

АКАДЕМИЯ НАУК СССР СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

препринт 272

В.Г.Вещеревич, М.М.Карлинер, В.М.Петров,

И.К.Седяров, И.А.Шехтман

**УСКОРЯЮЩИЙ РЕЗОНАТОР НАКОПИТЕЛЯ
ВЭПП-2**

Новосибирск

1969

В.Г.Вещеревич, М.М.Карлинер, В.М.Петров,

И.К.Седляров, И.А.Шехтман

УСКОРЯЮЩИЙ РЕЗОНАТОР НАКОПИТЕЛЯ ВЭПП-2

А Н Н О Т А Ц И Я

Резонатор накопителя ВЭПП-2 имеет два рабочих вида колебаний: противофазный (собственная частота 75 мгц, шунтовое сопротивление около 1 Мгом) и синфазный (собственная частота 25 Мгц, эффективное шунтовое сопротивление около 7,5 ком). Рабочее ускоряющее напряжение до 300 кв на третьей гармонике частоты обращения обеспечивается первым видом. Второй используется для перезахвата частиц из трех сепаратрис в одну. При конструировании резонатора учитывались требования, предъявляемые к спектру высших собственных частот с целью обеспечения затухания когерентных синхротронных и бетатронных колебаний.

Требования, предъявляемые к описываемой ускоряющей системе, определяются особенностями накопителя ВЭПП-2. Последний имеет один экспериментальный промежуток сравнительно малой длины. В связи с этим для эффективной регистрации событий сгустки частиц также должны иметь возможно меньшую длину, порядка 15-20 см. Уменьшения длины можно достичь, увеличивая амплитуду ускоряющего напряжения и кратность высокой частоты. Поэтому для работы была выбрана третья гармоника. При этом, однако, возможно образование трёх сгустков электронов и позитронов во время накопления. Для получения одного сгустка накопление необходимо производить на первой гармонике с последующим переходом на третью. Таким образом, ускоряющая система должна обеспечивать работу как на первой, так и на третьей гармониках. Кроме того, для обеспечения устойчивости пучков по отношению к самопроизвольной раскачке фазовых и бетатронных колебаний довольно жесткие требования предъявляются к расположению собственных частот высших резонансных мод ускоряющей системы /1, 2/.

Ограниченная длина промежутка, отведённого для ускоряющего резонатора, привела к созданию системы, имеющей две рабочие собственные частоты, соответствующие первой (25,2 МГц) и третьей (75,6 МГц) гармоникам частоты обращения частиц. Схематический чертёж резонатора представлен на рис.1.

Внутри корпуса резонатора 4 размещена труба с дисками 2 на концах ("катушка"). Она образует внутренний проводник коаксиальной линии с ёмкостями дисков на концах. Собственная частота соответствующей резонансной моды равна примерно 75,6 МГц, т.е. совпадает с третьей гармоникой. Эта мода является противофазной; электрическое поле в зазорах направлено одинаково относительно движения частиц. "Катушка" 2 подвешена на штанге 3, помещенной в узле напряжения противофазной моды и поэтому не влияющей на распределение полей.

Кроме противофазной моды резонатор имеет еще синфазную моду с резонансной частотой около 25,2 МГц. Для этой моды ёмкость образуется параллельным соединением ёмкостей дисков, а индуктивностью служит короткозамкнутый отрезок коаксиальной линии, образуемой штангой и трубой 6. Короткое замыкание осуществлено через разделительную ёмкость 8, что позволяет подать на "катушку" постоянное напряжение около 5 кв для пред-

отражения резонансного разряда в рабочих зазорах. Штанга выведена из вакуумного объема через керамический изолятор 5. Корпус резонатора 4 размещен в наружной вакуумной оболочке.

Для синфазной моды "катушка" работает как дрейфовая трубка. Эффективное ускоряющее напряжение на первой гармонике составляет примерно 25% от напряжения на каждом из зазоров.

Перестройка резонансных частот осуществляется двумя устройствами. Одно из них изменяет одновременно оба ёмкостных зазора за счёт упругой деформации стенок корпуса 4 резонатора. При этом изменяются обе резонансные частоты. Независимая перестройка синфазной моды (25,2 МГц) производится путём поворота вокруг вертикальной оси пяти короткозамкнутых рамок 7, находящихся в индуктивной части резонатора.

Противофазная мода возбуждается с помощью петли 1, размещённой в плоскости симметрии резонатора. Петля введена через керамический изолятор. Для возбуждения синфазной моды фидер, идущий от генератора 25,2 МГц, присоединён через ёмкость 10 к разделительной ёмкости 8. Ёмкостное сопротивление последней составляет $\frac{1}{50}$ полного ёмкостного сопротивления синфазной моды. Это соотношение выбрано с целью согласования резонатора с 60-омным фидером.

Описанная система возбуждения обеспечивает хорошую развязку возбуждающих устройств между собой.

Ниже приводятся основные параметры резонатора.

Таблица 1

Параметры резонатора

П а р а м е т р ы	Противофазная мода	Синфазная мода
Эффективное ускоряющее напряжение (амплитуда), кв	300	12
Собственная добротность	12000	2000
Шунтовое сопротивление (отнесенное к ускоряющему зазору с эффективным напряжением), ком	1000	7,5

Высшие резонансные моды данного резонатора могут быть разбиты на два типа в зависимости от структуры электромагнитных полей в области взаимодействия с пучками. Симметричные моды имеют максимум продольной составляющей электрического поля на оси симметрии. В связи с этим они могут возбуждаться короткими сгустками частиц, если их частота близка к резонансу. Как показано в /1/, симметричная мода может вызывать фазовую неустойчивость пучков, если её собственная частота близка к величине $n\omega_s + \omega_0$, где ω_s - частота обращения частиц, ω_0 - частота синхротронных колебаний, n - целое число. Эта величина мало отличается от $n\omega_s$, т.е. от гармоники частоты обращения. Так как частота обращения может быть изменена в некоторых пределах, то следует стремиться к тому, чтобы ни одна из симметричных мод не имела собственную частоту, близкую к $n\omega_s$.

Из несимметричных мод опасность в смысле устойчивости представляют антисимметричные моды, т.е. такие, которые имеют один период изменения поля по азимуту. Такие моды имеют максимум магнитного поля на оси, и поэтому могут взаимодействовать с поперечными (бетатронными) колебаниями. В /2/ найдено, что антисимметричная мода может привести к бетатронной неустойчивости, если её собственная частота близка к величине

$$n\omega_s - \omega_n$$

где ω_n - частота бетатронных колебаний.

Известно, что полый резонатор имеет бесконечное множество резонансных мод. Очевидно, что опасность могут представлять лишь те моды, собственная длина волны которых не короче, чем длина сгустков. Это условие ограничивает спектр опасных мод и таким образом делает задачу борьбы с ними не безнадежной. Исследование высших мод производилось расчётными и экспериментальными методами; результаты, полученные различными методами, затем сравнивались.

Для экспериментального исследования была изготовлена модель резонатора в масштабе 1 : 1. Эта модель исследовалась в диапазоне частот до 1700 МГц. При этом проводились измерения собственных частот резонансных мод и их характеристических сопротивлений, отнесенных к ускоряющим зазорам. Кроме того, исследовалась структура поля в резонаторе. Для возбуждения и ин-

дикации использовались электрические и магнитные зонды, помещаемые в ускоряющие зазоры на оси резонатора. Это позволяло исследовать отдельно спектры симметричных и антисимметричных мод. Исследования спектров производились с помощью широкодиапазонных свип-генераторов.

Для измерения характеристических сопротивлений в зазор вводилась ампула с водой ($\epsilon = 81$) и измерялся сдвиг резонансной частоты. Добротности резонансных мод измерялись на готовом резонаторе. Сопротивление связи данной моды затем может быть определено по формуле

$$R_{св} = \rho Q,$$

где ρ - характеристическое сопротивление, Q - добротность.

На рис.2 и рис.3 приведены сводные диаграммы всех измеренных высших резонансных мод. Каждая диаграмма представляет собой одну длинную ось частот (в Мгц), разделенную на отрезки по 100 Мгц, которые размещены один под другим. Косые заштрихованные полосы в местах пересечения с отрезками частотной оси дают опасные зоны по синхротронным (рис.2) и бетатронным (рис.3) - радиальным и вертикальным колебаниям, куда не должны попадать паразитные резонансы.

Исследование высших резонансных мод позволило скорректировать размеры резонатора, определяющие основные собственные частоты. Испытание резонатора в работе с частицами показало, что имеется рабочая область частот обращения, в которой не проявляются когерентные неустойчивости.

Л и т е р а т у р а

1. В.Л.Ауслендер, М.М.Карлинер, А.А.Наумов, С.Г.Попов, А.Н.Скринский, И.А.Шехтман, Атомная энергия, 20, 210, 1966.
2. Н.С.Диканский, М.М.Карлинер, А.Н.Скринский, В.Е.Шапиро, И.А.Шехтман, Атомная энергия, 22, 188, 1967.

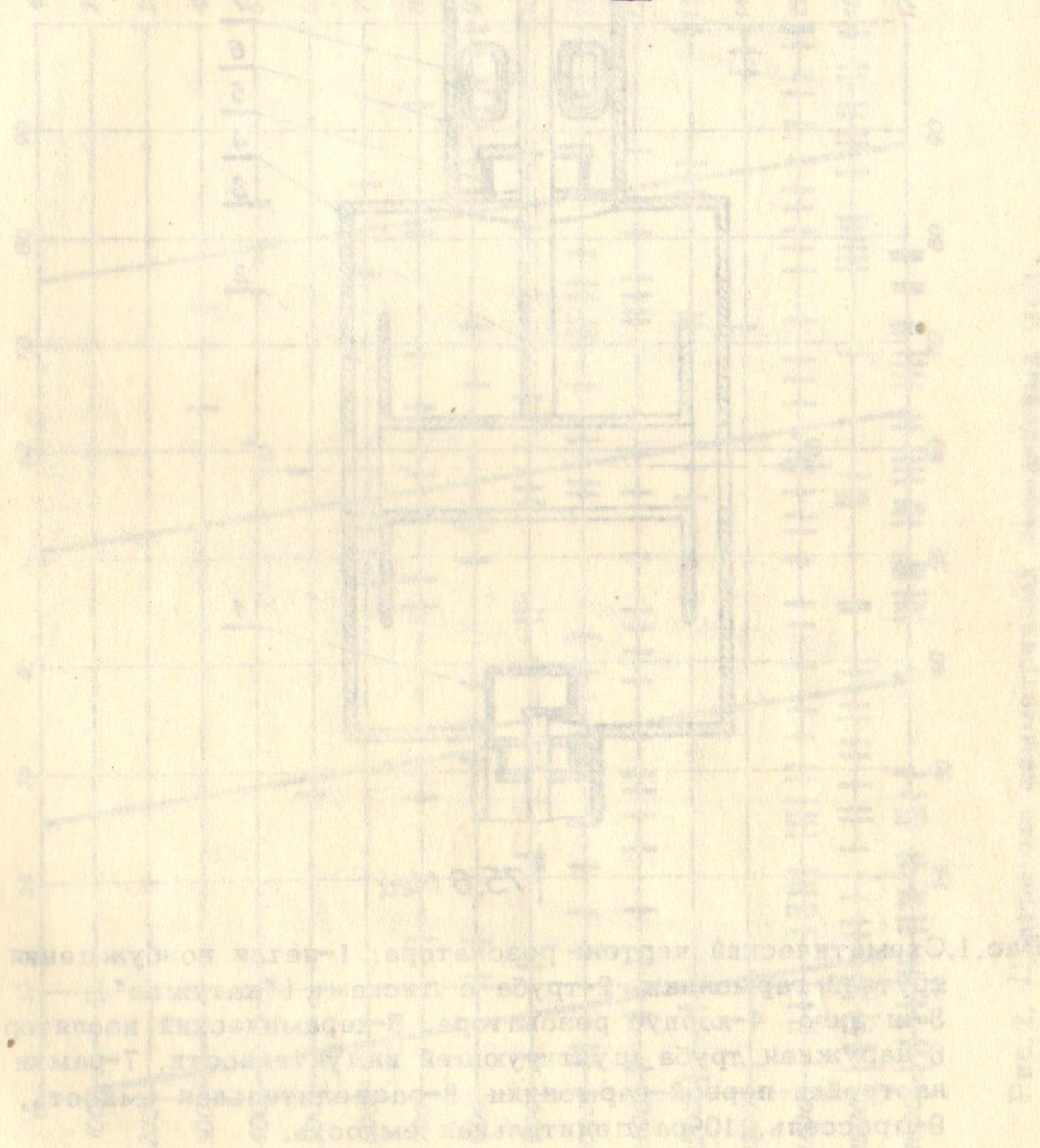


Рис. 1. Схематический вид резонатора. 1 - зазор для инжекции; 2 - зазор для диагностики; 3 - зазор для диагностики; 4 - зазор для диагностики; 5 - зазор для диагностики; 6 - зазор для диагностики; 7 - зазор для диагностики; 8 - зазор для диагностики; 9 - зазор для диагностики; 10 - зазор для диагностики.

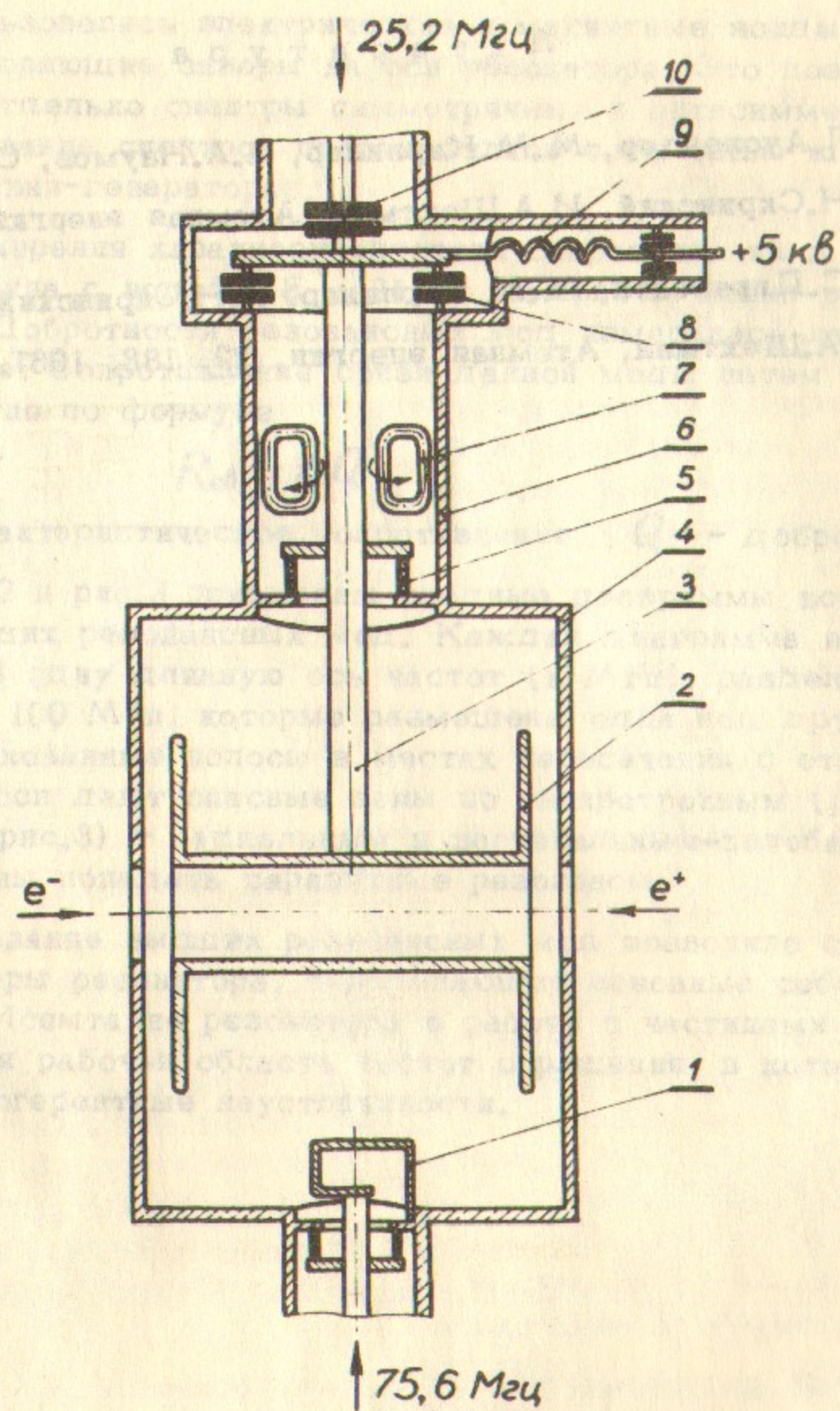


Рис.1. Схематический чертеж резонатора: 1-петля возбуждения трутвией гармоник, 2-труба с дисками ("катушка"), 3-штанга, 4-корпус резонатора, 5-керамический изолятор, 6-наружная труба шунтирующей индуктивности, 7-рамки настройки первой гармоники, 8-разделительная емкость, 9-дрессель, 10-разделительная емкость.

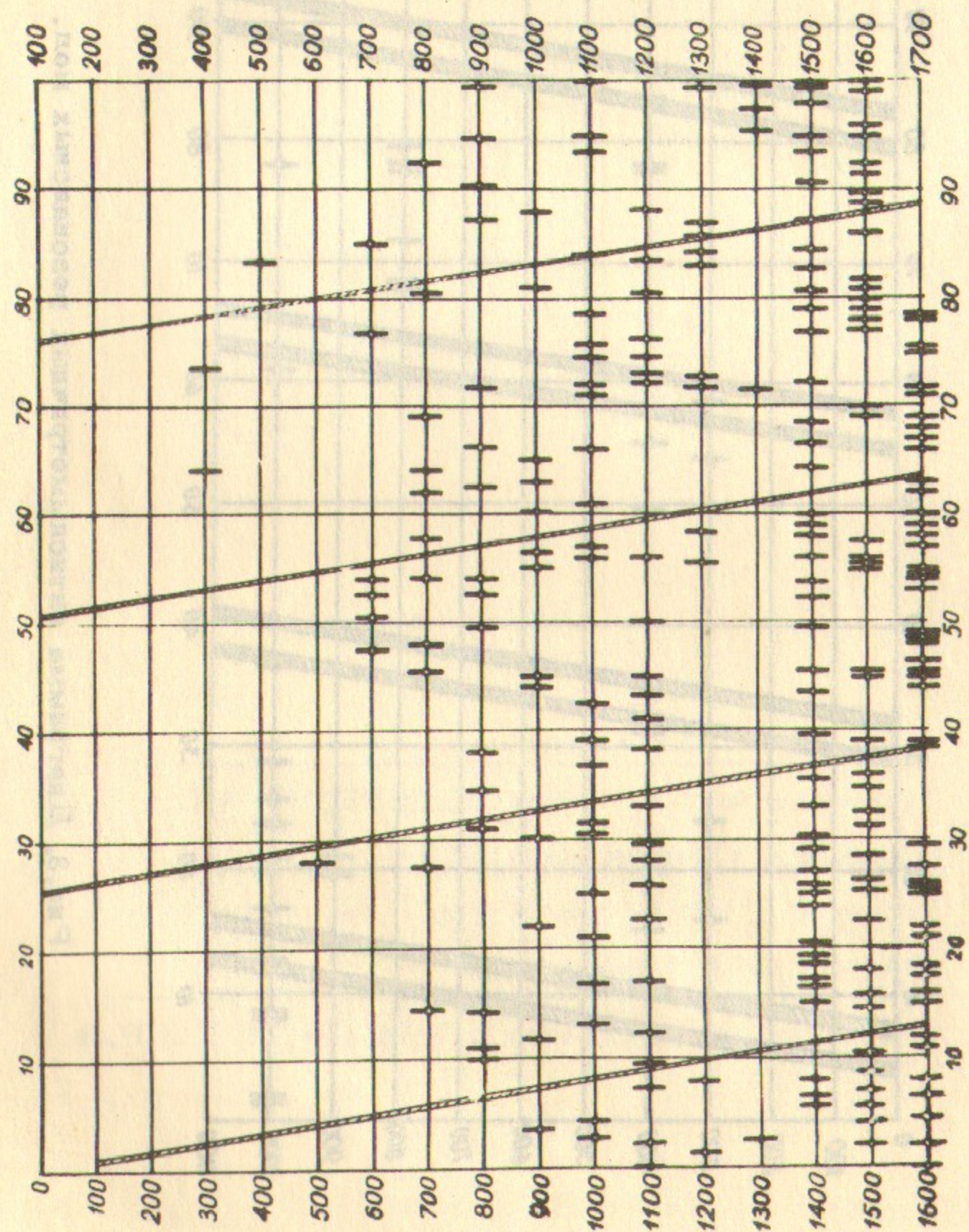


Рис.2. Диаграмма симметричных резонансных мод.

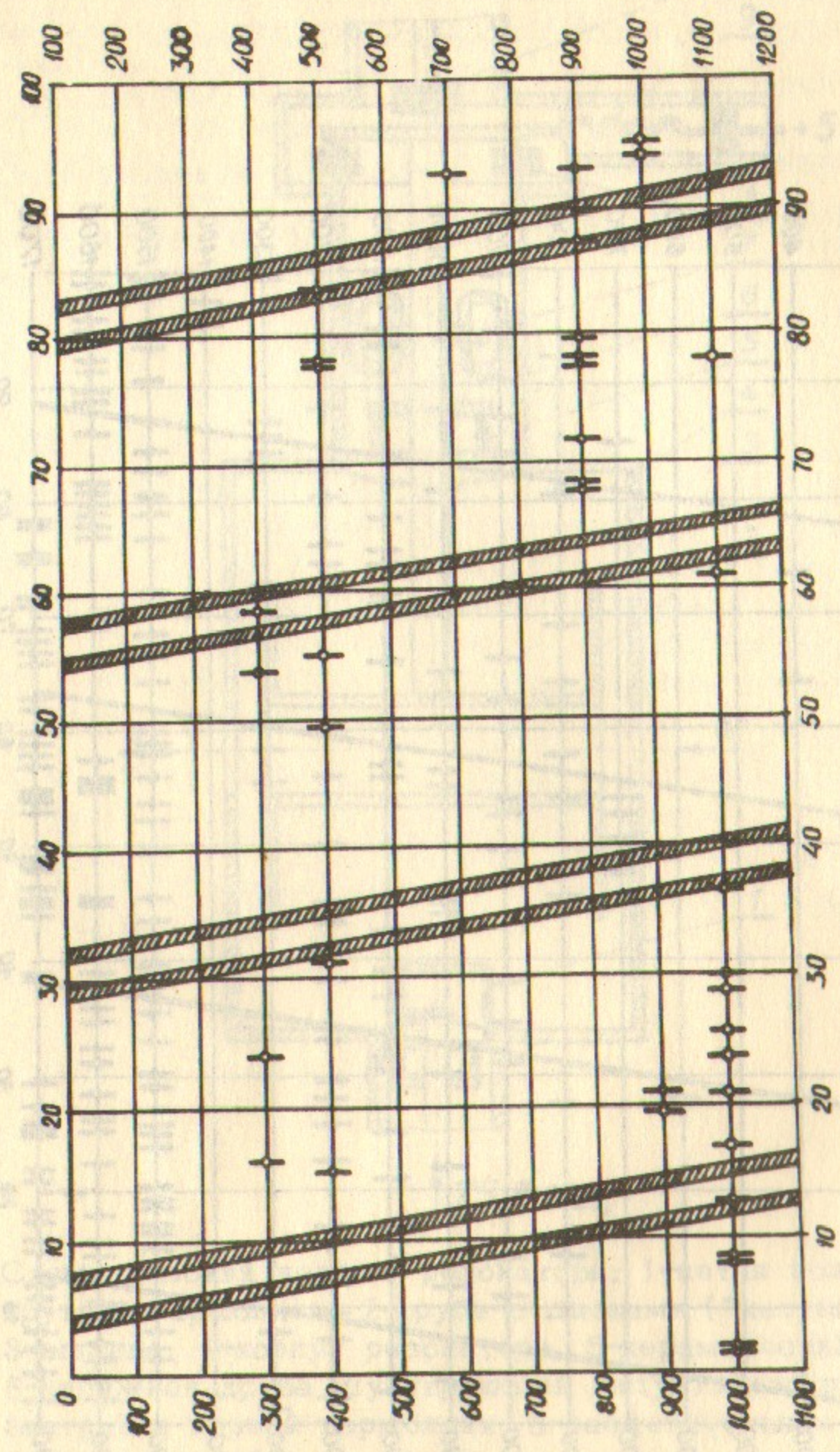
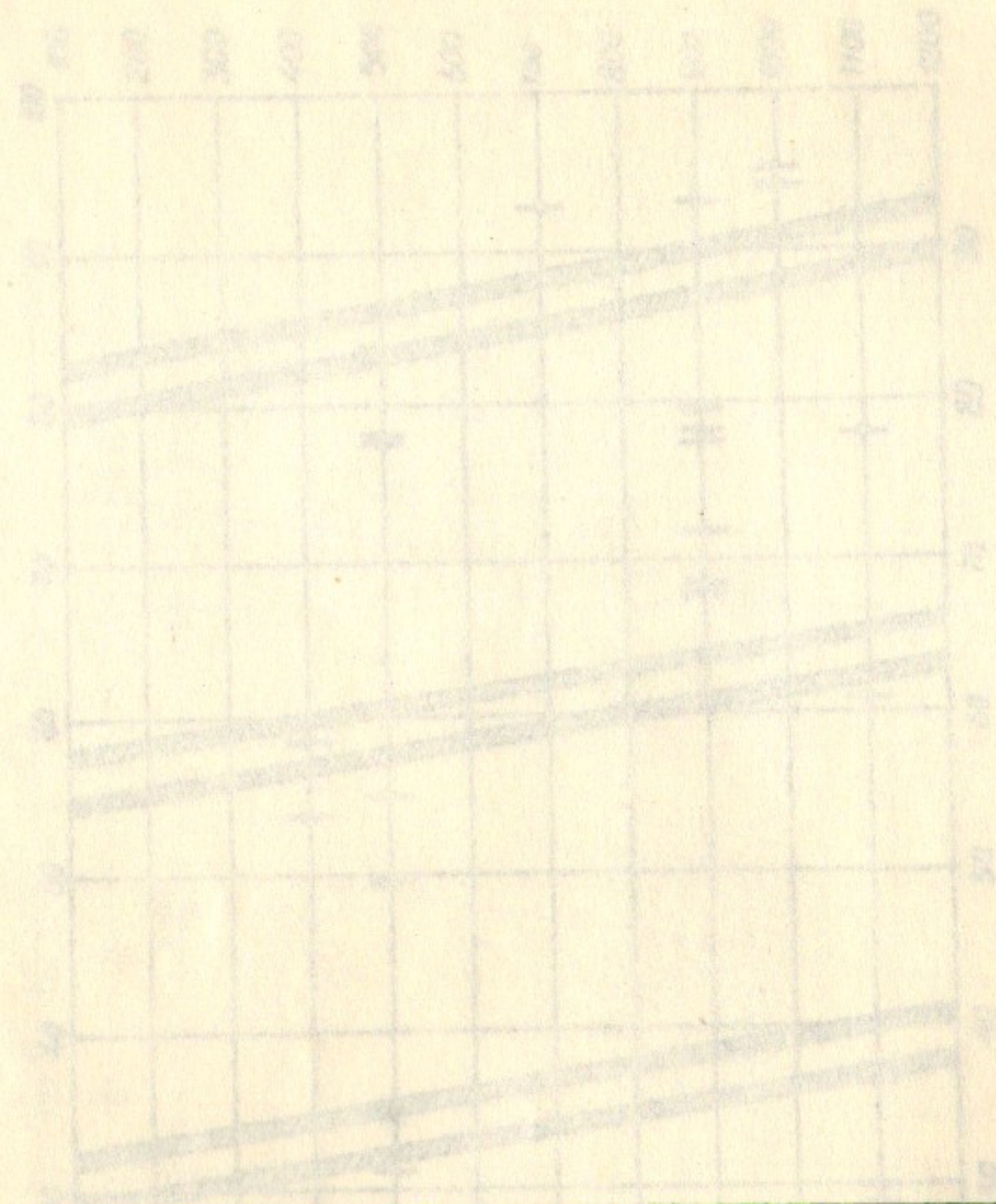


Рис.3. Диаграмма антисимметричных резонансных мод.

Отпечатано на территории в НИИ СО АН СССР, г.
 Языки № 272, без цен.
 Учен. зап. кн.-го. изд. № 180, 1968 г.
 Подписано в печать 30.1.1968 г.
 Ответственные за выпуск БЕШЕРВНА В.Т.



Ответственный за выпуск ВЕЩЕРЕВИЧ В.Г.

Подписано к печати 30.1. -1969 г.

Усл. 0,5 печ.л., тираж 150 экз.

Заказ № 272 , бесплатно.

Отпечатано на ротапринтере в ИЯФ СО АН СССР.нв.