

Труды Государственного Экспериментального
Электротехнического Института

Выпуск 16

РАБОТЫ
ВАКУУМ-ТЕХНИЧЕСКОГО ОТДЕЛА

IV

1. *М. Т. Грехова.* О влиянии остатков газа на колебания в катодном генераторе для коротких волн.
2. *Н. А. Капцов.* О колебаниях короткой длины волны, генерируемой в триоде, содержащем пары ртути. II.



**Научно-Технический Отдел В. С. Н. Х. имеет в своем составе
нижеследующие исследовательские научно-технические институты
и учреждения, работу которых он объединяет:**

1. Институт Прикладной Химии.
2. Институт Чистых Химических Реактивов.
3. Научный Химико-Фармацевтический Институт.
4. Научный Институт по Удобрениям.
5. Химический Институт имени Л. Я. Карпова.
6. Государственный Экспериментальный Институт Силикатов.
7. Государственный Экспериментальный Электротехнический Институт.
8. Ленинградская Электротехническая Лаборатория.
9. Центральный Аэро-Гидродинамический Институт.
10. Научный Автомоторный Институт.
11. Институт Прикладной Минералогии и Металлургии (Lithogaea)
с Горно-Металлургической Лабораторией в Ленинграде.
12. Научно-Исследовательский Институт по изучению Севера (б. Се-
верная Научно-Промысловая Экспедиция).
13. Ленинградская Лаборатория Тепловых Двигателей.
14. Ленинградская Физико-Техническая Лаборатория.
15. Бюро Металлургических и Теплотехнических Конструкций.

Научно-Технический Отдел издает труды перечисленных институ-
тов в виде отдельных выпусков, из которых каждый содержит труды
только одного института.

По заданиям Научно-Технического Отдела ведется целый ряд
работ по актуальным вопросам промышленности и техники и вне
институтов НТО. Эти работы выполняются различными учеными и
специалистами за счет особого фонда на научно-технические работы.
Работы, выполненные в указанном порядке, войдут в настоящие выпу-
ски трудов в виде ли самостоятельных выпусков, или в серии работ
соответствующего института, к которым они подходят по теме и своему
характеру.

Каждый выпуск имеет два номера; верхний—общий порядковый,
а нижний—порядковый по данному институту.

Труды Государственного Экспериментального
Электротехнического Института

Выпуск 16

Р А Б О Т Ы
ВАКУУМ-ТЕХНИЧЕСКОГО ОТДЕЛА

IV

1. *М. Т. Грехова.* О влиянии остатков газа на колебания в катодном генераторе для коротких волн.
2. *Н. А. Капцов.* О колебаниях короткой длины волны, генерируемой в триоде, содержащем пары ртути. II.

Типо-Литография В. Т. У. имени тов. ДУНАЕВА. Москва, Б. Полянка, 9.

Главлит № 65012.

Тираж 1000 экз.

Предисловие.

Настоящий выпуск Вакуум-Технического Отдела содержит две работы — Н. А. Капцова и М. Т. Греховой, посвященные изучению того влияния, которое состояние вакуума в катодной лампе оказывает на ее способность генерировать короткие волны, имеющие такое большое значение в современной радиотехнике. В работе Н. А. Капцова рассматривается влияние паров ртути, находящихся в катодной лампе, а в работе М. Т. Греховой — влияние остатков газа на колебательный режим катодного генератора. Обе работы представляют непосредственное продолжение исследований, помещенных в III выпуске работ Вакуум-Технического Отдела Г.Э.Э.И.

В. Романов.

2/II 1926.

О влиянии остатков газа на колебания в катодном генераторе для коротких волн¹⁾.

М. Т. Грехова.

Исследование условий, необходимых для получения электрических волн с помощью двухлампового генератора, описанного в работе, помещенной в 11 выпуске Трудов Г.Э.И., показало, что эти условия, а также и энергия полученных волн, были несколько различны для ламп одного и того же типа. Можно было допустить, что на колебания влияет давление остаточных газов в лампах, тем более, что Nettleton²⁾ исследуя влияние газов на колебания по схеме Barkhausen'a³⁾ и работая при различных давлениях паров ртути, водорода и воздуха, получил, что колебания существуют при давлениях газа от 10^{-3} до 10^{-5} mm Hg и исчезают при давлениях ниже 10^{-5} mm Hg. Отсюда Nettleton заключает, что колебания, получаемые им, — ионного характера. С другой стороны, схема для получения колебаний с двухламповым генератором несколько отлична от схемы Barkhausen'a, и колебания получались с нею с помощью ламп, давление в которых было безусловно ниже 10^{-5} mm Hg. Ввиду всего вышеизложенного представлялся интерес выяснить, в какой мере давление остаточного газа влияет на характер и условия получения колебаний по этой схеме. Это и составляет предмет настоящей работы.

Описание установки.

Две катодные лампы для получения колебаний и лампа для измерения давлений были коротко (без всяких сужений) припаяны посредством широкой стеклянной трубки к вакуум-установке (рис. 1), состоящей из масляного насоса Р, крана к, конденсационных насосов Ленгмюра L_1 и L_2 , баллона большой емкости F, двойного ртутного крана К, манометра Мак-Леода М и сосуда Дюара D. Насосы L_1 и L_2 соединены последовательно через ртутный кран и баллон F. Такое соединение позволяет насосу L_1 работать без перерыва на форвакуум

¹⁾ Эта работа была доложена в Московском Физическом Обществе имени П. Н. Лебедева в феврале 1925 г.

²⁾ Proc. Nat. Acad. America. 8. S. 383—387 (1922).

³⁾ Phys. Zeit. 21. S. 1 (1920).

Р при закрытой нижней части крана К и выключенном масляном насосе, а также позволяет пускать в лампы различные порции газа. Такая вакуумная схема с двумя Лангмурами, запасным форвакуумом

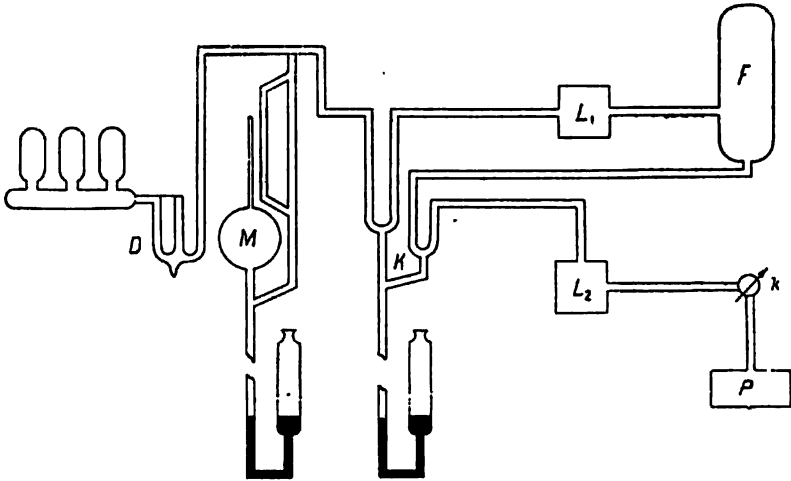


Рис. 1.

и с двойными ртутными кранами, разработанная под руководством проф. В. И Романова в Вакуум-Техническом Отделе Г.Э.Э.И., представляет значительные удобства при работе в высоком вакууме.

Измерение давлений.

Для измерения давлений служила обыкновенная усилительная катодная лампа, имеющая следующие размеры: диаметр анода 9 мм, диаметр сетки 3,8 мм, диаметр нити 0,049 мм. Схема для измерения

давления дана на рис. 2, где B_1 —батарея накала нити, B_2 —батарея в 2,6 V, дающая отрицательный потенциал на решетку, и B_3 —батарея для напряжения на анод, которое изменялось потенциометром. Микроамперметр G_2 (шунтированный) служил для измерения анодного тока; G_1 —зеркальный гальванометр Сименс и Гальске, чувствительностью

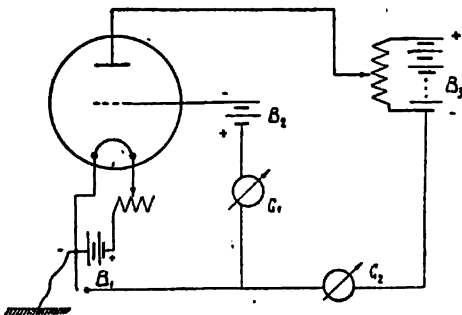


Рис. 2.

8.10 ампер, служил для измерения решеточного тока. Для такой схемы Kaufman и Zegow¹⁾ дали способ расчета коэффициента k в формуле $p = k \frac{I_g}{I_a}$, где

¹⁾ Zeitschr. f. Phys. 5. S. 319 (1921).

p — давление, I_g — решеточный и I_a — анодный токи. Величина k по их подсчетам равна

$$k = \frac{1}{(E_a - E_g) b} \cdot \int_{r_1}^{r_2} f(P) dP,$$

где $f(P)$ — функция Мауера ¹⁾

$$P = E_g^1 + (E_a + E_g^1) b \cdot \lg \left(\frac{r}{r_1} \right); \quad E_g^1 = \frac{b(E_g + DE_a)}{D(a+b) + b};$$

$$a = \frac{1}{\lg r_1/r_0}; \quad b = \frac{1}{\lg r_2/r_1}.$$

D — проницаемость лампы, E_a — напряжение анода, E_g — напряжение решетки, r_1 — радиус решетки, r_2 — радиус анода.

Пользуясь таким способом расчета k , можно получать давление непосредственно в миллиметрах ртутного столба. Кауфман и Зеготу измеряли давление в отпаянных лампах. Исследования на насосе ими проектировались, но, как указано в работе, по внешним причинам были оставлены. Произведенный в настоящей работе ряд измерений дает возможность судить о точности метода Кауфман'а и Зеготу для измерений давлений. В выражение для k входит значение D — проницаемость лампы. Она измерялась по одной из обычных схем и в пределах точности измерений не изменялась при изменении давления. Постоянная k зависит от многих факторов и в том числе от потенциала анода; так, например, в случае примененной в этой работе лампы:

для $E_a = 50$	$k = 0,505$
для $E_a = 75$	$k = 1,504$
для $E_a = 100$	$k = 2,33$

Вычисляя постоянную k для различных потенциалов анода и измеряя для каждого потенциала I_g и I_a , получаем несколько величин для одного и того же значения давления. В таблице I приведены значения различных давлений, полученные в каждом случае для трех различных потенциалов анода. Для одного и того же давления они отличаются не более 5%. Прямые рис. 3 дают зависимость решеточного ионного тока от I_a — электронного тока на анод (изменение I_a достигалось

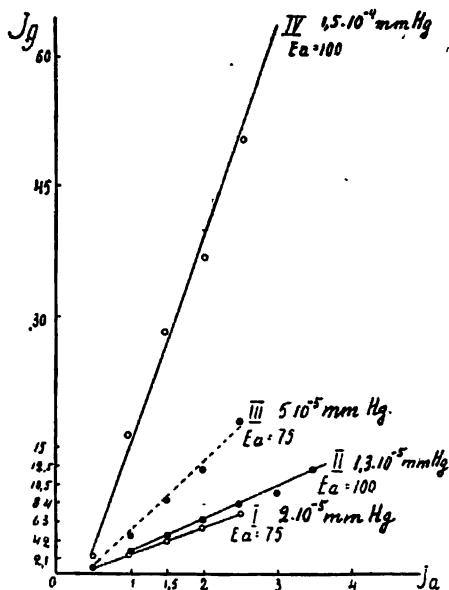


Рис. 3.

¹⁾ P. Мауер. Ann. d. Phys. 45. S. 1 (1914).

изменением накала нити) при различных давлениях и различных потенциалах анода.

Таблица I.

E_a	Давление.	E_a	Давление.
125	$1,3 \cdot 10^{-6}$	125	$2,5 \cdot 10^{-5}$
100	1,3. "	100	2,45. "
75	1,25. "	75	2,60. "
125	3,55. "	125	3,20. "
100	3,50. "	100	3,15. "
75	3,50. "	75	3,10. "
125	1,35. "	125	5,25. "
100	1,35. "	100	5,15. "
75	1,35. "	75	5,15. "

Нанося затем ионный ток при постоянном потенциале анода и накале нити, в зависимости от давления получаем ряд прямых,

представленных на рис. 4. Это части прямых, полученных для интервала да-

влений от 10^{-4} до $3 \cdot 10^{-8}$ mm Hg, на чертеже

они приведены в пределах от 10^{-6} до

$6 \cdot 10^{-5}$ mm Hg. По такого рода прямых,

зная ионный ток, можно с достаточной

точностью определять давление. Все измерения производились при электронном токе, не превышающем следующих значений:

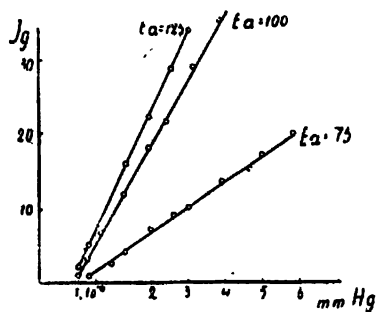


Рис. 4.

0,6 mA при $E_a = 125$ V
 0,38 mA " $E_a = 100$ V
 0,22 mA " $E_a = 75$ V

Dushman и Found¹⁾ показали, что в специально ими построенном манометре существует линейная зависимость между ионным током и давлением при $E_a = 125$ V и $I_a = 0,5$ mA до давления в 50 bars, а при

¹⁾ Phys. Rev. 17. P. 7 (1921); 28. P. 734 (1924).

$E_a = 250 \text{ V}$ и $I_a = 20 \text{ mA}$ до давления в 1 bar. Поэтому можно объяснить полученную линейную зависимость между давлением и ионным током в катодной лампе тем, что электронные токи, при которых производились измерения, достаточно малы¹⁾. Для того, чтобы убедиться, что при опытах во всех лампах давления были одинаковы, было произведено измерение давления описанным выше методом одновременно в двух одинаковых лампах. При одинаковых условиях ионный ток в обеих лампах был одинаков в каждый момент измерения. Результаты измерений представлены в таблице II.

Таблица II.

Ионный ток.	№ лампы.	Ионный ток.	№ лампы.
$0,5 \cdot 10^{-9}$	1	$16,0 \cdot 10^{-9}$	1
0,5 „	2	16,5 „	2
3,0 „	1	30,0 „	1
3,0 „	2	31,0 „	2
4,5 „	1	42,0 „	1
4,5 „	2	42,5 „	2
8,0 „	1	68,0 „	1
8,2 „	2	69,5 „	2
12,0 „	1	96,5 „	1
12,0 „	2	98,0 „	2

Кривые на рис. 3 и 4 показывают, что при достаточно малом анодном токе любой усилительной лампой цилиндрического типа можно пользоваться, как весьма точным и удобным манометром для высоких разрядов, выходящих за пределы других вакуум-измерителей.

Получение колебаний и опыты.

Как выше указано, две из трех припаянных к насосу ламп служили для получения колебаний. Схема для получения колебаний с двумя лампами подробно описана в выпуске 11 Трудов Г. Э. Э. И. Над лампами, припаянными к насосу, и колебательным контуром, к ним присо-

¹⁾ Результат работы Hellmut Simon *Telef. Zeit.* № 32—33 1923 г. также показывает, что при малых электронных токах между давлением и ионным током в лампе типа усилительной имеется линейная зависимость.

единенным, были натянуты проволоки Лехеровской системы. Неподвижный мост—диск из красной меди диаметром 12 см—помещался непосредственно над лампами. К подвижному мосту—пластинке из красной же меди 5×2 см—припаивался термоэлемент, соединенный с гальванометром. Порядок наблюдений был следующий: в лампы пускалось небольшое количество воздуха, затем устанавливалось определенное давление и при постоянном напряжении анода и накале нити снималась кривая зависимости анодного тока от напряжения

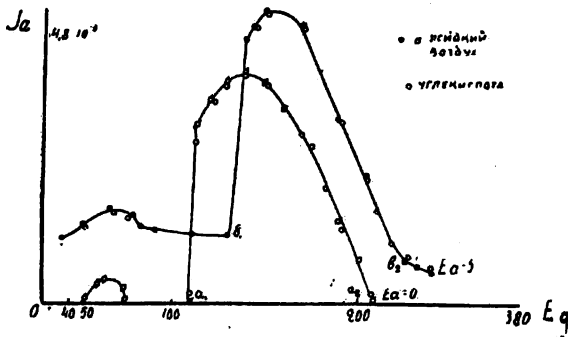


Рис. 5.

решетки, изменяемого потенциометром от 0 до 380 V. Изменение анодного тока с изменением напряжения решетки давало кривые, изображенные на рис. 5. Не изменяя давления, получаем ряд кривых зависимости I_a от E_g для различных напряжений анода и различных токов накала. Затем изменяем давление и повторяем весь ряд измерений. При каждом отсчете давление проверялось третьей лампой. Измерения такого рода были произведены при давлениях от 10^{-4} до 10^{-8} mm Hg. Типичные данные приведены в таблице III. Во всем указанном интервале давлений, как видно из таблицы III, кривые, полученные при различных давлениях, почти точно накладываются одна на другую. На рис. 5 кривая I получена для $E_a = 0V$, кривая II, — для $E_a = 5V$, точки, обозначенные на них кружками, получены при давлении $5 \cdot 10^{-5}$ mm Hg; точки обозначенные перечеркнутыми и затушеванными кружками для давления $5 \cdot 10^{-8}$ mm Hg. Следующий ряд измерений был произведен таким образом: фиксировалось в лампах определенное давление и исследовалась зависимость длины волны (измеряемой в Лехеровской системе) от напряжения анода и решетки, накала нити и длин анодных и решеточных проводов. Затем давление изменялось и все измерения повторялись. Как показали эти измерения, зависимость длины волны от режима лампы остается неизменной при различных давлениях (т.е. длина волны при постоянном режиме лампы в исследованном интервале давлений от $5 \cdot 10^{-4}$ до $3 \cdot 10^{-8}$ не меняется в зависимости от давления).

Затухание колебаний, получаемых в Лехеровской системе, столь мало, что было весьма трудно при сравнительно быстрых измерениях точно промерять всю резонансную кривую и, таким образом, следить за энергией колебаний, поэтому был произведен такой ряд измерений: потенциалы анода и решетки, накал нити и длины анодных и решеточных проводов задавались определенной величины. Подвижной

Таблица III.

Давление, мм Hg.	E_g V	$\frac{I_a}{10}$ A	Давление мм Hg	E_g V	$\frac{I_a}{10}$ A
$1,2 \cdot 10^{-7}$	210	0	$6,5 \cdot 10^{-6}$	210	0
	190	15		190	15
	180	21		180	21,5
	170	30,6		170	30
	160	31,5		160	—
	140	39		150	36
	130	36		140	39
	120	33		120	32,5
	110	0		110	0
	$6 \cdot 10^{-7}$	210		0	$7,9 \cdot 10^{-5}$
190		15,5	190	15	
180		21,5	180	21	
170		31	170	31,5	
160		31,5	160	32,5	
150		37	150	36	
140		39	140	39	
130		36	130	36,5	
120		32,5	120	31	
110		0	110	0	

мост Лехеровской системы помещался в какой-либо точке резонансной кривой, тогда гальванометр, соединенный с термоэлементом, помещенным в мосте, отклонялся на определенную величину. Затем изменялось давление и наблюдалось отклонение гальванометра. Результаты такого рода измерений представлены в таблице IV и на рис. 6.

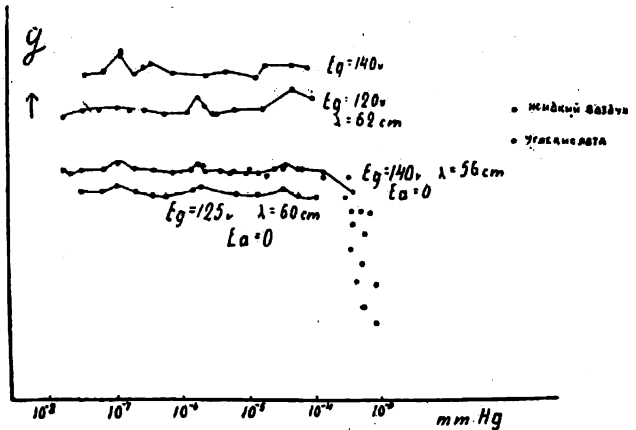


Рис. 6.

Две нижние кривые показывают зависимость анодного тока, характеризующего колебания, от давления при $E_g = 140$ V и $E_g = 125$ V, а верх-

Таблица IV.

E_a	λ см	I_a — 3 10 А	Отклон. гальван G в см.	Давление mm Hg.
140	54,5	4,02	92	3.10 ⁻⁸
		3,95	92	4.10 ⁻⁸
		4,03	93,5	8.10 ⁻⁸
		4,16	95,5	1.10 ⁻⁷
		4,00	92	3.10 ⁻⁷
		3,90	93	1.10 ⁻⁶
		4,10	96	3.10 ⁻⁶
		3,95	93,5	1.10 ⁻⁵
		4.1	94,5	5.10 ⁻⁵
		125	60	3,7
3,63	84,5			8.10 ⁻⁸
3,76	84,5			1.10 ⁻⁷
3,58	81,5			5,5.10 ⁻⁷
3,63	85			3,5.10 ⁻⁶
3,52	82			1.10 ⁻⁵

ние (данные, конечно, в другом масштабе)—зависимость отклонения гальванометра G, соединенного с термоэлементом, от давления. Из таблицы IV видно, что энергия колебаний в исследованном интервале не зависит от давления. Отклонения не превышают 5%. Накал нити так регулировался двумя реостатами в 16 ω и в 1800 ω и время от времени проверялся по эмиссионному току таким образом, чтобы при одинаковом режиме ламп и давлении эмиссионный ток был постоянен.

Измерения были произведены до максимального давления 10⁻⁴ mm Hg. При переходе к более высоким давлениям измерения пришлось оставить по следующим причинам: 1) приходилось опасаться распыления тонких вольфрамовых нитей, так как это внесло бы изменение в повторные опыты; 2) в лампах появлялось свечение уже при 130 V на сетке; 3) точное измерение давлений также делалось невозможным ниже 5.10⁻⁴ mm Hg, так как зависимость между ионным током (в лампе, служившей манометром) и давлением переставала быть линейной. Из

группы точек, данной на рис. 6, в пределах давлений от 3.10^{-4} до 1.10^{-3} mm Hg видно, что в этом интервале энергия колебаний уменьшается, как показывает большинство измерений как анодного тока, так и показаний гальванометра в Лехеровской системе.

Первоначальные измерения производились с применением для вымораживания паров ртути охлаждающей смеси из твердой углекислоты с эфиром (точки, отмеченные кружками на рис. 6), но благодаря медленной и недостаточной конденсации ртутных паров охлаждающая смесь была заменена жидким воздухом. Благодаря медленной конденсации ртутных паров при не очень низких температурах смеси был произведен ряд наблюдений, показывающий момент возникновения колебаний в зависимости от появления паров ртути, но привести данных, к сожалению, невозможно, так как абсолютного измерения давлений ртутных паров произведено не было.

Из всех вышеизложенных опытов можно вывести заключение, что при колебаниях, получающихся в описанном в прежней работе двухламповом генераторе, давление остаточного газа (воздуха) в интервале от 1.10^{-4} mm Hg до 3.10^{-3} mm Hg не оказывает влияния ни на длину волны, ни на энергию колебаний. Таким образом, можно считать, что получающиеся в этом генераторе колебания—чисто электронного характера.

Эта работа была произведена в Вакуум-Техническом Отделе Г.Э.Э.И. под руководством заведующего отделом профессора В. И. Романова, за что приношу ему свою глубокую благодарность.

Примечание при корректуре.

В настоящее время разработан новый тип многолампового генератора коротких электрических волн, в котором, в случае двух ламп, аноды и сетки их соответственно соединены раздвижными проводами (провод с трубкой), идущими параллельно друг другу; лампы, таким образом, помещаются на концах этих проводов, образуя вместе с емкостями ламп колебательный контур. Присоединяя к этим двум лампам третью, четвертую и т. д. так, чтобы провода, соединяющие их аноды, и сетка были параллельны друг другу и являлись продолжением проводов, соединяющих первые две лампы, а расстояния между лампами равнялись расстоянию между двумя первыми, получим генератор с многими лампами, причем значительно увеличиваем энергию получаемых колебаний без изменения длины волны.

Исследование свойств этого многолампового генератора и зависимости генерируемых длин волн от контура и напряжений в настоящее время закончено.

Подробное изложение полученных результатов будет приведено в ближайшем выпуске Трудов Вакуум-Технического Отдела Г. Э. Э. И.

Ueber den Einfluss der Restgase auf die Schwingungen eines kurzweiligen Elektronen-Röhren-Generators.

M. T. Grechowa.

Es wird ein Elektronen-Röhren-Generator der nach dem von Verfasser in einer früheren Arbeit angegebenen Schema erbaut ist und bei dem die Elektronen-Röhren dauernd mit der Pumpeinrichtung verbunden sind untersucht. Ein bestimmter Druck wird in den Röhren hergestellt und nach der Methode von Kaufmann und Zerovy gemessen. Es ergibt sich ein linearer Zusammenhang zwischen Ionen-Strom und Druck. Die Abhängigkeit der Wellenlänge und der Intensität der Schwingungen vom Druck der Restgase wird untersucht. Es wird gefunden, dass in der Benutzten Schaltung diese Grössen in einem Druckbereiche von $5 \cdot 10^{-8}$ mm Hg bis $1 \cdot 10^{-4}$ mm Hg vom Druck unabhängig sind. Bei höheren Drucken verschwinden die Schwingungen ca. bei $1 \cdot 10^{-3}$ mm Hg.
