

18  
A-72 881

+

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ



Ю.Н. Антонов

881

ОСНОВНЫЕ РАБОЧИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ  
НОВОГО ФОРИНЖЕКТОРА  
СИНХРОФАЗОТРОНА

Дубна 1962 год

Ю.Н. Антонов

881

ОСНОВНЫЕ РАБОЧИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ  
НОВОГО ФОРИНЖЕКТОРА  
СИНХРОФАЗОТРОНА

1343/5 ч.

Объединенный институт  
ядерных исследований  
БИБЛИОТЕКА

При создании форинжектора для нового линейного ускорителя синхрофазотрона Лаборатории высоких энергий ставилась задача получить протонный пучок порядка 50 миллиампер, имеющий геометрические размеры и угловую расходимость, удовлетворяющие условиям инжекции в линейный ускоритель.

В частности, угловая расходимость пучка не должна была превышать 5-6 миллирадиан; энергия пучка на выходе форинжектора (энергия инжекции в линейный ускоритель) была задана 570 Кэв; длительность импульса тока  $\tau \sim 450$  мксек.

### 1. Конструктивные особенности форинжектора

При создании инжектора для нового линейного ускорителя в качестве отправной точки был взят форинжектор, описанный в <sup>1/1</sup>. Однако, новый форинжектор имеет ряд существенных конструктивных особенностей. Основное отличие заключается в том, что используется ускорительная трубка большей длины ( $L=2000$  мм) и большего проходного диаметра ( $d=430$  мм). Это вызвало некоторые трудности при отработке фокусирующей системы. Ускорительная трубка имеет 57 диафрагм, на каждой диафрагме крепится антикоронирующее кольцо, соединенное с делителем принудительного распределения потенциала. Делитель представляет собой фарфоровую трубку диаметром 12/8 мм с равномерно распределенными выводами, по которой протекает дистиллированная вода, используемая и для охлаждения ионного источника.

Изменена система охлаждения катодных ножек источника: увеличено проходное сечение трубок, что позволило обеспечить необходимый расход охлаждающей воды 1,4 литра в минуту.

В качестве источника импульсного высоковольтного питания трубки используется трансформатор ИТ-800, позволяющий отбирать в импульсе длительностью 450 мксек ток 2700 миллиампер при амплитуде импульса 600 киловольт. На отсасывающий электрод ионного источника напряжение подается непосредственно с части нагрузочного делителя трансформатора ИТ-800. Питание к отсасывающему электроду подводится с помощью специального проходного изолятора, крепящегося на входном фланце ускорительной трубки; это позволило освободить первые антикоронирующие кольца, через которые прежде подводилось питание, и, таким образом, снизило вероятность пробоев. На рис. 1 приведена схема высоковольтного

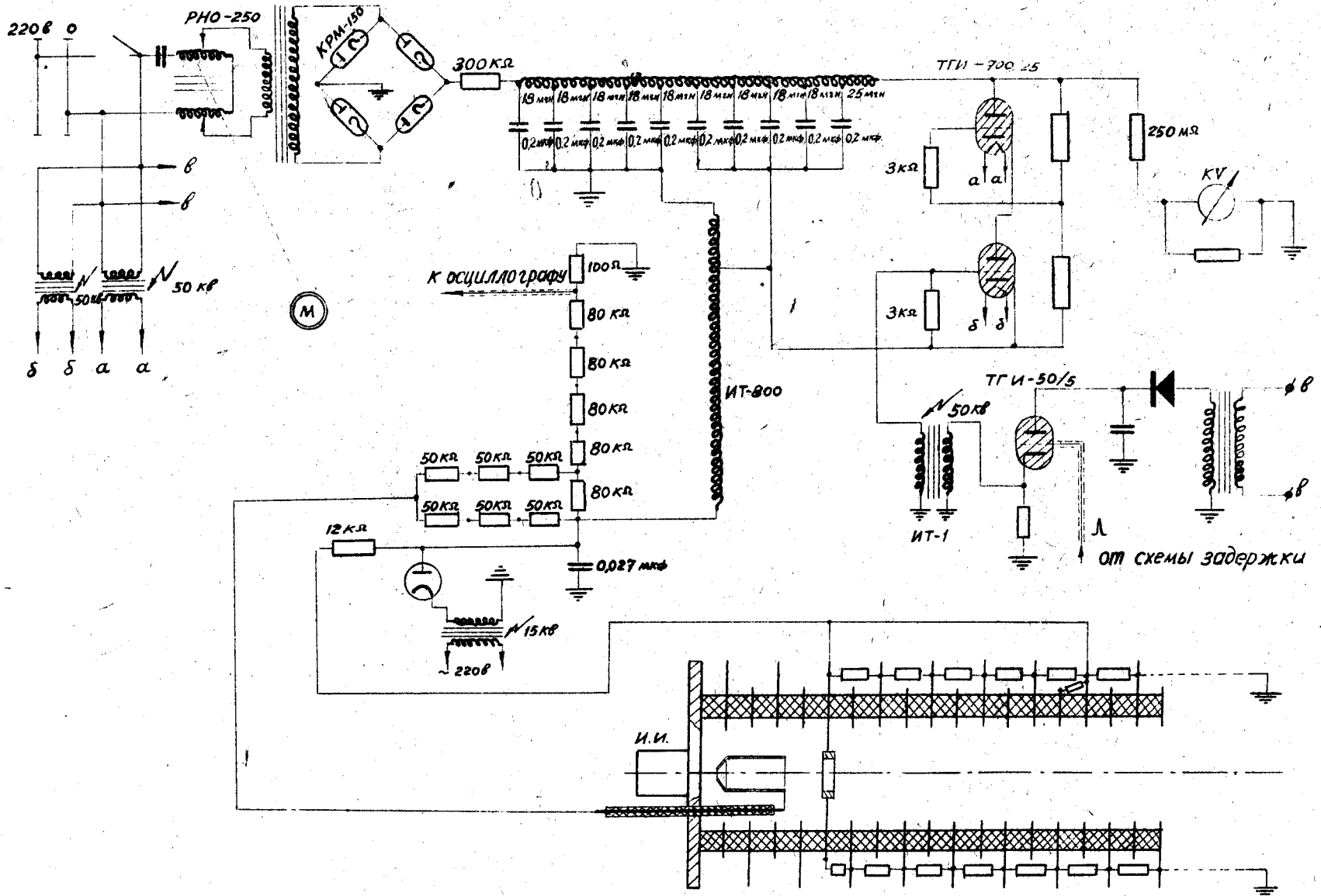


Рис. 1. Схема высоковольтного питания форинжектора.

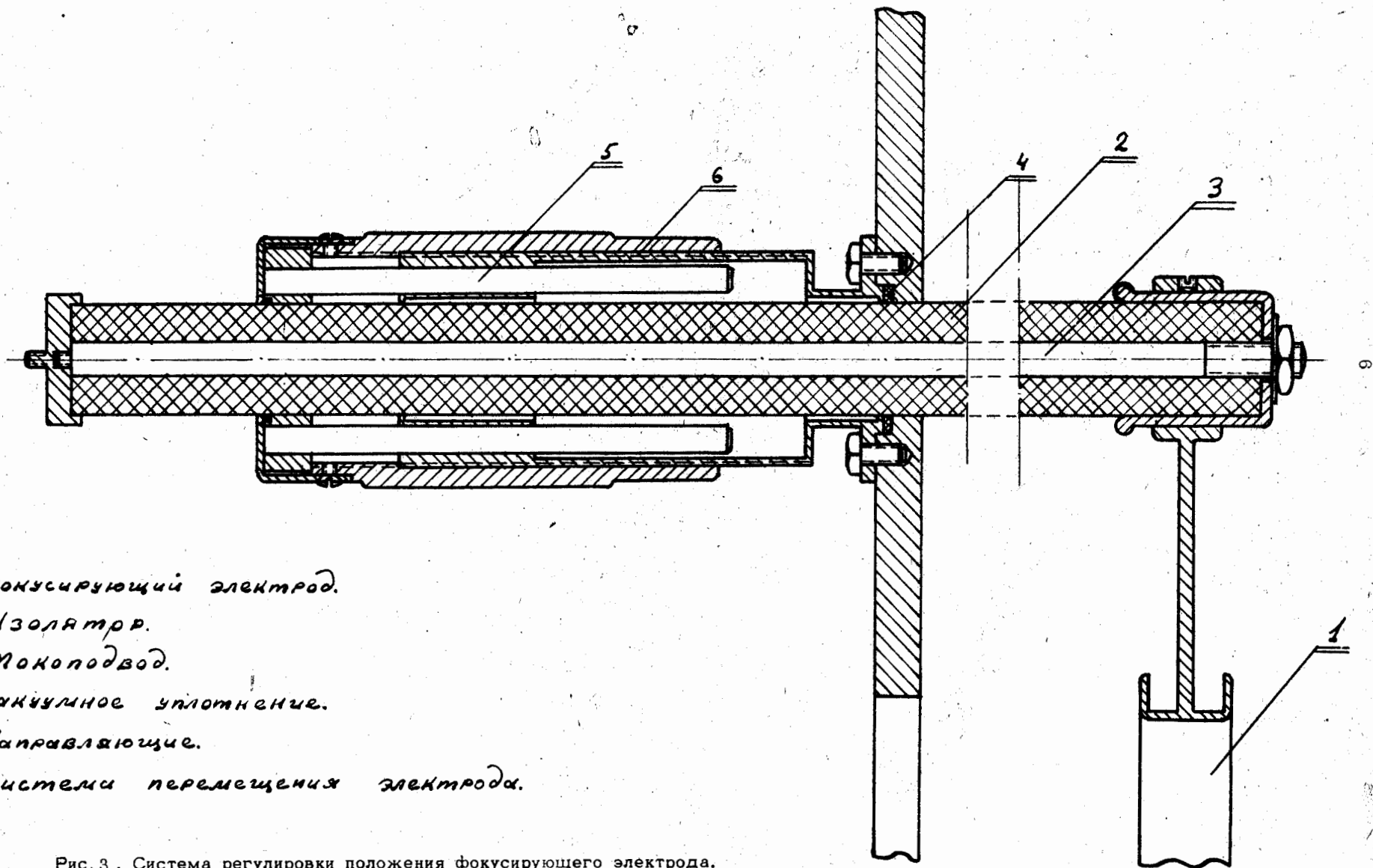
питания форнижектора; на рис. 2 показана ускорительная трубка с установленным ионным источником.



Рис. 2. Ускорительная трубка с установленным на ней ионным источником.

При отработке фокусировки пучка для более точного подбора оптимального положения фокусирующего электрода относительно отсасывающего была использована система, показанная на рис. 3, позволяющая плавно менять расстояние между электродами без напуска атмосферы в ускорительную трубку.

В целях более плавной регулировки величины магнитного поля в источнике в широких пределах была изменена магнитная катушка промежуточного анода. Новая катушка имеет 8800 витков, провод ПЭШЛО-0,29 мм; рабочий ток до 150 миллиампер.



1. Фокусирующий электрод.
2. Изолятор.
3. Токотвод.
4. Вакуумное уплотнение.
5. Направляющие.
6. Системы перемещения электрода.

Рис. 3. Система регулировки положения фокусирующего электрода.

## 2. Влияние основных режимных параметров на ток на выходе форинжектора

Ток пучка ионов на выходе форинжектора является функцией ряда величин : тока дуги, магнитного поля и давления водорода в газоразрядной камере источника, напряжения на отсасывающем электроде и некоторых геометрических размеров.

Рассмотрим прежде всего зависимость тока пучка от режима работы источника, т.е. тока дуги, магнитного поля и давления водорода в разрядной камере. На рис. 4 (а/ и б/) приведены кривые зависимости тока пучка на выходе форинжектора от тока дуги, снятые при разных значениях магнитного поля и давления водорода в разрядной камере. При изменении тока дуги на 10% в ту или другую сторону от значения, соответствующего максимуму тока пучка, последний меняется не очень значительно - на 5-7%. Увеличение магнитного поля в источнике приводит к смещению максимума кривой в сторону меньших токов дуги, что легко понять, так как возрастание магнитного поля соответствует увеличению плотности носителей в плазме разряда. Аналогичный результат получается и при увеличении давления водорода в газоразрядной камере источника; зависимость в этом случае более слабая.

На рис. 5 (а/ и б/) даны кривые зависимости тока пучка от магнитного поля, снятые при разных значениях тока дуги и давления водорода. Зависимость в этом случае более резкая: изменение величины магнитного поля на 10% от оптимальной вызывает изменение тока пучка на 12-15%.

Приведенные на рис. 4 и 5 кривые позволяют построить рабочую область источника (см. рис. 6). Каждая точка этой области определяет совокупность трех режимных параметров источника (ток дуги, ток магнитной катушки и давление водорода), соответствующую току пучка 40-50 миллиампер на выходе ускорительной трубки.

Заметим, что кривые рис. 4 и 5 снимались при одних и тех же значениях напряжения отсасывающего электрода  $U = 45$  киловольт и неизменной геометрии источника, области отбора и фокусировки. Изменение отсасывающего напряжения на 10% вызывает соответствующее изменение тока пучка на 15%. На рис. 7 дана

$i_{\text{фи}}$   
миллиампер

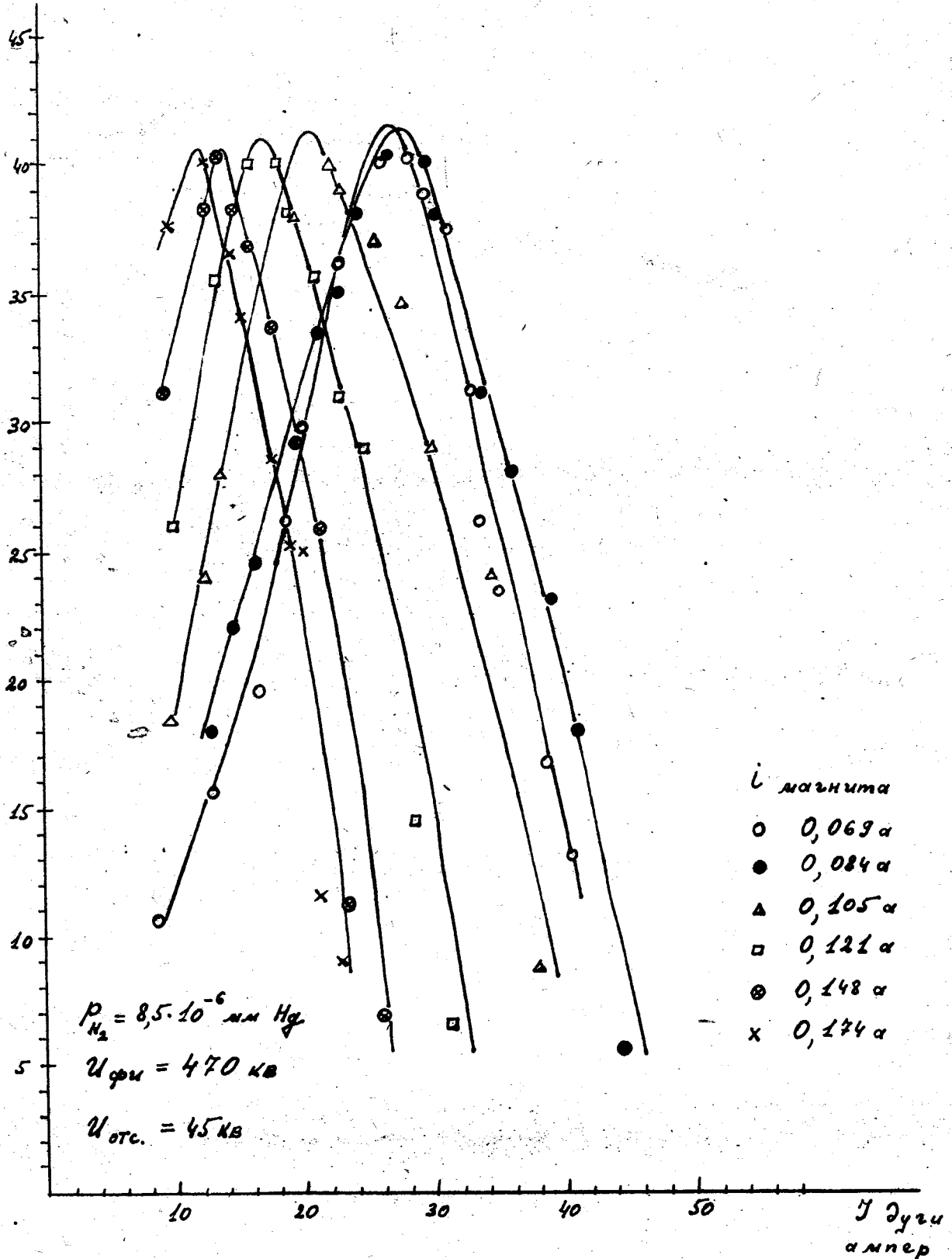


Рис. 4 а/

Зависимость тока пучка на выходе форинжектора от тока дуги ионного источника.



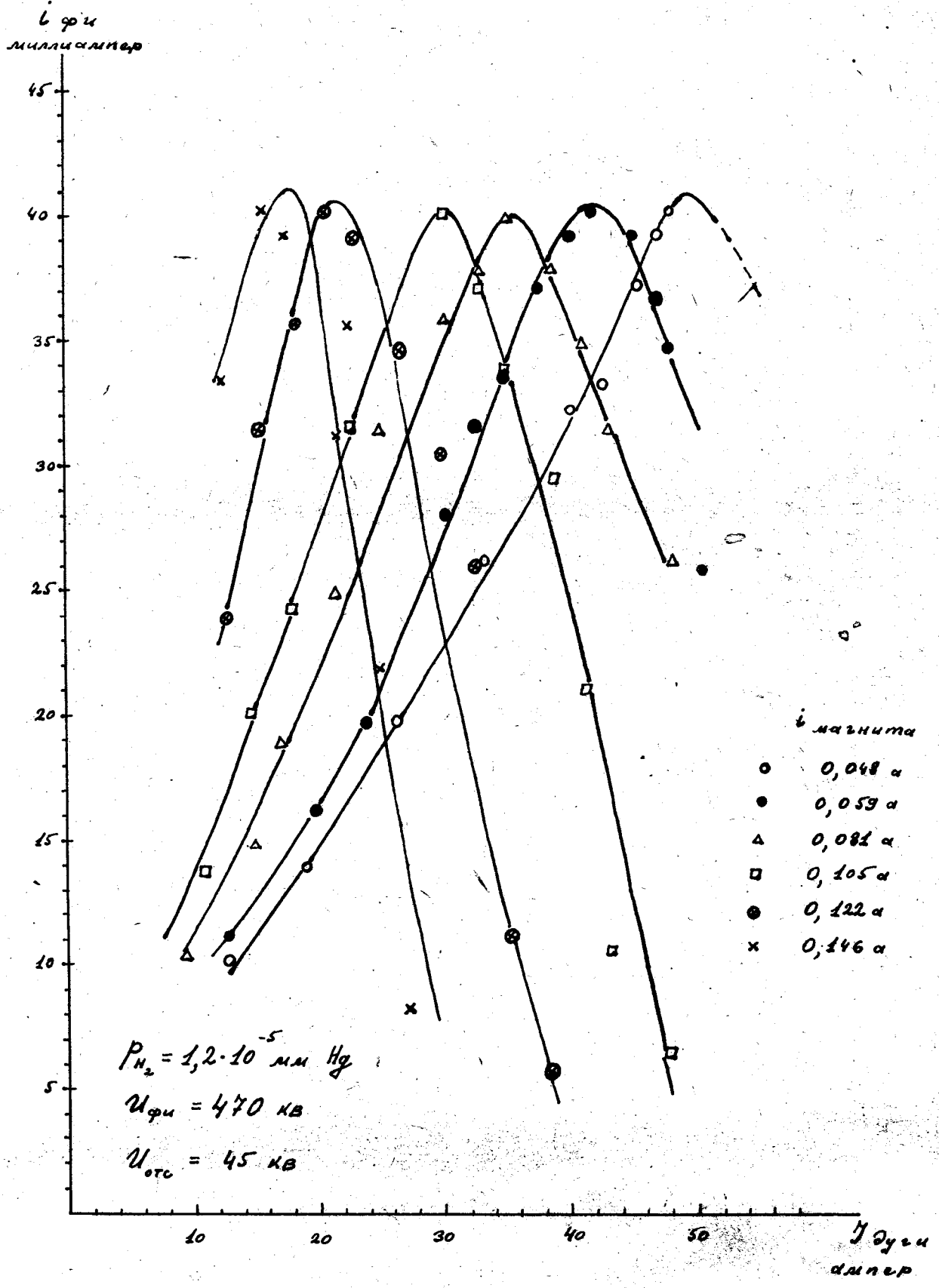


Рис. 4 б/. Зависимость тока пучка на выходе форинжектора от тока дуги нового источника.

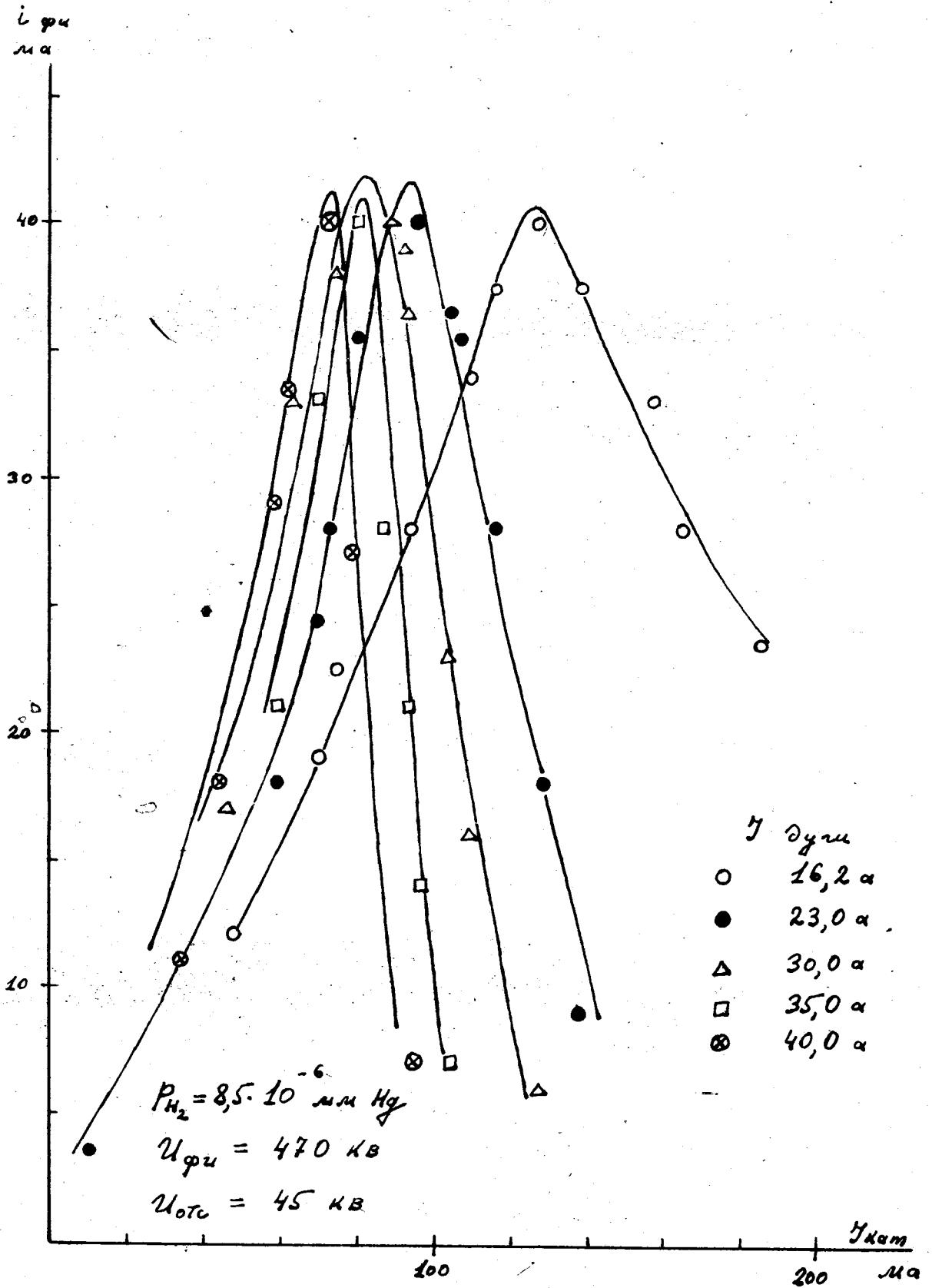


Рис. 5 а/. Зависимость тока пучка на выходе форинжектора от тока в магнитной катушке ионного источника.

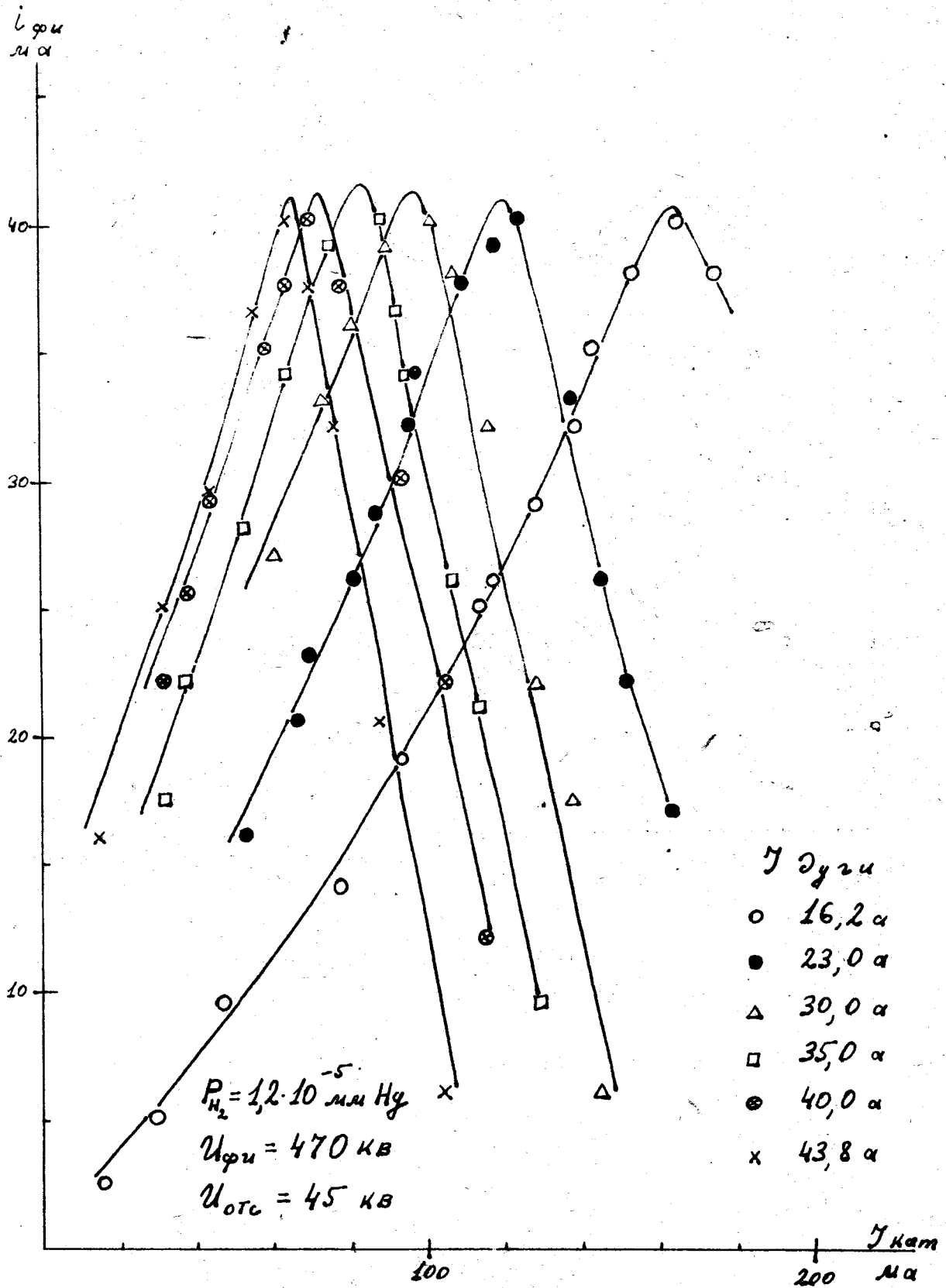


Рис. 5 б/. Зависимость тока пучка на выходе форинжектора от тока в магнитной катушке ионного источника.

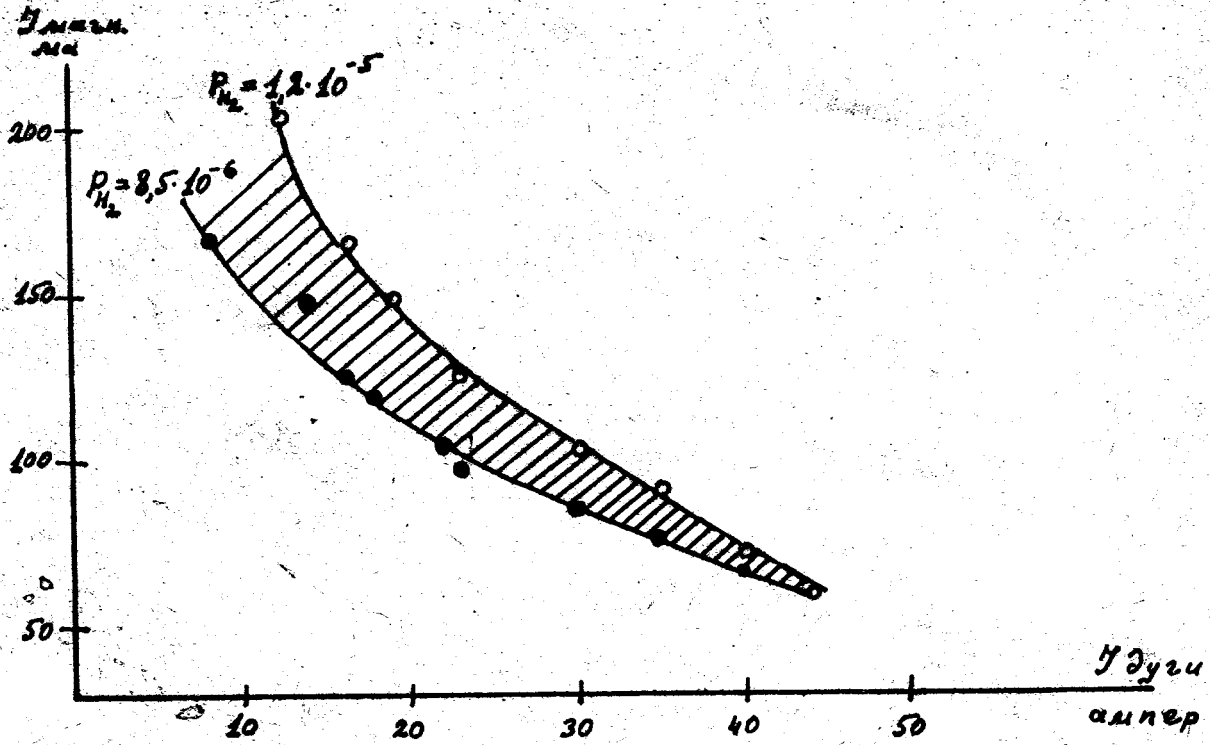


Рис. 6. Рабочая область мощного источника.

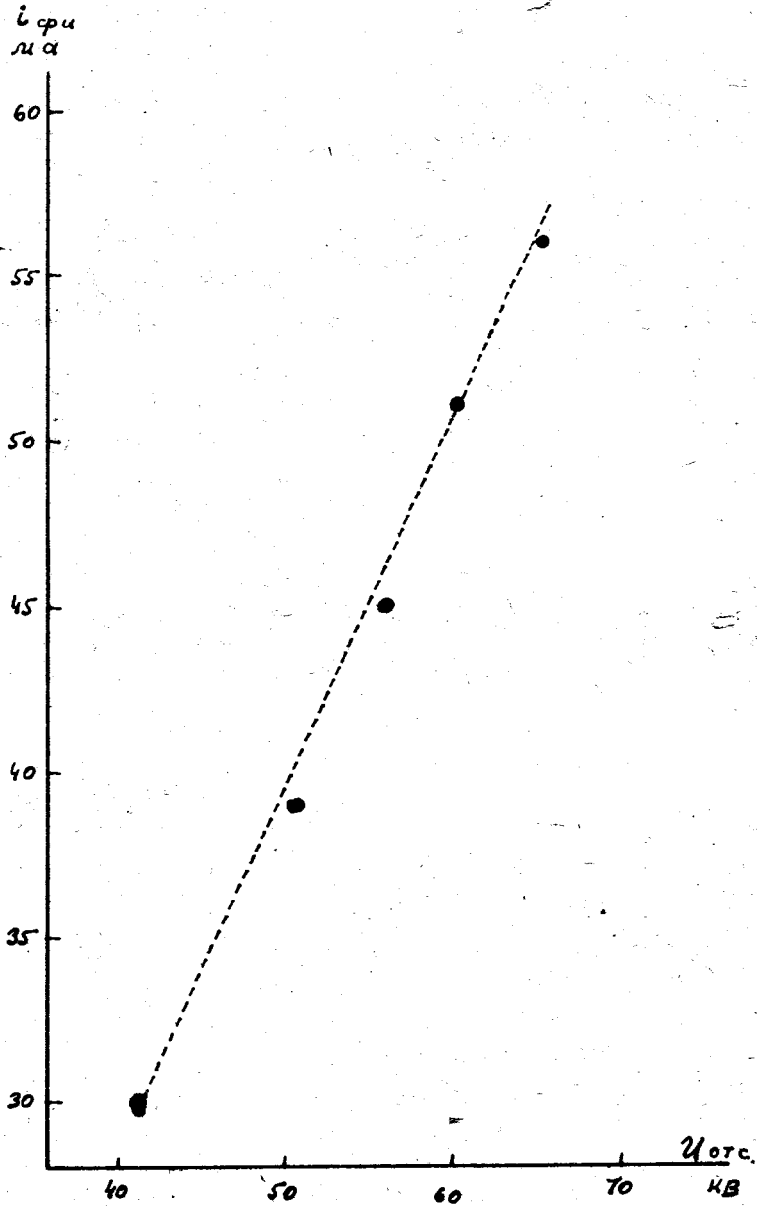


Рис. 7. Зависимость тока пучка на выходе форинжктора от величины вытягивающего напряжения.

зависимость тока пучка от напряжения на отсасывающем электроде; пунктирная кривая соответствует отрезку параболы  $i - U^{5/3}$ . Дальнейшее увеличение отсасывающего напряжения  $U$ , соответственно, тока пучка ограничивается пробойным напряжением изоляторов, на которых крепится отсасывающий электрод.

Для улучшения отбора и последующей фокусировки пучка ионов в ионном источнике в районе эмиссионного отверстия была сделана небольшая насадка "плазменной оптики" (см. рис. 8). Принцип ее действия заключается в следующем: плазма, провисающая из ионного источника, равномерно заполняет объем ка-

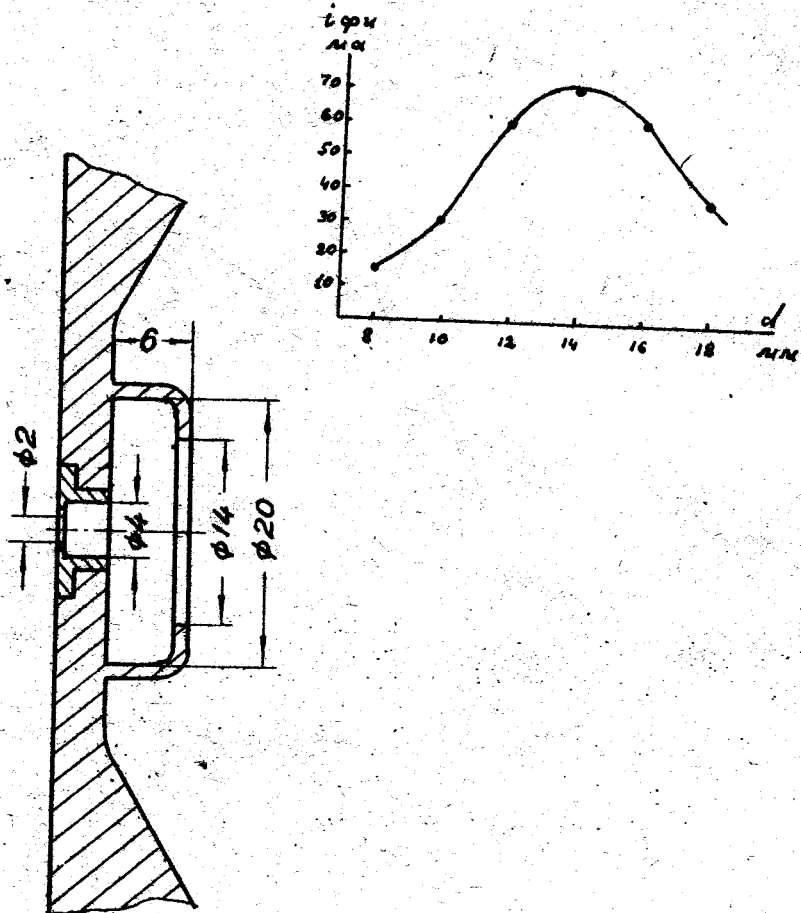


Рис. 8. Плазменная оптика ионного источника.

меры, образованной насадкой, и, тем самым, образуется более выгодная, с точки зрения отбора ионов, граничная поверхность, т.е. уменьшается угол, под которым ионы входят в фокусирующую систему. Геометрия камеры - глубина и диаметр камеры и диаметр выходного отверстия - подбирались экспериментально по максимальному току и наилучшей фокусировке на выходе форинжектора. Оптимальные размеры камеры, полученные для тока дуги  $I = 50$  ампер и давления водорода в газоразрядной камере около  $4 \cdot 10^{-3}$  мм рт.ст., указаны на рис. 8. Там же приведена зависимость тока на выходе форинжектора от диаметра выходного отверстия камеры при прочих неизменных параметрах. Следует заметить, что, вообще говоря, при изменении режима разряда в ионном источнике должна меняться и геометрия камеры плазменной оптики, т.е. приведенные размеры являются наилучшими лишь для данных конкретных значений тока дуги и давления водорода в газоразрядной камере (разумеется, в небольших пределах).

Применение плазменной оптики на ионном источнике работающего инжектора позволило при том же токе из ускорительной трубки существенно - с 400 микроампер до 600 микроампер - увеличить интенсивность пучка из линейного ускорителя.

Геометрические размеры пучка на выходе форинжектора вполне удовлетворяют условиям инжекции в линейный ускоритель. При фокусировке пучка на расстоянии 1,5 метра от выходной диафрагмы ускорительной трубки диаметр пучка (имеется в виду диаметр пятна, в котором идет основная часть тока пучка - около 75%), равен приблизительно 3 мм при токе 60 миллиампер. Угловая расходимость на расстоянии одного метра от фокуса составляет около 3-х миллирадиан. На рис. 9 и 10 приведены кривые распределения плотности пучка по сечению, снятые по двум взаимно-перпендикулярным направлениям на расстоянии 650 мм и 1150 мм от фокуса, соответственно; видно, что основная часть тока - около 50% - идет в пятне диаметром 5-6 мм.

Данный форинжектор позволяет получать ионный ток до 100 миллиампер и выше, с содержанием атомарных ионов 80-90%. Однако, отбор и последующая фокусировка таких больших токов представляет собой самостоятельную весьма сложную задачу.

#### Л и т е р а т у р а

1. Ю.Н. Антонов, Л.П. Зиновьев, В.П. Рашевский, Атомная энергия № 5, 1960, стр.454.

Рукопись поступила в издательский отдел  
4 января 1962 года.

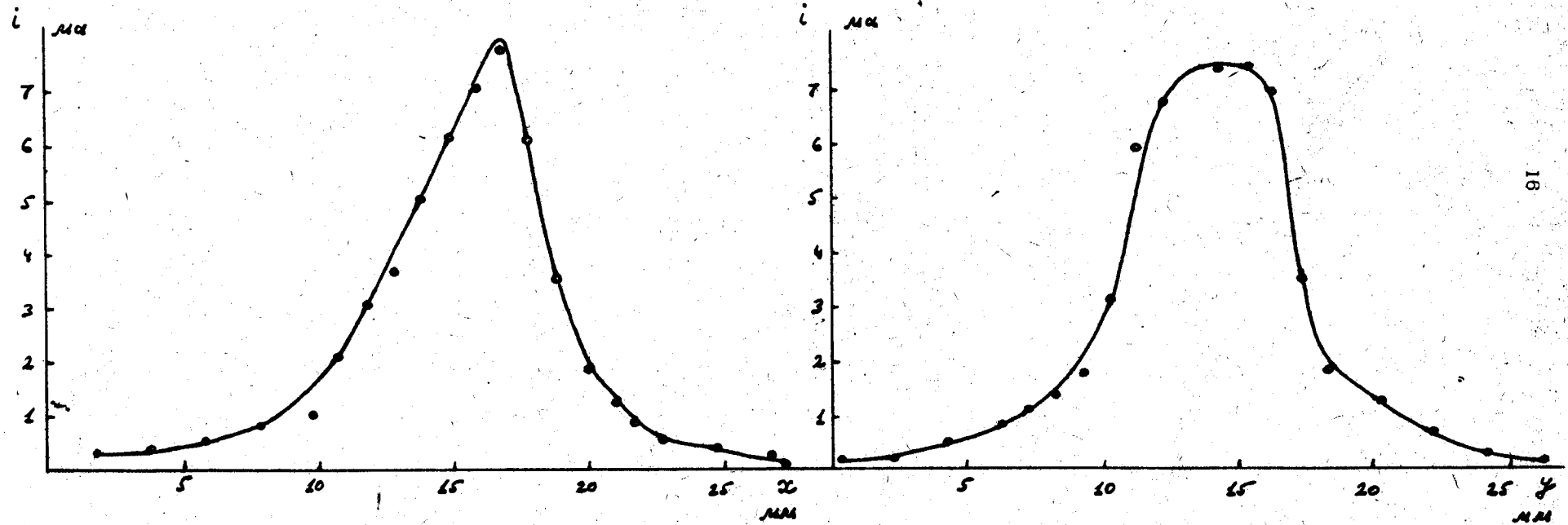


Рис. 9. Кривые распределения плотности пучка по сечению (расстояние от точки фокуса 650 мм).



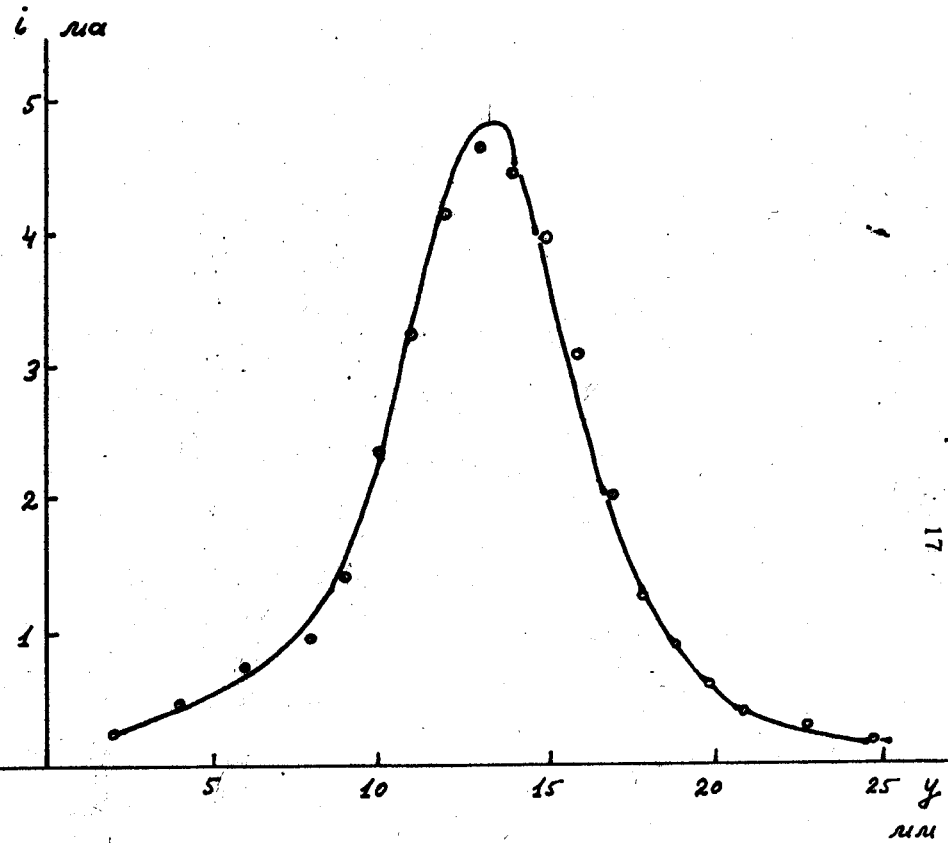
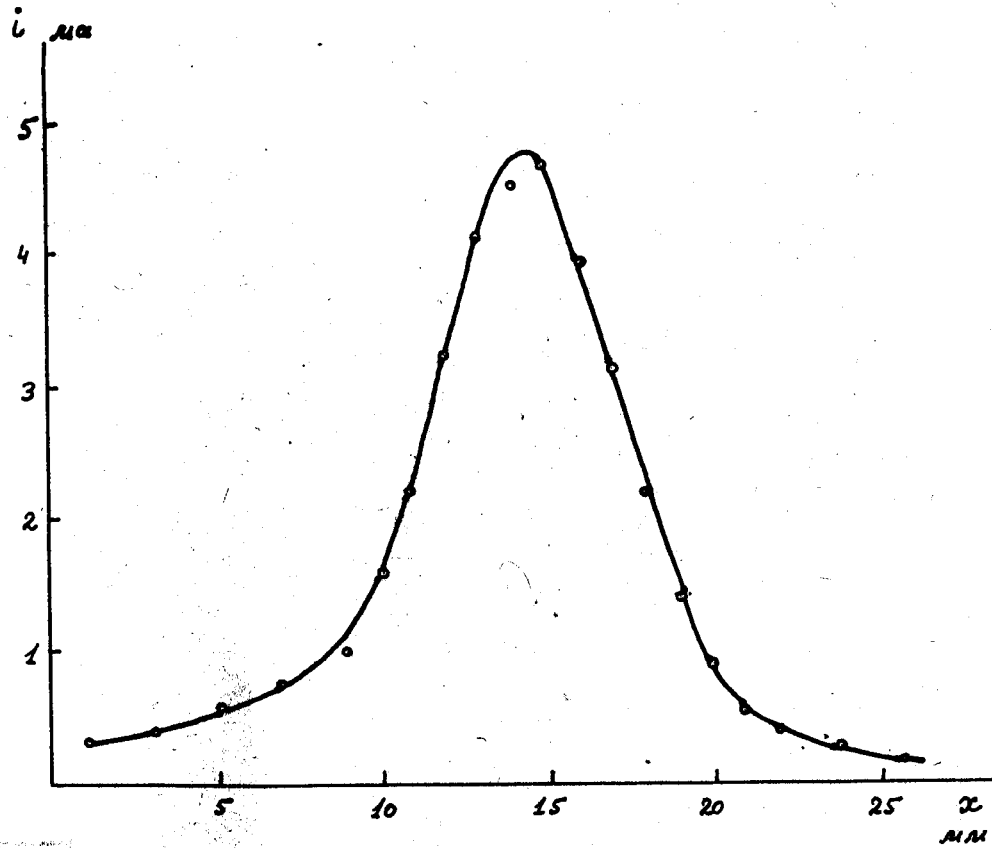


Рис. 10. Кривые распределения плотности пучка по сечению (расстояние от точки фокуса 1150 мм).

ВНИМАНИЕ! При использовании  
 документов необходимо  
 соблюдать правила  
 безопасности.