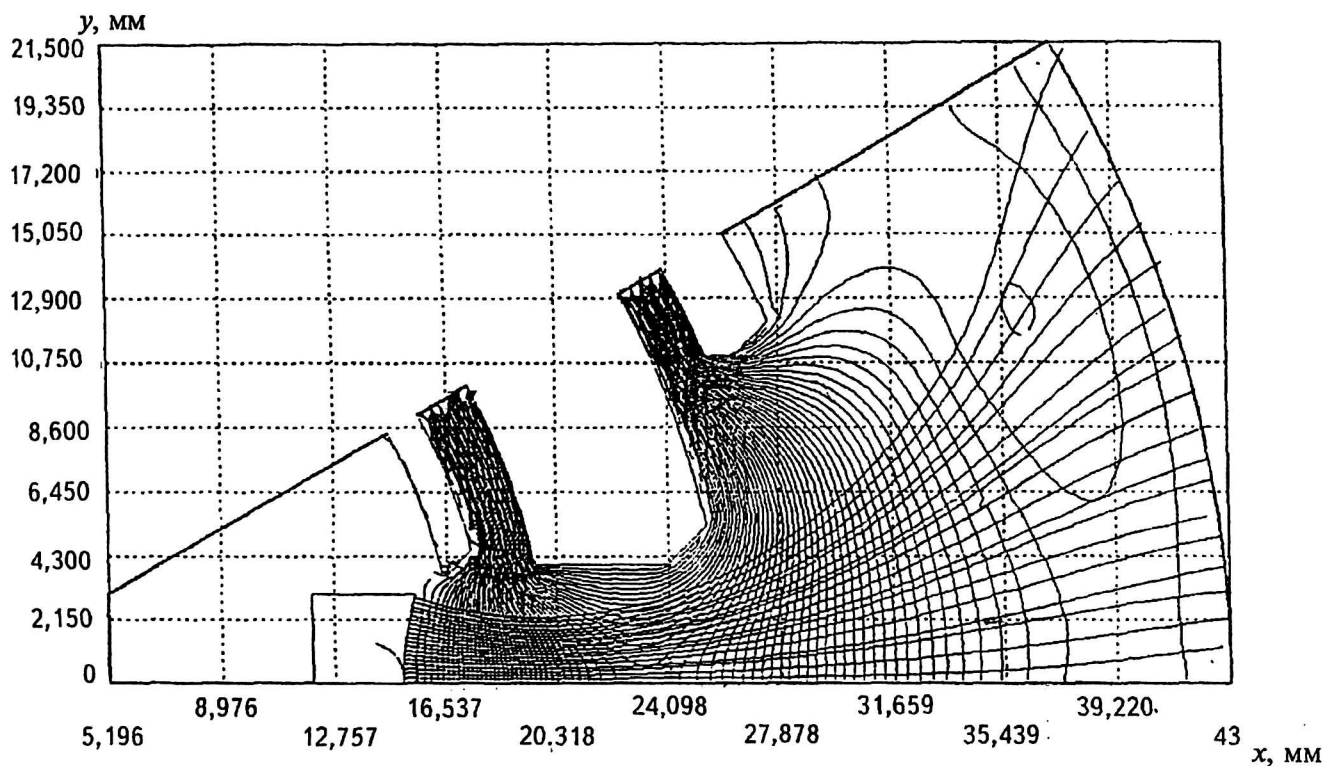


Рис. 4. Результат траекторного анализа ЭЛВ 4/40М2

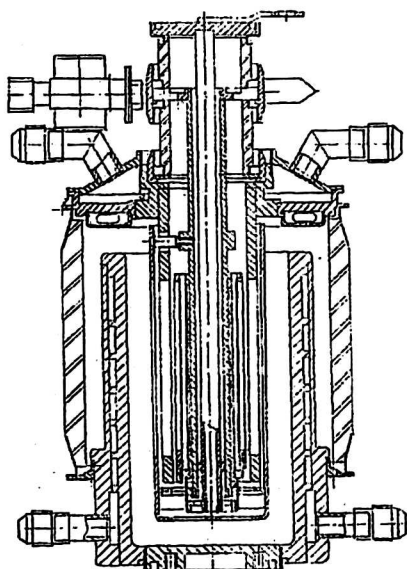


Рис. 5. Конструкция ЭЛВ 4/40М2

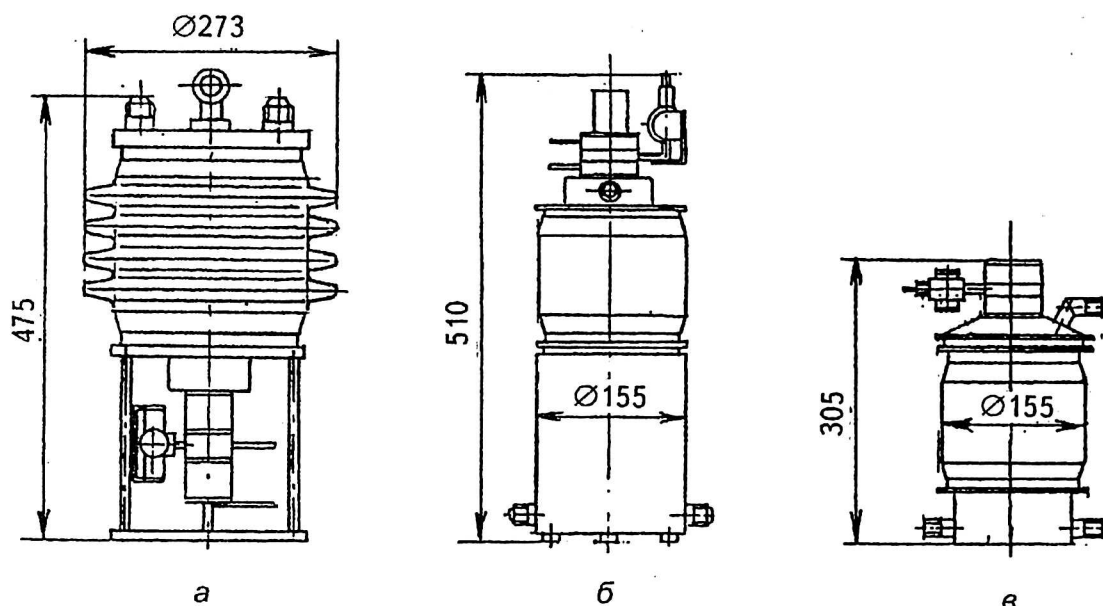


Рис. 6. Габаритные чертежи:  
 а — ЭЛВ 4/40; б — ЭЛВ 4/40М; в — ЭЛВ 4/40М2

Перспективы дальнейшего совершенствования приборов описанного класса, на наш взгляд, заключаются в использовании катодов с повышенной плотностью тока эмиссии (до  $5 \sim 10 \text{ A/cm}^2$ ), в частности, новых типов вольфрамобариевых катодов — металлопористых, пропитанных (импрегнированных), которые имеют существенные преимущества по сравнению с оксидными. Од-

нако широкое их применение ограничено повышенными температурой катода и мощностью подогревателя, более высокой (чем у оксидного катода) скоростью испарения бария, более сложной технологией изготовления катодов и, соответственно, большей их стоимостью. Поэтому использование импрегнированных катодов в ЭЛВ требует тщательного анализа.

## Development of electron gates with diminished mass-dimensional parameters

V. I. Perevodchikov, V. N. Shapenko, P. M. Stalkov, A. S. Murashov  
 The All-Russian Electrotechnical Institute, Moscow, Russia

*For a number of years the All-Russian Electrotechnical Institute carries out development of electron gates — powerful vacuum valves based on a principle of inhibiting action of electron beams on the anode. Shown is the tendency of betterment for present electron gates and advanced designs.*