

ПРИБОР ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦИИ СВОЙСТВ
ЭЛЕКТРОННЫХ ПУЧКОВ

П А С П О Р Т
З.399.003 ПС

I. ВВЕДЕНИЕ

2.

1.1. Настоящий паспорт (ПС), объединенный с техническим описанием и инструкцией по эксплуатации, является документом, удостоверяющим гарантированные предприятием-изготовителем основные параметры и технические характеристики прибора для демонстрации свойств электронных пучков (далее прибора).

Кроме того, паспорт позволяет ознакомиться с устройством и принципом работы прибора и устанавливает правила его эксплуатации, соблюдение которых обеспечивает поддержание его в постоянной готовности к действию.

2. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ И ХАРАКТЕРИСТИКИ

2.1. Прибор изготовлен в соответствии с I2 MD 339.001 ТУ.

2.2. Прибор является учебным наглядным пособием при разъяснении материала учебной программы по физике раздела "Электродинамика" в общеобразовательных школах и системе профессионально-технического образования и предназначен для демонстрации свойств электронных пучков. Демонстрация осуществляется в условиях полностью затемненного помещения.

2.3. Прибор изготовлен в исполнении УХЛ категории 4.2 по ГОСТ 15150-69.

2.4. При эксплуатации прибор должен быть установлен на лабораторном столе в непосредственной близости к источникам питания.

2.5. Питание прибора осуществляется от стандартных источников питания ВУП-2 (ВУП-2М) и ИЭПП-I или других источников, имеющих выходные клеммы, аналогичные указанным источникам и обеспечивающих подачу на прибор рабочих напряжений:

напряжение накала катода и генератора водорода - нерегулируемое $6,3 \text{ В} \pm 10\%$ переменного тока до 2 А ;
напряжение анода - нерегулируемое $(250 \pm 10) \text{ В}$ постоянного тока до 20 мА ;
напряжение модулятора - нерегулируемое $(100 \pm 5) \text{ В}$ постоянного тока до 10 мА ;
напряжение питания катушек - регулируемое $(12 \pm 0,5) \text{ В}$ постоянного тока до 1 А .

2.6. Основные параметры прибора:

- ток накала катода и генератор водорода, не более 2 А ;
- ток анода не более 20 мА ;
- ток модулятора не более 10 мА ;
- ток питания катушек не более 1 А ;
- время готовности не более 5 мин.

2.7. Габаритные размеры прибора:

- длина 310 мм
- ширина 260 мм
- высота 370 мм .

2.8. Масса прибора не более 11 кг .

Драгоценных металлов в приборе нет.

Содержится: тантала $0,1 \text{ г}$

молибдена $9,00 \text{ г}$.

3. СОСТАВ И УСТРОЙСТВО ПРИБОРА

3.1. Прибор состоит из основных частей, перечисленных в табл. I и его составные части изображены на рис. I.

Таблица I

Позиция	Обозначение и наименование составных частей	Кол-во	Примечание
I	Подставка	I	
2	Газоразрядная трубка	I	3.399.002 ГЧ (см. приложение I)
K	Катушка Гельмгольца	2	
Э	Защитный экран	I	

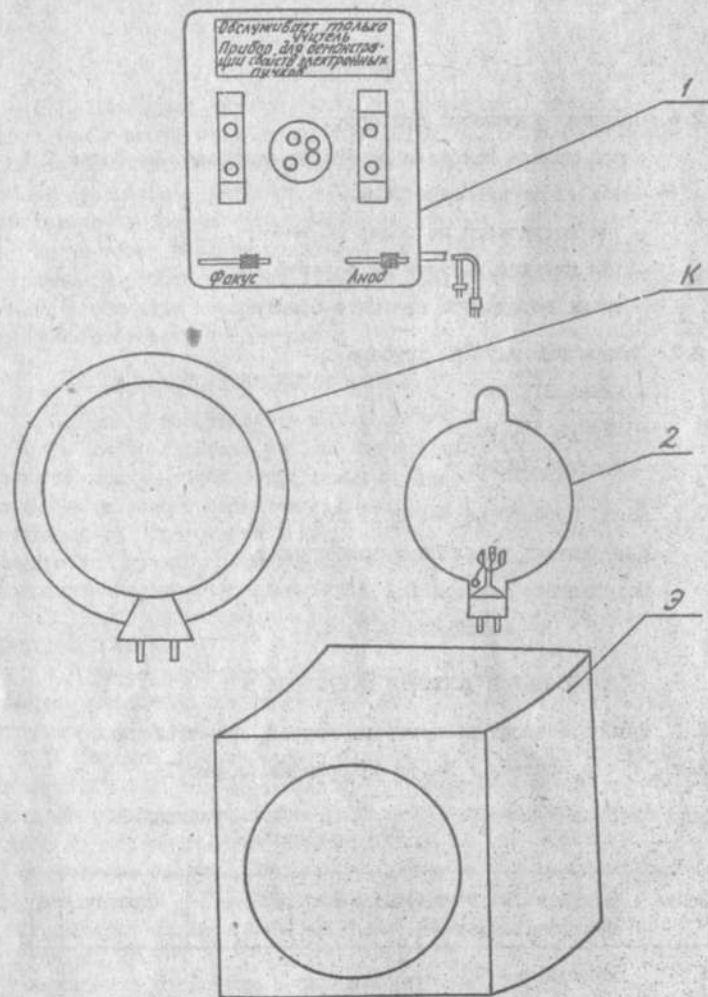


Рис. 1

1 - подставка, 2 - газоразрядная трубка
K - катушка Гельмгольца, 3 - защитный экран

3.2. Перечень органов управления прибора, выведенных на лицевой стороне панели, дан в табл. 2.

Таблица 2

Обозначение	Наименование
АНОД	Регулировка напряжения анода
ФОКУС	Регулировка напряжения модулятора

3.3. В основе работы прибора лежит принцип взаимодействия электронного пучка газоразрядной трубки с однородным магнитным полем, создаваемым катушками Гельмгольца.

3.3.1. В газоразрядной трубке с помощью электронной пушки создается пучок электронов. Его величина, яркость и форма регулируются ручками АНОД и ФОКУС, путем изменения напряжений анода и модулятора.

3.3.2. Расположение пучка электронов относительно силовых линий магнитного поля можно изменить, поворачивая газоразрядную трубку вокруг своей оси.

3.3.3. Величину магнитного поля можно регулировать, изменяя напряжение питания катушек.

3.3.4. Изменяя величину магнитного поля, величину, яркость и форму электронного пучка и его расположение, можно визуально наблюдать изменение траектории движения электронов под действием магнитного поля.

3.3.5. Принципиальная электрическая схема прибора приведена в приложении 2.

4. УКАЗАНИЕ МЕР БЕЗОПАСНОСТИ

4.1. Общие требования

4.1.1. Прибор обеспечивает защиту от поражения человека электрическим током по ГОСТ 12.2.007.0-75 (класс II); т.е. имеет двойную защиту по изоляции и не требует заземления.

4.1.2. При эксплуатации прибора необходимо учитывать следующий вид опасности: электроопасность (постоянный ток напряжением 250 В).

4.1.3. К работе с прибором допускаются лица, изучившие настоящий паспорт, "Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей", утвержденные Госэнергонадзором, а также прошедшие местный инструктаж по безопасности труда.

4.1.4. Прибор должен обслуживать только учитель или лаборант, имеющий квалификационную группу не ниже III для установок до 1000 В.

4.2. При подготовке к работе

4.2.1. Внимательно осмотреть прибор, убедиться в целостности и отсутствии перегибов и обрыва жгута питания, а также целостности октальной вилки.

4.2.2. Сборку прибора необходимо проводить в соответствии с разделом 5 настоящего паспорта при отключенных источниках питания.

4.2.3. Обращаться с прибором следует осторожно, учитывая, что оболочка газоразрядной трубки выполнена из стекла.

4.3. В процессе работы

4.3.1. Запрещается отключать, вскрывать, и разбирать прибор при включенных источниках питания.

4.3.2. Запрещается переносить прибор в рабочем состоянии.

4.3.3. Запрещается в процессе работы прибора использовать свободные клеммы источников питания для подключения других лабораторных приборов.

4.4. По окончании работы

4.4.1. Отключение и разборку прибора проводить в следующей последовательности:

- выключить тумблеры источников питания;
- отключить вилки источников питания из розеток сети;
- отключить октальную и двухштырьковую вилки прибора от источников питания; снять защитный экран;
- вынуть катушки Гельмгольца из клемм подставки;
- осторожно вынуть газоразрядную трубку из панели подставки.

4.4.2. Во избежание нечаянного удара и разрушения газоразрядной трубки положить ее в транспортную упаковочную коробку.

5. ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ

5.1. Установить подставку на лабораторном столе в непосредственной близости к источникам питания.

5.2. Вставить газоразрядную трубку в отверстие верхнего основания подставки так, чтобы штыри цоколя вошли в клеммы панели.

5.3. Установить катушки Гельмгольца в соответствующие гнезда.

5.4. Подсоединить октальную вилку жгута питания к источнику ВУП-2, а двухполюсную вилку к соответствующим клеммам источника ИЭШ-1.

5.5. Надеть на катушки Гельмгольца защитный экран, предохраняющий газоразрядную трубку, от механических повреждений, а обслуживающий персонал от осколков стекла при ее разрушении.

6. ПОРЯДОК РАБОТЫ

6.1. Включить источники питания в соответствии с эксплуатационными документами на них.

6.2. Выдержать прибор в течение 5 мин.

6.3. Сфокусировать электронный пучок в прямолинейный луч и добиться наибольшей яркости регулировкой ручек АНОД, ФОКУС.

6.4. Увеличивая напряжение на катушках Гельмгольца, наблюдаем отклонение электронного пучка и замыкание его в кольцо.

6.5. Поворачивая газоразрядную трубку вокруг своей оси, наблюдаем превращение видимого изображения "замкнутого кольца" в "спираль".

6.6. Демонстрация опытов проводится в соответствии с методическими указаниями (см. приложение).

7. КОМПЛЕКТ ПОСТАВКИ ПРИБОРА (2 упаковки)

Паспорт	3.399.003 ПС	1 брошюра
Трубка газоразрядная	3.399.002 ГЧ	1 шт.
Подставка		1 шт.
Катушка Гельмгольца		2 шт.
Защитный экран		1 шт.

8. СВИДЕТЕЛЬСТВО О ПРИЕМКЕ

8.1. Прибор для демонстрации свойств электронных пучков № _____ соответствует техническим условиям I2MD 339.001 ТУ и признан годным для эксплуатации.

230188
Дата выпуска

ОТН 324

9. ГАРАНТИЙНЫЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА

9.1. Поставщик (изготовитель) гарантирует соответствие прибора требованиям I2MD 339.001 ТУ при условии соблюдения потребителем правил эксплуатации, транспортирования и хранения, установленных техническими условиями и настоящим паспортом.

9.2. Гарантийный срок службы прибора I год с даты изготовления (отгрузки).

10. СВЕДЕНИЯ О РЕКЛАМАЦИЯХ

10.1. В случае отказа в работе прибора в период гарантийного срока, необходимо составить технически обоснованный акт рекламации.

Акт с приложениями следует направить главному инженеру предприятия-изготовителя данного прибора.

II. ВОЗМОЖНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ И МЕТОДЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ

II.1. Возможные неисправности и методы их устранения приведены в табл.3.

Таблица 3

Наименование неисправности	Вероятная причина	Метод устранения
Отсутствие луча при подаче напряжений.	Недостаточно плотный контакт в разъеме: жгут питания - панель источника питания ВУП-2.	Проверить контакт и тщательно закрутить разъемы.

Наименование неисправности	Вероятная причина	Метод устранения
	Отсутствие или недостаточная величина напряжений источника питания.	Проверить наличие питающих напряжений и их величину или заменить источник питания (ВУП-2).
Отсутствие возможности регулировать изображение в виде кольца и спирали.	Отсутствие питания катушек Гельмгольца из-за: неплотного контакта вилка - клеммы источника, неисправность источника ИЭШ-1.	Проверить контакты (вилка должна входить в клеммы плотно) или заменить источник питания ИЭШ-1.
Электронный пучок при подаче напряжений на катушки изгибается вниз и нет изображения в виде кольца.	Не соблюдена полярность подключения питания катушек Гельмгольца.	Изменить полярность вилки в клеммах источника ИЭШ-1.
Электронный пучок не фокусируется, при регулировке напряжений возникает яркое большое пятно в центре трубки.	На накал катода и генератора водород подаётся напряжение больше $6,3 \text{ В} \pm 10 \%$	Проверить напряжение сети или заменить источник питания ВУП-2.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ПРИБОРА ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦИИ
СВОЙСТВ ЭЛЕКТРОННЫХ ПУЧКОВ

Разработаны лабораторией
физики научно-иссле-
довательского института школьного
оборудования и технических
средств обучения Академии
педагогических наук СССР
(НИИ ШТОО АПН СССР)

УСТРОЙСТВО ГАЗОРАЗРЯДНОЙ ТРУБКИ И ПРИНЦИП
ПОЛУЧЕНИЯ ВИДИМОГО ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА

Газоразрядная трубка с накаливаемым катодом служит для получения видимого электронного пучка. Внутри газоразрядной трубки, имеющей форму шара, находится система электродов (см. рисунок), называемая электронной пушкой, для получения и фокусировки пучка электронов.



РИСУНОК

К — катод, Мод — модулятор, А — анод

В электронную пушку входит накаливаемый катод К, модулятор Мод и анод А.

Эмитируемые раскаленным катодом электроны ускоряются электрическим полем и, за счет определенной формы электрического поля между катодом, модулятором и анодом, собираются в электронный пучок.

Для получения видимого электронного пучка и дальнейшей фокусировки электронов служит водород, поступающий из водородного генератора, который находится рядом с электронной пушкой. Водородный генератор представляет собой полный цилиндр из гидрида титана, внутри которого расположена нить накала.

При обычных температурах водородный генератор поглощает большое количество водорода, а при нагревании отдает его обратно. В зависимости от температуры накала водородный генератор выделяет в трубку такое количество водорода, которое способствует газовой фокусировке электронов. Суть газовой фокусировки заключается в следующем: электроны, вылетевшие с катода и ускоренные электрическим полем, ионизируют атомы водорода. Образующийся положительный

12.

заряд ионов за счет кулоновских сил притяжения компенсирует силы отталкивания между электронами, удерживая их в узком пучке.

Одновременно с ионизацией атомов водорода происходит их возбуждение, ведущее к свечению водорода на пути движения электронного пучка.

ДЕМОНСТРАЦИОННЫЕ ОПЫТЫ С ГАЗОРАЗРЯДНОЙ ТРУБКОЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ЭЛЕКТРОННЫХ ПУЧКОВ

Подготовка прибора к работе.

Вставить газоразрядную трубку в панель через отверстие в верхнем основании подставки. Затем надеть защитный экран на трубку. Через 5 минут появляется электронный луч, который хорошо виден в полностью затемненном помещении.

ОПЫТ 1. ФОРМИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПОЛЕМ

Между катодом К, модулятором Мод и анодом А показаны (см. рисунок) линии напряженности электрического поля, а перпендикулярно к ним пунктирными линиями — эквипотенциальные поверхности. На электроны в электрическом поле действуют силы, перпендикулярные к эквипотенциальным поверхностям. Форма электрического поля вблизи катода такова, что при малой скорости электронов у катода оно обладает большим собирательным действием. У анода скорость электронов уже велика и рассеивающее действие электрического поля вблизи анода мало влияет на расходимость электронного пучка.

Изменяя напряжение на модуляторе Мод и аноде А ручками "ФОКУС" и "АНОД" добиваются такой формы эквипотенциальных поверхностей электрического поля между электродами, которая ведет к сходимости электронного пучка.

Далее следует показать ускоряющее действие электрического поля на электроны. При увеличении напряжения на аноде А яркость и длина электронного пучка возрастает.

ОПЫТ 2. ДЕЙСТВИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ЭЛЕКТРОННЫЙ ПУЧОК

К газоразрядной трубке подносят постоянный полюсовый магнит, располагая его перпендикулярно электронному пучку. Наблюдают

отклонение электронного пучка. Если поменять полюсами магнит, электронный пучок отклоняется в другую сторону.

ДЕМОНСТРАЦИОННЫЕ ОПЫТЫ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ТЕМЫ "ДЕЙСТВИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ДВИЖУЩИЙСЯ ЗАРЯД"

Вставить катушки в соответствующие клеммы, расположенные в верхнем основании подставки. Подсоединить двухполюсную вилку к источнику питания ИЭП-1 к клеммам регулируемого постоянного напряжения 12 В. Между катушками, расположенными на расстоянии их радиуса, при условии, что их плоскости параллельны друг другу, возникает с достаточной степенью однородное магнитное поле. Такие катушки получили название катушек Гельмгольца.

ОПЫТ 3. ДВИЖЕНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ В ПЕРПЕНДИКУЛЯРНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

После появления электронного луча и его фокусировки, газоразрядную трубку с помощью поворотного устройства располагают так, чтобы электронный пучок был направлен параллельно виткам катушек. В этом случае вектор магнитной индукции составит с направлением электронного пучка 90° . Затем на катушки подается напряжение. Увеличивая напряжение в цепи катушек наблюдают искривление луча, а затем замыкание в кольцо.

На электрон, движущийся перпендикулярно к вектору магнитной индукции, действует сила Лоренца:

$$\vec{F} = B \cdot e \cdot \vec{v}, \quad \text{где } B - \text{индукция магнитного поля,} \\ e - \text{заряд электрона,} \\ v - \text{скорость движения электрона}$$

Сила Лоренца перпендикулярна к скорости электронов и поэтому является центростремительной силой. На основании второго закона Ньютона:

$$B \cdot e \cdot v = \frac{m \cdot v^2}{r}, \quad \text{где } r - \text{радиус окружности движения} \\ \text{электрона,} \\ \text{отсюда } r = \frac{m \cdot v}{e \cdot B} \quad m - \text{масса электрона}$$

Радиус окружности движения электронов пропорционален скорости движения электронов и обратно пропорционален индукции магнитного поля.

Данный зависимость проверяется на опыте. При увеличении тока катушек возрастает индукция магнитного поля. Это ведет к уменьшению радиуса окружности движения электронов.

Изменяя напряжение на аноде А наблюдают пропорциональную зависимость радиуса окружности движения электронов от скорости движения электронов.

ОПЫТ 4. ДВИЖЕНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ ПО ВИНТОВОЙ ЛИНИИ

После получения электронного пучка в виде окружности, газоразрядную трубку поворачивают на некоторый угол и наблюдают движение электронного пучка по винтовой линии.

При решении задачи на движение электронов под некоторым углом к вектору магнитной индукции получается выражение для шага винтовой линии:

$$h = \vec{v} \cdot \cos \angle \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot m \cdot \omega}{B \cdot e} \quad \text{где } h - \text{ шаг винтовой линии движения электронов,}$$

$$\vec{B} - \text{ вектор магнитной индукции поля,}$$

$$\vec{v} - \text{ вектор скорости движения электронов,}$$

$$\angle - \text{ угол между вектором скорости и вектором магнитной индукции.}$$

Увеличивая магнитную индукцию поля катушек, наблюдают уменьшение шага винтовой линии. С другой стороны, уменьшая напряжение на аноде А ручкой АНОД, уменьшают скорость движения электронов и уменьшают шаг винтовой линии.

Поворот газоразрядной трубки ведет к изменению угла между вектором скорости и вектором магнитной индукции и изменяется шаг винтовой линии.

ОПЫТ 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОШЕНИЯ ЗАРЯДА ЭЛЕКТРОНА К ЕГО МАССЕ

Из соотношения:

$$\vec{B} \cdot e \cdot m = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

$$e \cdot U = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

следует

$$\frac{e}{m} = \frac{2U}{r^2 B^2}$$

, где U - ускоряющее напряжение на аноде. При напряжении в сети 220 В оно составляет 250 В,

r - радиус окружности по которой движутся электроны, м,
 $\vec{B}$ - вектор магнитной индукции между катушками, Тл.

Радиус окружности электронного пучка определяют с помощью линейки. Для этой цели линейку располагают у самой газоразрядной трубки по диаметру окружности электронного пучка, а затем визуально проецируют ее деления на противоположные участки электронного пучка. Измерение проводят несколько раз по разным направлениям и находят среднее их значение.

Вектор магнитной индукции определяют магнитным датчиком или по формуле:

$$\vec{B} = \frac{0,71 \cdot \mu_0 \cdot I \cdot N}{R}$$

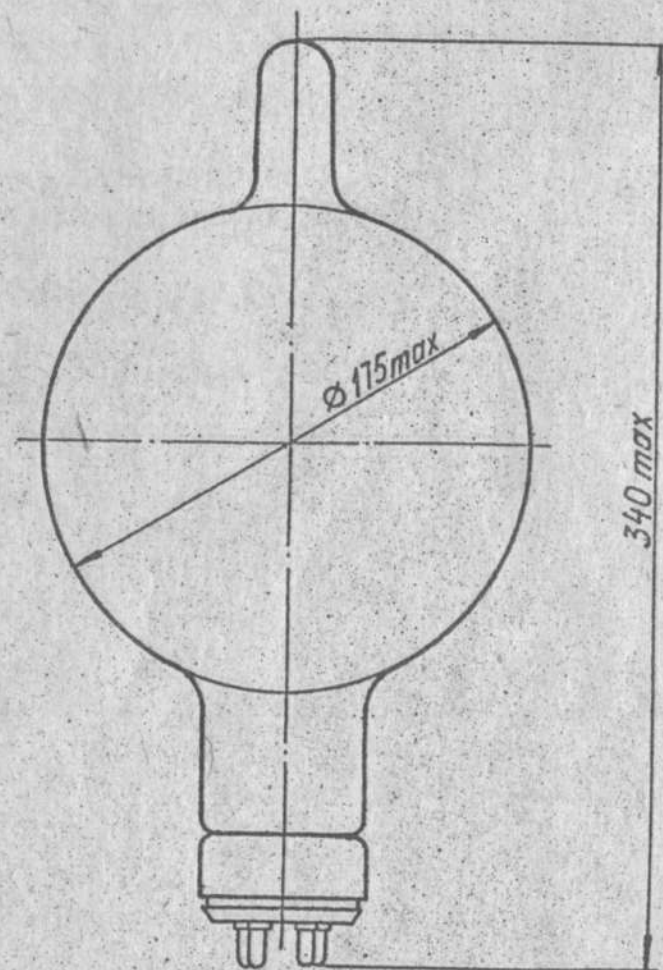
где I - сила тока в катушках, А
 N - число витков, $N = 445$,
 R - радиус катушек, м
 $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ - магнитная постоянная, Гн/м.

Силу тока в цепи катушек (максимально 1 А) определяют амперметром постоянного тока.

СОДЕРЖАНИЕ

	Лист
I. Введение.	2
2. Основные технические данные и характеристики.	2
3. Состав и устройство прибора.	3
4. Указание мер безопасности.	5
5. Подготовка к работе.	7
6. Порядок работы.	7
7. Комплект поставки прибора.	7
8. Свидетельство о приемке.	8
9. Гарантийные обязательства.	8
10. Сведения о рекламациях.	8
11. Возможные неисправности и методы их устранения.	8
12. Приложение. Методические указания к использованию прибора для демонстрации свойств электронных пучков.	10
Приложение 1. Габаритный чертеж трубки газоразрядной 3.399.002 ГЧ.	
Приложение 2. Схема электрическая принципиальная прибора 3.399.003 ЭЗ.	

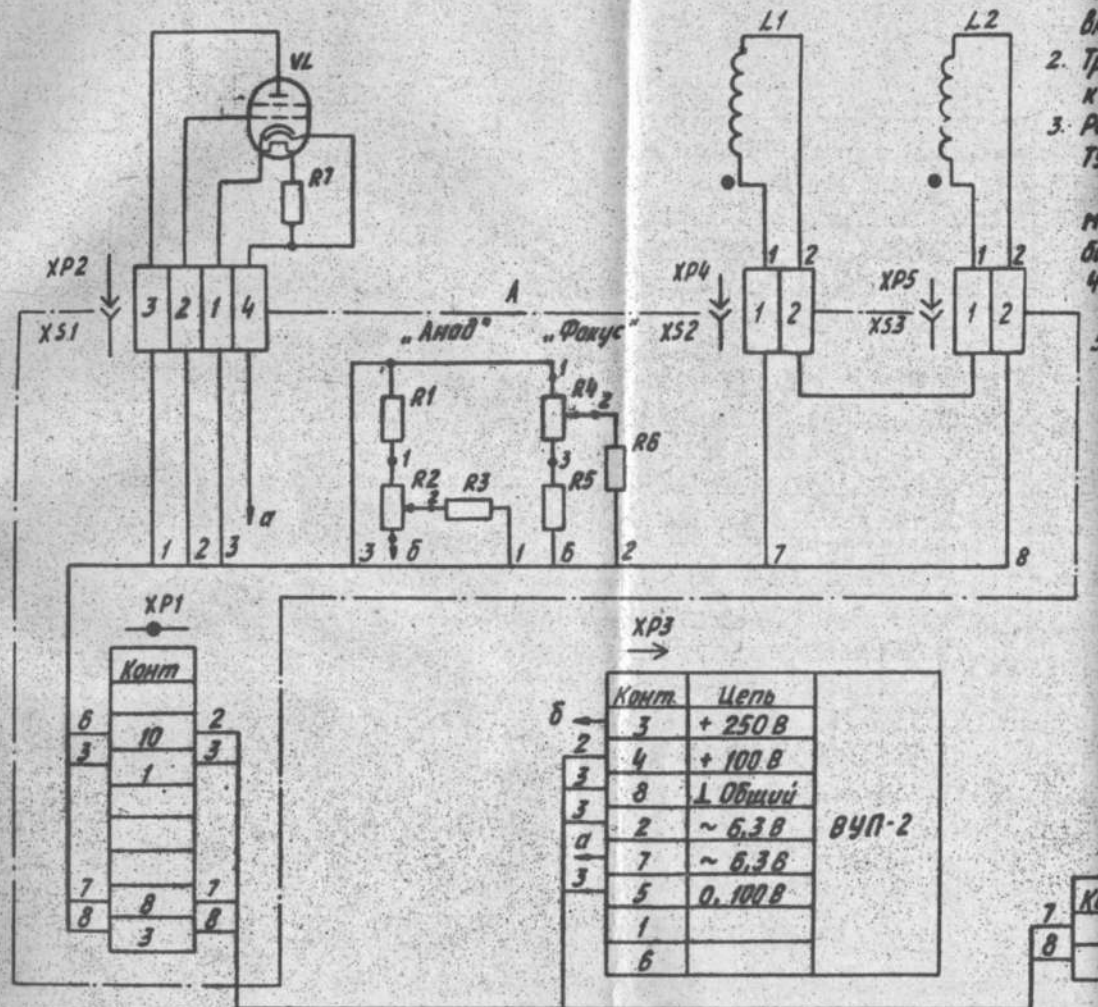
1.1.2. Намотка проводом





Обозначение штырь	Наименование электрода
1	Катод, подогреват. и генератор водорода
2	Модулятор
3	Анод и фокусирующий электрод
4	Подогреватель и генератор водорода

Расположение штырьков РШ-2
ТТ 7842-71.
3.399.002 ГЧ
УКА ГАЗОРАЗРЯДНАЯ
архивный чертёж



Поз. обозн.	Наименование	Кол.	Примечание
L1, L2	Катушка 4.769.001	2	п.1
R7	Резистор	1	п.3
VL	Трубка газоразрядная 3.399.002	1	
XP2	Цоколь собранный 5.371.044	1	
XP3	Вкладыш 6 - штырьковый	1	п.5
XP4, XP5	Вилка 3.645.001	2	
XP6	Шнур армированный ШВП-2-ВП2×0.15-01-6 L = 1000 мм ОСТ 160.505.006-77	1	
A	Подставка 4.136.003	1	
R1	Резистор МЛТ-0.5-47кОм ±10% ГОСТ 7113-77	1	
R2	Резистор СПЗ-23а-Н-П-0.25Вт-100кОм-А-12В ГОСТ 23386-78	1	
R3	Резистор МЛТ-1-47кОм ±10% ГОСТ 7113-77	1	
R4	Резистор СПЗ-23а-Н-П-0.25Вт-33кОм-А-12-В ГОСТ 23386-78	1	
R5	Резистор МЛТ-0.5-10кОм ±10% ГОСТ 7113-77	1	
R6	Резистор МЛТ-1-10кОм ±10% ГОСТ 7113-77	1	
XP1	Плата ПМЧ-250×10 ОСТ 11.366.008-74	1	
XS1	Панель 4.135.003	1	
XS2, XS3	Гнездо 7.746.001	4	

3.399.003 33

Прибор для демонстрации свойств
электронных пучков.

Схема электрическая принципиальная