

М. С. КАУФМАН и К. И. ПАЛАТОВ

# ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ

Издание третье, переработанное

*Под редакцией проф. Р. А. НИЛЕНДЕРА*

Допущено Министерством высшего  
и среднего специального образования СССР  
в качестве учебного пособия для техникумов



«ЭНЕРГИЯ»

МОСКВА 1970

УДК 62L325

6ФО.31

К 30

**Кауфман М. С. и Палатов К. И.**

**К30** Электронные приборы. Учебное пособие для техникумов, изд. 3-е, переработ., М., «Энергия», 1970.

480 с. с илл.

В книге изложены теория работы, конструкции и основы расчета электровакуумных приборов, а также связь параметров и конструкций приборов с важнейшими схемами и условиями их применения.

Изложение материала в книге предполагает наличие у читателей математической, физической и общетехнической подготовки в объеме соответствующих программ электровакуумных техникумов.

Книга предназначена в качестве учебного пособия по курсу «Электровакуумные приборы и основы их проектирования» для учащихся техникумов электронных приборов. Она может быть полезной в качестве пособия для работников, соприкасающихся с вопросами устройства, работы, расчета и применения электронных приборов, а также для студентов соответствующих специальностей высших учебных заведений.

3-3-12

283-69

6ФО.31

*Кауфман Михаил Симонович и Палатов Константин Иванович*

## **ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ**

Редакторы А. А. Жигарев и Э. М. Гутцайт

Переплет художника А. М. Кувшинникова

Технический редактор Г. Г. Абрамова

Корректор Н. В. Лобанова

---

Сдано в набор 17/VI 1969 г. Подписано к печати 16/XII 1969 г. Т-16054.  
Формат 60×90<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага типографская № 2. Печ. л. 30.0. Уч.-  
изд. л. 34,17. Тираж 45 000 экз. Цена 1 р. 32 к. Зак. 615.

---

Издательство «Энергия». Москва, Ж-114, Шлюзовая наб., 10.

---

Ордена Трудового Красного Знамени Ленинградская типография № 1  
«Печатный Двор» имени А. М. Горького Главполиграфпрома Комитета  
по печати при Совете Министров СССР, г. Ленинград, Гатчинская ул., 26

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие . . . . .	3
Введение . . . . .	4
0-1. Классификация электронных приборов . . . . .	4
0-2. Общие требования к электронным приборам . . . . .	6
<b>РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ. ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕОРИИ</b>	
<b>Глава первая. Электроны . . . . .</b>	<b>12</b>
1-1. Понятие об электроне . . . . .	12
1-2. Электроны в атомах . . . . .	14
1-3. Электроны в твердых телах . . . . .	16
1-4. Работа выхода электронов . . . . .	20
1-5. Контактная разность потенциалов . . . . .	23
<b>Глава вторая. Электронная эмиссия . . . . .</b>	<b>25</b>
2-1. Виды электронной эмиссии . . . . .	25
2-2. Термоэлектронная эмиссия . . . . .	26
2-3. Влияние ускоряющего электрического поля на величину термоэлектронной эмиссии . . . . .	30
2-4. Фотоэлектронная эмиссия . . . . .	32
2-5. Вторичная электронная эмиссия . . . . .	36
2-6. Электростатическая (автоэлектронная) эмиссия . . . . .	39
<b>Глава третья. Законы движения электронов в электрических и магнитных полях . . . . .</b>	<b>41</b>
3-1. Движение электрона в однородном электрическом поле . . . . .	41
3-2. Движение электрона в неоднородных электрических полях . . . . .	44
3-3. Движение электрона в однородном магнитном поле . . . . .	45
<b>Глава четвертая. Термоэлектронные катоды электронных приборов . . . . .</b>	<b>49</b>
4-1. Классификация термоэлектронных катодов . . . . .	49
4-2. Параметры и характеристики накаливаемых катодов . . . . .	50
4-3. Вольфрамовые катоды . . . . .	54
4-4. Пленочные катоды . . . . .	61
4-5. Оксидные катоды . . . . .	64
4-6. Расчет оксидных катодов . . . . .	72
4-7. Высокотемпературные оксидные катоды . . . . .	82
4-8. Металлопористые камерные и пропитанные катоды . . . . .	84
<b>РАЗДЕЛ ВТОРОЙ. ЭЛЕКТРОННЫЕ ЛАМПЫ</b>	
<b>Глава пятая. Двухэлектродная лампа — диод . . . . .</b>	<b>89</b>
5-1. Теория объемного заряда. Закон степени трех вторых . . . . .	89
5-2. Вольт-амперная характеристика диода . . . . .	98

5-3. Параметры диода . . . . .	102
5-4. Применение диодов . . . . .	105
<b>Глава шестая. Трехэлектродная лампа — триод . . . . .</b>	<b>108</b>
6-1. Устройство и принцип работы триода . . . . .	108
6-2. Действующий потенциал триода . . . . .	111
6-3. Статические характеристики триода . . . . .	115
6-4. Статические параметры триода . . . . .	117
6-5. Распределение токов в триоде с положительной сеткой . . . . .	124
6-6. Междуэлектродные емкости триода . . . . .	128
6-7. Зависимость параметров триода от геометрических размеров электродов . . . . .	129
<b>Глава седьмая. Применение триодов . . . . .</b>	<b>133</b>
7-1. Динамический режим работы триода . . . . .	133
7-2. Динамические характеристики . . . . .	133
7-3. Крутизна рабочей характеристики . . . . .	135
7-4. Работа триода в схеме усилителя . . . . .	136
7-5. Работа триода в схеме генератора . . . . .	142
7-6. Типы и области применения триодов . . . . .	145
<b>Глава восьмая. Экранированные лампы — тетроды и пентоды . . . . .</b>	<b>148</b>
8-1. Устройство и принцип работы тетродов . . . . .	148
8-2. Действующий потенциал тетрода . . . . .	148
8-3. Распределение токов в тетроде. Уравнение анодного тока . . . . .	150
8-4. Статические анодные характеристики тетродов . . . . .	152
8-5. Способы устранения динаatronного эффекта. Лучевые тетроды и пентоды . . . . .	153
8-6. Анодно-сеточные характеристики тетродов и пентодов . . . . .	157
8-7. Статические параметры тетродов и пентодов . . . . .	159
8-8. Динамические характеристики и параметры тетродов и пентодов . . . . .	163
8-9. Лампы с переменной крутизной . . . . .	166
<b>Глава девятая. Частотопреобразовательные и специальные электронные лампы . . . . .</b>	<b>168</b>
9-1. Лампы с двойным управлением анодным током . . . . .	168
9-2. Многосеточные частотопреобразовательные лампы . . . . .	172
9-3. Электрометрические лампы . . . . .	174
9-4. Лампы с использованием вторичной электронной эмиссии . . . . .	179
9-5. Электроннолучевые индикаторы настройки . . . . .	181
<b>Глава десятая. Приемно-усилительные лампы (ПУЛ) . . . . .</b>	<b>183</b>
10-1. Внешнее оформление ПУЛ . . . . .	183
10-2. Дополнительные параметры ламп . . . . .	185
10-3. Особенности конструкций ПУЛ . . . . .	193
10-4. Конструкции деталей ПУЛ . . . . .	202
10-5. Основы расчета ПУЛ . . . . .	213
<b>Глава одиннадцатая. Генераторные лампы . . . . .</b>	<b>221</b>
11-1. Классификация и обозначение генераторных ламп . . . . .	221
11-2. Дополнительные параметры генераторных ламп . . . . .	223
11-3. Особенности конструкций генераторных ламп . . . . .	226
11-4. Катоды генераторных ламп . . . . .	229
11-5. Аноды генераторных ламп . . . . .	230
11-6. Сетки генераторных ламп . . . . .	233
11-7. Баллоны, ножки и изоляторы . . . . .	234

РАЗДЕЛ ТРЕТИЙ. ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ СВЕРХВЫСОКИХ ЧАСТОТ

Глава двенадцатая. Особенности приборов и техники СВЧ . . . . .	237
12-1. Введение . . . . .	237
12-2. Основные параметры и характеристики электронных приборов СВЧ . . . . .	239
12-3. Линии передач СВЧ колебаний . . . . .	243
12-4. Колебательные контуры для СВЧ приборов . . . . .	258
Глава тринадцатая. Приборы с электростатическим управлением электронами . . . . .	267
13-1. Особенности работы электронных ламп на СВЧ . . . . .	267
13-2. Диоды СВЧ диапазона . . . . .	272
13-3. Триоды СВЧ . . . . .	275
13-4. Конструктивно-технологические особенности . . . . .	282
Глава четырнадцатая. Клистроны . . . . .	284
14-1. Принцип скоростной модуляции электронов . . . . .	284
14-2. Двухрезонаторные пролетные клистроны . . . . .	286
14-3. Многорезонаторные усилительные клистроны . . . . .	292
14-4. Параметры и характеристики пролетных клистронов . . . . .	294
14-5. Конструктивно-технологические особенности пролетных клистронов . . . . .	296
14-6. Принцип действия и параметры отражательных клистронов . . . . .	300
14-7. Конструктивно-технологические особенности отражательных клистронов . . . . .	307
Глава пятнадцатая. Приборы с длительным взаимодействием электронного потока с замедленной электромагнитной волной . . . . .	310
15-1. Общие сведения . . . . .	310
15-2. Принцип действия и параметры ламп с бегущей волной . . . . .	313
15-3. Конструктивно-технологические особенности ЛБВ . . . . .	327
15-4. Устройство, принцип действия и элементарная теория ЛОВ . . . . .	332
15-5. Конструктивно-технологические особенности ЛОВ . . . . .	337
Глава шестнадцатая. СВЧ приборы магнетронного типа . . . . .	340
16-1. Многорезонаторные магнетроны . . . . .	340
16-2. ЛБВ и ЛОВ магнетронного типа. Платинотроны . . . . .	352
16-3. Конструктивно-технологические особенности приборов типа М . . . . .	356

РАЗДЕЛ ЧЕТВЕРТЫЙ. ФОТОЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ

Глава семнадцатая. Фотоэлементы с внешним фотоэффектом . . . . .	365
17-1. Принцип работы и устройство фотоэлементов . . . . .	365
17-2. Фотокатоды . . . . .	366
17-3. Характеристики и параметры фотоэлементов . . . . .	370
17-4. Особенности конструкций фотоэлементов . . . . .	376
Глава восемнадцатая. Фотоэлектронные умножители . . . . .	378
18-1. Принцип вторично-электронного умножения . . . . .	378
18-2. Вторично-электронные эмиттеры . . . . .	380
18-3. Однокаскадные фотоэлектронные умножители . . . . .	382
18-4. Многокаскадные фотоэлектронные умножители . . . . .	384
18-5. Параметры и характеристики фотоэлектронных умножителей . . . . .	390

РАЗДЕЛ ПЯТЫЙ. ЭЛЕКТРОННОЛУЧЕВЫЕ ПРИБОРЫ

Глава девятнадцатая. Приемные электроннолучевые трубки . . . . .	396
19-1. Устройство электроннолучевых трубок . . . . .	396

19-2. Электронные линзы . . . . .	397
19-3. Электронные прожекторы . . . . .	405
19-4. Отклоняющие системы электроннолучевых трубок . . . . .	411
19-5. Развертка электронного луча . . . . .	417
19-6. Экраны электроннолучевых трубок . . . . .	421
19-7. Осциллографические и индикаторные электроннолучевые трубки	429
19-8. Приемные телевизионные трубки . . . . .	435
19-9. Приемные трубки для цветного телевидения . . . . .	440
<b>Глава двадцатая. Электроннолучевые трубки с накоплением зарядов . . . . .</b>	<b>405</b>
20-1. Принцип накопления заряда на диэлектрической мишени и изолированном проводнике . . . . .	445
20-2. Потенциалоскоп с барьерной сеткой . . . . .	450
20-3. Потенциалоскоп с видимым изображением . . . . .	453
20-4. Общие принципы работы передающих трубок и требования к ним . . . . .	455
20-5. Супериконоскоп . . . . .	458
20-6. Суперортикон . . . . .	459
20-7. Видикон . . . . .	462
<b>Глава двадцать первая. Электронно-оптические преобразователи</b>	
21-1. Принцип работы электронно-оптических преобразователей . .	463
21-2. Основные требования к электронно-оптическим преобразователям и усилителям . . . . .	465
21-3. Технические конструкции электронно-оптических преобразователей . . . . .	467
21-4. Усилители рентгеновского изображения . . . . .	470