# ZU34U4UV UUR ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ Ц4UԴԵՄԻU АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

**РВИНГИЛЬН ИЛВАДИЛЬ ВИГИЛЬ ДИДИГРИНГЬЕ** СООБЩЕНИЯ БІОРАКАНСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ

ФРИЧ XIX ВЫПУСК

Финицинанный редактор В. А. АМБАРЦУМЯН

# РАДИОМЕТР ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЛЯРИЗАЦИИ РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ НА ДЛИНЕ ВОЛНЫ 3,2 cm

## Э. Г. Мирзабекян

Разработка методики и создание установки для измерения степени поляризации радиоизлучения в трехсантиметровом днапазоне длин волн в последнее время приобрели актуальное значение. Удачное решение этой задачи позволяет
поставить ряд новых исследований как в области радиофизики сверхвысоких частот, так и в области радиоастрономии.
В настоящей статье описывается новая установка — "поляризационный радиометр", предназначенная для лабораторных
измерений степени поляризации радиоизлучения в трехсантиметровом диапазоне длин воли.

# § 1. МОДУЛЯЦИОННЫЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ СТЕПЕНИ ПОЛЯРИЗАЦИИ

При исследовании радиоизлучения в сантиметровом диапазоне обычно надо уметь выделять и измерять сигнал, мощность которого может составлять десятые доли процента от мощности собственных шумов аппаратуры. В самом деле, как известно [1], подключенное на вход приемника согласованное сопротивление R создает в полосе частот  $\Delta f$  тепловые шумы, мощность которых равна

$$P = kT_0 \Delta f \tag{1}$$

где k — постоянная Больцмана,

То — температура шумящего сопротивления.

Но, кроме этих шумов, приемник обладает собственными шумами, которые можно пересчитать на его вход, пользуясь известным понятием шум - фактора — N, показывающим во сколько раз отношение мощности сигнала к

мощности шумов на входе больше того же отношения на выходе приемника.

Выражение для мощности собственных шумов на входе

приемника принимает при этом вид

$$P = kT_0 N \Delta f$$
 (2)

Для хврактеристики мощности шумов приемника принято вводить понятие эквивалентной температуры шумов. Эквивалентивя температура собственных шумов приемника та температура, ло которой необходимо нагреть подключенное на вход нешумящего идеального приемника (N = 1) согласованное сопротивление, чтобы мощность шумов, развнявемая в этом сопротивления, равнялась мощности собственных шумов приемника. Согласно этому определению и формуле (2) следует, что

$$T_{a} = T_{a}N$$

где Т. — эквивалентная температура собственных шумов при-

В реальных приеминках сантиметрового диапазона N $\sim$  15 и  $T_{\rm o}\sim$  300 , откуда для  $T_{\rm o}$  получия

$$T_0 = T_0 N = 4500^{\circ} K$$

Для характеристики же шумовой мощности исследуемого источника введем понятие эквивалентной температуры источника или просто температуру источника. Температура источника — эта та температура, до которой необходимо нагреть помещенную в волновод согласованную нагрузку (с коэффициентом поглощения z=1), чтобы мощность шумов, отдаваемая этой нагрузкой приемнику, равнялась мощности шумов, отдаваемой исследуемым источником.

Температура поляризованной компоненты радноизлучения того или иного исследуемого источника зачастую может составлять несколько градусов, т. е. всего несколько десятых долей процента от температуры собственных шумов аппаратуры. Это накладывает особо строгие требования к новышению чувствительности метода изме рения.

Теория показывает [2, 3], что флуктуационный порог чувствительности, выраженный в температурах источника, равен

$$\Delta T_u = \frac{1}{\sqrt{2}} \ NT_o \ \sqrt{\frac{\Delta \Omega}{\Delta \omega}}$$

где  $\Delta \Omega$  — полоса пропускания выходного устройства;  $\Delta \omega$  — полоса пропускания усилителя промежуточной частоты.

В приемниках сантиметрового диапазона обычно этот теоретический порог чувствительности

$$\Delta T_u \approx 0^{\circ}.3K$$

Практически эта чувствительность не достигается изза наличия медленных флуктуационных изменений собственных шумов приемника, вследствие флуктуаций коэффициента усиления последнего и прочих паразитных эффектов. Для значительного уменьшения влияния флуктуаций собственных шумов аппаратуры (флуктуаций шум-фактора) применяется модуляционный метод. Сущность модуляционного метода изложена в работах Дайка, Тронцкого, Бунимовича [2—4]. Идея метода состоит в том, что сигнал со сплошным спектром тем или иным способом модулируется по интенсцвности до подачи на вход приемника, причем модуляция сигнала не сопровождается модуляцией собственных шумов приемника. Далее, после детектирования, сигнал выделяется из собственных шумов аппаратуры узкополосным усилителем, настроенным на частоту модуляции.

Нами для измерения слабых степеней поляризации радиоизлучения избран также модуляционный метод, но сам принцип модуляции существенно отличается от применявшихся до сих пор.

Перед нами стояла задача разработки методики и создания установки, позволяющей на фоне относительно сильного неполяризованного сигнала выявить слабую поляризованную компоненту, определить характер поляризации и измерить интенсивность ее.

Общая идея разработанного метода заключается в следующем. Пусть А — источник электромагнатного излучения

сантиметрового дививзона (см. рис. 1); В, С, D — цилиндрический полноводный тракт, состоящий из отдельных секций, в котором может распространяться только волна типа Н<sub>пт</sub>этот тракт имеет изаимозаменяемые секции С. Секция № 1 —

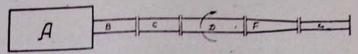


Рис. 1. К объяснению общей идеи метода поляризационных измерений

пустой отрезок цилипдрического волновода; секция N-2 — "пластипка  $\frac{\lambda}{4}$  " — отрезок цилипдрического волновода со иставленной внутрь вдоль волновода по диаметру полистироловой пластинкой, представляющей собой аналог пластинки  $\frac{\lambda}{4}$ ; секция N-3 — "крест поглотителей". — отрезок цилипдрического волновода со вставленными внутри двумя взанимо перпенликулярными поглощающими пластинками; секция N-4 — "поглощающая пластинка" — отрезок цилиндрического волновода со вставленной внутрь вдоль по диаметру поглощающей пластинкой.

Далее следует секция Д — модулятор, представляющий собой вращающийся отрезок цилиндрического волновода, внутри которого вдоль волновода по лиаметру вставлена полистироловая пластинка, являющаяся аналогом пластинка  $\frac{\lambda}{2}$  За модулятором следует секция F — плавный переход от цилиндрического к прямоугольному волноводу, в секция G — анализатор, представляющий собой прямоугольный волновод. Размеры и способ возбуждения цилиндрического волновода таковы, что в нем могут распространяться только волны типа  $H_{11}$ . Общая идея метода заключается в следующем.

# Случай 1.

Пусть источник А излучает линейно-поляризованную волну, распространяющуюся в цилиндрическом волноводе в виде волны  $H_{11}$ . В волноводный тракт вставлена секция № 1.

Вектор Е — вектор напряженности электрического поля линейно-поляризованной волны, — при прохождении через "пластинку  $\frac{\lambda}{2}$  в общем случае оказывается повернутым относительно первоначального своего направления. Так, если направление вектора Е до пластинки составляет угол  $\alpha$  с направлением плоскости пластинки, то после пластинки этот вектор оказывается повернутым на угол  $\beta=2\alpha$  относительно первоначального своего направления. При вращении же "пластинки  $\frac{\lambda}{2}$ " с угловой скоростью  $\omega$ , после этой пластинки

вектор Е вращается с угловой скоростью  $\omega_2$ , причем  $\omega_2 = 2\omega_1$ . Далее, линейно-поляризованная волна, с вращающимся вокруг оси волновода вектором Е, встречает анализатор — плавный переход F и прямоугольный волновод G. В прямоугольном волноводе эта волна оказывается промодулированной: в моменты, когда вектор Е перпендикулярен к широким стенкам — волна полностью проходит в прямоугольный волновод, в моменты же, когда вектор Е параллелен к тем же стенкам, — она полностью отражается.

Случай 2.

Источник А излучает циркулярно-поляризованную волну. В волноводный тракт вставлена секция № 1. При прохождении циркулярно-поляризованного излучения через "пластинку  $\frac{\lambda}{2}$ " характер ее поляризации не меняется — она остается циркулярно-поляризованной и при вращении модулятора — "пластинки  $\frac{\lambda}{2}$ " модуляция сигнала не происходит.

Если же ввести секцию № 2 — "пластинку  $\frac{\lambda}{4}$ ", циркулярно поляризованная волна на выходе этой секции превращается в линейно-поляризованную и далее, как в случае 1, сигнал модулируется.

Случай 3.

Источник А излучает эллиптически-поляризованную волну. В волноводный тракт введена секция № 1.

Эллинс поляризации эллиптически-поляризованного излучения, прошедшето через "пластинку — оказывается повернутым весь и целом, без изменения эксцентриситств, на угол 2« относительно первоначального своего положения, где угол « угол межлу большой полуосью эллипса и плоскостью пластинки. При вращении "пластинки — эллипс повернации вращается с двойной угловой скоростью, по сравнению с угловой скоростью вращения пластинки, и в анализаторе происходит модуляция сигнала: мощность, поступающая и прямоугольный волновод, изменяется от максимального своего значения, когда большая полуось направлена перпендикулярно широким степрам волновода, до минимального при повороте этого эллипса на 90°, когда малая полуось перпендикулярна этим степрам.

Если же теперь, взямен секции  $\mathcal{N}_2$  1, ввести секцию  $\mathcal{N}_2$  2 — пластинку 4 так, чтобы плоскость пластинки была нараллельна одной из полуосей эллинса поляризации, эллиптически-поляризованное излучение, пройдя через эту секцию, окажется линейно-поляризованным и в результате вращения модулятора будет модулироваться в анализаторе с глубиной модуляции, равной единице (в не меньше 1, как без "пластинки  $\frac{\lambda}{4}$ ).

Случай 4.

Источник А излучает пеполяризованное излучение. Распространяющееся в волноводе неполяризованное излучение, пройдя через "пластинку — остается неполяризованным и при вращении этой пластинки молуляции не происходит. При введении секции № 2 — "пластинки — излучение остается попрежнему неполяризованным. Поэтому и в этом случае сигнал не будет модулироваться. Таким образом,

неполяризованное излучение, в отличие от поляризованного, ни в каком случае не модулируется.

Исследование характера поляризации принимаемого излучения ведется следующим образом. Пусть в конце волноводного тракта имеется детектор, с которого мы снимаем и затем усиливаем и измеряем переменную составляющую сигнала. Пусть мы имеем также возможность определять ориентацию вектора Е сигнала на входе модулятора (способ определения этой ориентации будет указан ниже). Сначала в водноводный тракт вводится секция № 1. Возможны два результата: 1. Сигнал модулируется. И. Сигнал не модулируется.

Рассмотрим первый случай.

Если сигнал модулируется, то он может быть или линейно- или эллиптически-поляризованным. Пусть при этом показание выходного прибора равно N<sub>1</sub> делениям, а направление поляризации входящего в модулятор излучения составляет угол α с вертикалью. Под направлением поляризации будем понимать в дальнейшем направление вектора Е в случае линейно-поляризованного излучения или направление большой полуоси эллипса поляризации в случае эллиптически-поляризованного излучения.

Для дальнейшего анализа вводим секцию № 2 так, чтобы "пластинка  $\frac{\lambda}{4}$  " была параллельна направлению поляризации. Тогда, если излучение было эллиптически-поляризованным, то, пройдя "пластинку  $\frac{\lambda}{4}$  ", ориентированную параллельно большой полуоси эллипса поляризации, оно станет линейно-поляризованным. При этом новое показание  $N_2$  выходного прибора будет больше, чем  $N_1$ , а направление поляризации, вышедшей из "пластинки  $\frac{\lambda}{4}$  " линейно-поляризованной волны, составит с направлением "пластинки  $\frac{\lambda}{4}$  " угол  $\beta$ , определяемый выражением —  $tg2\beta = \frac{a}{b}$ , где a и b — полуоси эллипса поляризации.

Если же излучение генератора A было линейно-поляризованным, то, пройдя "пластинку  $\frac{\lambda}{4}$ , ориентированную нараллельно вектору E, оно останется линейно-поляризованным. При этом показание выходного прибора и направление поляризации останутся прежними.

Таким образом, когда сигнал молулируется, мы можем

полностью провивлизировать характер поляризации.

Рассмотрим теперь второй случай, когда сигнал не модулируется.

Этот случай может иметь место только тогла, когда приходящее излучение циркулярно-подяризовано или неполяризовано. Для дальнейшего апализа вводится секция № 2. При этом, если излучение было циркулярно-поляризованным, то, пройдя через "пластинку  $\frac{\Lambda}{4}$ , оно станет линейно-поляризованным и будет модулироваться.

Если же модуляция сигнала при внедении "пластинки  $\frac{\lambda}{4}$  не появляется, то излучение было неполяризованным.

Таким образом, во всех случаях по результатам измерений с секциями None 1 и 2 можно однозначно определить характер поляризации принимаемого излучения.

Весьма нажно отметить, что если одновременно с поляризованным сигналом имеется неполяризованный фон. то, как это видно из вышеприведенных рассмотрений, неполяризованный фон не дает модуляции и поэтому исключается.

Ниже, при рассмотрении паразитных эффектов, ограничивающих возможности метода, будет рассмотрено влияние относительно сильного неполяризованного фона.

Следует отметить, что для наиболее полного анализа принимаемого излучения требуется также уметь определять степень поляризации (т. е. отношение интенсивности поляризованной компоненты к общей интенсивности) и абсолютную интенсивность поляризованного излучения. Для этих целей предусмотрены секции NN: 3 и 4, о которых подробно будет сказано ниже.

### § 2. АППАРАТУРА

### 1. Блок сменных секций (рис. 2)

Цилиндрический волновод, соединяющий источник исследуемого радиоизлучения с радиометром, имеет внугренний диаметр Ф = 23,4 мм. При выборе величины диаметра цилиндрического волновода мы должны учитывать, что он.

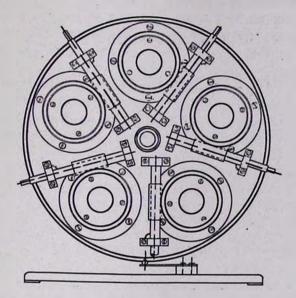


Рис. 2. Блок сменных секций-, револьгерный блок\*

цолжен быть больше критического для данной длины волны размера и меньше диаметра, при котором могут возбуждаться и распространяться весьма нежелательные высшие типы волн. При диаметре  $\Phi=23,4\,\text{мм}$  на частоте 9.500 мгц  $(\lambda=3,2\,\text{см})$  вдоль волноводного тракта может распространяться только волна типа  $H_{11}$ .

Согласно общей идее разработанного метода измерений поляризации радиоизлучения в волноводном тракте поляризационного радиометра необходимо иметь взаимозаменяемые секции цилиндрического волновода. Таких секций было у нас пять. Одна из них — запасная, нами не использовалась. Эти секции вмонтированы в общий револьверный барабан. По-

воротом втого барабана можно ввести в волноводный тракт ту или иную желаемую секцию. Каждая секция, кроме этого, имеет возможность поворачиваться вокруг своей оси. На каждой секции имеется градусная шкала, позволяющая измерять углы поворота секции.

Каждан секция револьверного блока имеет свое опре-

деленное назначение:

а) Секция  $N_2$  1 — "пустая". Эта секция представляет собой отрезок цилиндрического волновода без каких-либо истанок внутри.

6) Секция  $N_{8}$  2 — "плистинка  $\frac{\lambda}{4}$ ». В этой секции влоль

цилипарического волновода по диаметру вставлена полистироловая пластинка. При прохождении электромагнитной волны через отрезок цилипарического волновода, со вставленной внутрь полистироловой пластинкой, между компонентами вектора напряженности электрического поля вдоль и поперек плоскости пластинок набегает разность фаз, вследствие того, что действие пластинок в этих двух направлениях различно.

Длина полистироловой пластинки подбирается такой, чтобы этот набег разности фаз равнялся бы  $\frac{\pi}{2}$ , т. е. чтобы

данная секция была бы аналогом "пластинки 4 в оптике.

Для согласования в волноводе "пластинка  $\frac{7}{4}$ " сделана с четвертьнолновыми ступеньками с обенх сторон. Коэффициент стоячей волны этой пластинки оказился равным 1.04. Размеры пластинки, первоначально сделанные по расчетам, были исправлены тщательной экспериментальной проверкой сдвига фаз, создаваемого пластинкой. Пластинка считалась четвертьволновой, если линейно-поляризованный сигнал, падающий под углом  $\pm$  45 к плоскости пластинки, выходил после нее циркулярно-поляризованным (эллиптичность при этом была весьма инчтожной: с — 1 < 0.001, где  $\frac{E_4}{E_5}$  — отношение полуосей эллипса поляризации) и, на-

оборот, циркулярно - поляризованный сигнал преобразовывался в линейно - поляризованный  $\left(c^1 = \frac{E_a}{E_b} < 10^{-3}\right)$ .

в) Секция № 3 — "крест поглотителей".

Количественные измерения, производимые поляризационным радиометром, требуют градуировки его чувствительности, абсолютной калибровки показаний выходных приборов.

В литературе описаны различные способы градуировок, основным и общепринятым из которых в диапазоне сантиметровых воли является калибровка при помощи согласованной пагреваемой нагрузки — "черного тела", помещаемого в волновод. Этот метод сводится к измерению выхода при двух различных известных температурах этой нагрузки. Изменению температуры нагрузки на  $\Delta T$  градусов соответствует изменение показаний выходного прибора на AN делений, откуда находится цена деления выходного прибора в температурах источника. Но такой способ калибровки ймеет целый ряд недостатков и, фактически, при такой калибровке относительная ошибка в определении эффективных температур слабых источников радиоизлучения слишком велика. В самом деле, как показывают соответствующие измерения, коэффициент стоячей волны — к. с. в., характеризующий коэффициент отражения такой нагрузки, сильно зависит от ее температуры [5].

Относительно небольшие же изменения к. с. в. создают довольно сильные изменения паразитного сигнала, вызывающие изменения показаний выходного прибора. Изменения показаний выходного прибора, обусловленные паразитным сигналом, составляют значительную долю изменений показаний выходного прибора при нагревании нагрузки.

Уменьшить же относительную ощибку, вызванную изменением к. с. в., увеличением  $\Delta T$  нельзя, так как при этом увеличивается и изменение к. с. в.

Далее, нагрузка без термостатирования подвержена влиянию изменений температуры и влажности окружающего воздуха, что влечет за собой увеличение ошибок измерений. Из-за тепловой инерции самой нагрузки и окружаю-

щего волновода на калибровочные измерения тратится сравпительно много времени. Применение двух разных нагрузок, 
пагретых до различных значений температур, котя и устраняет некоторые недостатки вышеуказанного способа, но 
создает дополнительные трудности: необходимость двух высокочастотных трактов с дополнительным переключением, 
необходимость тщательного термостатирования и автоматической поддержки постоянной температуры каждой нагрузки, 
необходимость одинакового согласования двух трактов и пр.

В поляризационном радиометре нами применен новый способ градупровки, идея которого состоит в следующем.

Плоския поглощающия иластинка, помещениая в цилиндрический волновод вдоль по диаметру, будет излучать по закону Кирхгофа— в меру своей температуры и коэффициента поглощения.

Как известно [6], мощность, излучаемая перегородкой в волноводе в частотном интервале AI, равна:

$$P_{mn} = kTA_{mn}\Delta I \qquad (1)$$

где k - постоянная Больцмана,

Т — температура перегордки.

Входящий в (1) коэффициент  $A_{mn}$  представляет собой суммарный коэффициент поглощения для всех типов волн  $E_{mn}$  и  $H_{mn}$ . Если размеры волновола таковы, что докритической волной является только волна типа  $H_{11}$ , то  $A_{mn}$ — просто коэффициент поглощения для этого типа волны, обозначаемый нами далее через х.

Таким образом, для расчета тепловой мощности, излучаемой поглощающей пластинкой, помещенной в волновол, надо знать только температуру излучателя и его коэффициент поглощения (при к. с. в. = 1). Если поглощающая пластинка частично "прозрачна", то экспериментальное определение  $A_{mn}$  сводится к определению коэффициента пропускания  $1-\infty$ .

Пусть имеем в цилиндрическом волноводе крест из двух взаимно перпендикулярных поглощающих пластинок с различными коэффициентами поглощения х<sub>1</sub> и х<sub>2</sub>. Обе эти

пластинки находятся при одинаковой температуре — температуре окружающей среды Т<sub>0</sub>.

Мощности, излучаемые каждой пластинкой, в силу различия их коэффициентов поглощения, будут не равны: мощность, излучаемая первой пластинкой в единичном интервале частот, равна:

$$P_1 = x_1 kT \tag{2}$$

второй 
$$P_2 = x_2 kT$$
 (3)

Таким образом, излучение "креста поглотителей", распространяющееся в цилиндрическом волноводе в сторону модулятора, представляет собой две независимые волны, линейно-поляризованные в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Интенсивности излучения в этих лвух направлениях определяются выражениями (2) и (3).

Предположим  $x_1 > x_2$ . При вращении модулятора— "пластинки  $\frac{\lambda}{2}$ " мощность излучения, поступающего в ана-

лизатор, будет меняться от своего максимального значения  $P_1$ , когда в анализатор полностью проходит излучение от первой пластинки и совершенно не проходит от второй, до минимального —  $P_2$ , когда проходит излучение от второй пласлинки и не проходит от первой. Пусть при этом показания выходного прибора равны N делениям. Найдем: какой разности температур соответствует это показание.

Выходные показания прибора пропорциональны разности мощностей излучения пластинок:

$$N=\gamma\Delta P$$
, где  $\Delta P=P_1-P_3=(\varkappa_1-\varkappa_2)kT_0$ 

Пусть экспериментально определенные значения  $\kappa$  равны следующим величинам:  $\kappa_1=1$ ,  $\kappa_2=0.9$  ( $T_0=300^{\circ}$ K).

Тогда  $\Delta P=0,1~k\cdot300^\circ=k\cdot30^\circ$ , т. е. разность мощностей при данных значениях ж и  $T_0$  эквивалентна сигналу, выраженному в температурах источника  $\Delta T_u=30^\circ K$ .

Таким образом, N делений выходного прибора соответствуют сигналу в 30° по температуре источника.

Конечно, такой метод градупровки не исключает некоторых факторов, ограничивающих точность калибровки, но, как показывается далее, эта точность выше точности, достигаемой общепринятым способом калибровки.

Кроме того, этот метод избавляет нас от неприятных забот по термостатированию, автоматической регулировке

температуры и т. д.

Он практически позволяет в начале и в конце каждого измерения падежно и быстро (такая калибровка требует 15—20 сек.) измерить чувствительность поляризационного радиометра, что делает весьма надежным количественные измерения абсолютной интенсивности принимаемого излучения.

r) Секция № 4 — "поглощающая пластинка".

Для определения степени поляризация — отношения интенсивности поляризованной компоненты к интенсивности общего излучения — необходимо иметь возможность измерять общую интенсивность. Для этой цели служит секция цилинарического волновода, в которой идоль него по диаметру расположена поглощающая пластинка. Поглощающая пластинка представляет собой плоскую тетинаксовую пластинку, покрытую поглощающим слоем — аквадагом. Для хорошего согласования концы пластинки следаны с четвертыволновыми треугольными вырезами. Пластинка обеспечивает почти полное (больше 30 дб) поглощение для волны, вектор Е которой расположен вдоль пластинки.

В перпендикулярном направлении мощность проходит практически без поглощения. Радиоизлучение, пройдя через такую секцию, оказывается линейно-поляризованным в направлении, перпендикулярном пластинке. Вместе с тем, пластинка в меру своей собственной температуры посылает излучение с вектором Е, направлениым вдоль нее (коэффициент поглощения ее x = 1).

Таким образом, при измерениях с секцией № 4 показания выходного прибора пропорциональны разности мощностей собственного излучения поглощающей пластинки и излучения исследуемого источника, т. е. разности.

$$\Delta P = P_u - P_n = k(T_N - T_n)$$

где Ти — температура источника.

T<sub>п</sub> — температура поглощающей пластинки, равная тем-

пературе окружающей среды (T<sub>0</sub> = 300° K).

Имея прокалиброванную с помощью секции  $\mathbb{N}$  3 установку и зная температуру  $T_0$  "поглощающей пластинки", можно определить температуру источника.

## 2. Поляризационный модулятор

Как указывалось выше, разработанный метод поляризационных измерений предполагает новый способ модуляции — модуляцию вращением волноводного аналога "пластинки  $\frac{\lambda}{2}$ ". Таким аналогом в поляризационном радиометре

является секция цилиндрического волновода со вставленной внутрь вдоль волновода по диаметру полистироловой пластинкой, размеры которой таковы, что при прохождении излучения через такую секцию между компонентами вектора напряженности электрического поля, параллельной и перпендикулярной к плоскости пластинки, создается сдвиг фазы на 180°. Для лучшего согласования этой пластинки в волноводе она сделана с четвертьволновыми вырезами на концах.

Эта секция цилиндрического волновода была тщательно проверена экспериментально: было измерено, насколько точно она обеспечивает сдвиг фазы на 180°. Размеры полистироловой пластинки, рассчитанные теоретически, были в результате тщательной экспериментальной проверки уточнены. Измерения показали, что возникающая вследствие неточности размеров пластинки паразитная эллиптичность при прохождении линейно-поляризованной волны через эту пластинку, характеризуемая отношением мощностей вдоль полуосей эллипса поляризации, меньше 10-4.

Для исключения паразитной модуляции существенно было добиться хорошего и одинакового согласования "пластинки  $\frac{\lambda}{2}$ " для любой ориентации ее относительно вектора



проходящей волны. Измеренный к.с.в.н. этой пластинки равен 1,04.

Для осуществеления модуляции в поляризационном раднометре необходимо вращать секцию — "пластинку  $\frac{1}{2}$ . Технически эта задача решена следующим образом. За блоком сменных секций расположен синхронный мотор СОД — 220 (рис. 3). Осью ротора этого мотора служит секция ци-

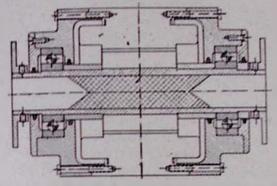


Рис. 3. Полиризационный модулятор

линдрического волновола, представляющая аналог "пластинки  $\frac{\lambda}{2}$ . Мотор питается взятым с выхода камертонного генератора и усиленным усилителем мощности переменным

нератора и усиленным усилителем мощности переменным напряжением частоты 40 гц. Схема радиометра с синх, онным детектором требует наличия в схеме фазовращателя для регулировки разности фаз между сигналом и опорным напряжением. Для этого обычно опорное напряжение на синхронный детектор подается через реактивный фазовращатель, который не отвечает требованию постоянства амплитуды напряжения при изменении фазы ± 90°.

В поляризационном радиометре изменение соотношения фаз между сигналом и опорным напряжением осуществляется изменением фазы модуляции сигнала при помощи вращения статора мотора-модулятора.

Для определения угла поворота статора на нем имеется градусная шкала с делениями через каждые 2° ст—90° до+90°.

Такой способ обеспечивает вращение фазы в любых желаемых пределах, совершенно не влияя на амплитуду опорного напряжения.

Кроме того, после соответствующей градуировки шкалы статора мотора (об этой градуировке подробно ниже) такой способ позволяет определять ориентацию поляризации принимаемого поляризованного сигнала.

Связь между модуляторной секцией цилиндрического волновода и соседними секциями осуществляется через бесконтактные дросельные фланцы. Для уменьшения потерь принимаемого излучения в таких фланцах зазор между ними доведен до 0,1 мм.

## 3. Балансный смеситель

После модулятора следует анализатор — плавный переход с цилиндрического на прямоугольный волновод, соединенный с одним из плеч высокочастотного весьмиполюсника. Вместо обычно применяемых двойных Т-образных соединений в поляризационном радиометре используется волноводное кольцо, так называемое гибридное кольцо новой конструкции.

Из двух возможных видов гибридных колец — колец в Е и Н-плоскостях — было выбрано кольцо в Е-плоскости — высокое кольцо, как обеспечивающее более близкое расстояние между двумя детекторами балансного смесителя и более легко согласовывающееся. Кольцо в Е-плоскости является последовательным соединением плеч восьмиполюсника. Условия согласования при таком соединении требуют выполнения следующих соотношений [7].

$$Z_1 = Z_2$$
,  $Z_3 = Z_4$ ,  $Z_1 Z_4 = 2Z_0^2$ 

где  $Z_1$ ,  $Z_2$ ,  $Z_3$ ,  $Z_4$  — волновые сопротивления соответствующих плеч восьмиполюсника,  $Z_0$  — волновое сопротивление кольца.

Наиболее широкополосное согласование достигается при

$$Z_1 = Z_3 = Z_3 = Z_4 = \sqrt{2} Z_0$$

Для выполнения последнего равенства необходимо,

чтобы ширина кольца равнялась  $\frac{b}{\sqrt{2}}$ , где b- размер узкой

стороны прямоугольных волноводов, присоединяемых к кольцу. В этом случае кольцо будет согласовано со стороны любого плеча, если волноводы каждого плеча имеют согласованные нагрузки. Расположение же мест соединений плеч с кольцом рассчитывается из требований удовлетворения соответствующих разностей фаз. В литературе имеется описание только одного частного вида кольца, у которого все соединяющиеся плечи расположены по одну сторону днаметра кольца с определенным относительным расположением. Нет никаких указаний на возможность иного расположения соединяющихся прямоугольных волноводов. Между тем в тех или иных случаях требуется иметь кольца различных габаритов с различным относительным расположением соединяющихся плеч.

Для втой цели найдем условия, которым должны удовлетворять размеры кольца и соотношения расстояний между соединениями плеч с кольцом (схематический чертеж гибридного кольца приведен на рис. 4). Гибридное кольцо должно удовлетворять общему условию — каждое плечо должно быть электрически связано с соседними двумя плечами и развязано с оставшимся четвертым плечом. Из этого требования вытекает необходимость выполнения следующих условий:

$$\begin{aligned} l_{12} - l_{12} &= p_1 \lambda_1^0 & l_{22} - l_{32} &= p_3 \lambda_2^2 \\ l_{14} - l_{14} &= p_2 \lambda_2^0 & l_{34} - l_{34} &= p_4 \lambda_2^0 \\ l_{13} - l_{13} &= (2p_1 + 1) \frac{\lambda_2}{2} & l_{24} - l_{34} &= (2p_2 + 1) \frac{\lambda_2}{2} \\ l_{12} - l_{23} + l_{34} + l_{14} &= N \frac{\lambda_2}{4} = 2 = R_{cp} \end{aligned}$$

гле l<sub>mn</sub> и l<sub>mn</sub>— взаимно дополняющие дуги кольца между плечами m и n; h. — длина волны в кольцевом волноволе;

R. р — раднус средней окружности кольца; р и р' — целые числа.

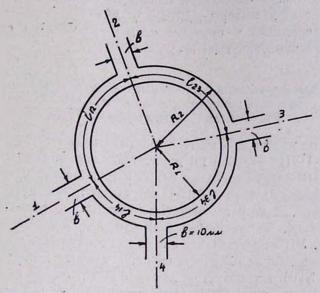


Рис. 4. К расчету "гибридного кольца"

Разность  $l_{mn}-l_{mn}$ — это разность двух путей волны, распространяющейся из плеча m в плечо n по двум взаимно дополняющим дугам кольца.

Исходя из вышеуказанных требований, были сконструированы и изготовлены два варианта гибридных колец: первый вариант:

$$l_{12} = l_{23} = l_{14} = 5\frac{\lambda_g^0}{4}$$
,  $l_{34} = 3\frac{\lambda_g^0}{4}$ ,  $2\pi R_{cp} = 18\frac{\lambda_g^0}{4}$ 

второй вариант:

$$l_{12} = l_{23} = l_{14} = 3 \frac{\lambda_g^0}{4}, \quad l_{34} = \frac{\lambda_g^0}{4} \ 2\pi \ R_{cp} = 10 \frac{\lambda_g^0}{4}$$

В поляризационном радиометре было использовано гибридное кольцо первого варианта. В этом кольце плечо № 1— сигнальное плечо, плечи №№ 2 и 4—детекторные, плечо № 3— гетеродинное. При использовании гибридного кольца так же, как при употреблении двойного тройника, шумы гетеродина подавляются

В качестве смесителей используются креминевые кристаллические детекторы — ДКС-5 и ДКВ-4.

Гетеродином в поляризационном радиометре служит отражательный клистрон К -19,

## 4. Предвирительный усилитель промежуточной частоты Основной усилитель промежуточной частоты RC-усилитель и вспомогательные блоки

Вход предварительного усилителя промежуточной частоты ПУПЧ сделан по двухтактной схеме. Первый каскад ПУПЧ собран на ламие 6ЖПІ в триолном режиме, второй каскад на триоде 6НІБП по схеме триод с заземленной сеткой, далес следуют четыре каскада на лампах 6ЖПС с контурами, настроенными на частоты 48 мггц, 60 мггц и 72 мггц. УПЧ представляет собой две тройки каскадов, собранных на лампах 6ЖПІ. В качестве второго детектора на выходе УПЧ используется лампа 6 Х 2П. Усиление УПЧ регулируется изменением напряжения катодного смещения лами последней тройки.

Узкополосный RC - усилитель имеет следующие данные: частота — 80 гц; полоса — 4 гц; усиление — 10000. На выходе RC - усилителя помещен синхронный детектор на лампе 6 X 6 и усилитель постоянного тока на лвух лампах 6Ж4. При помощи соответствующего переключателя можно постоянную времени выходных устройств менять в пределах от 0,1 до 32 сек.

#### § 3. ПОЛЯРИЗАЦИОННАЯ МОДУЛЯЦИЯ

Как ясно из предыдущего, для осуществления модуляции необходимо, чтобы на модулятор подавался линейнополяризованный сигнал. Поляризаторами сигнала служат соответствующие, описанные выше, сменные секции цилиндрического волновода. Источником переменного напряжения для питания мотора-модулятора служит камертонный генератор на частоту 40 гц. Стабилизированное по частоте и амплитуде напряжение, выдаваемое камертонным генератором, усиливается усилителем мощности, собранным на двух лампах ГУ -50, и подается на синхронный мотор.

При вращении мотора с частотой  $\Omega_{\rm m}$  оборотов в секунду модуляция мощности сигнала происходит с учетверенной частотой — частотой  $\Omega_{\rm c}=4\,\Omega_{\rm m}$ .

В самом деле, как указывалось выше, вектор напряженности электрического поля линейно поляризованного излучения, входящего в модулятор, пройдя через вращающуюся с частотой  $\Omega_{\rm m}$  "пластинку  $\frac{\lambda}{2}$ ", на выходе этой пластинки вращается с удовоенной частотой —  $2\Omega_{\rm m}$ .

В анялизаторе — прямоугольном волноводе — амплитуда напряженности электрического поля будет изменяться по закону.

$$E = |E_0 \cos 2\Omega_m t|$$

т. е. по закону изменения модуля косинуса.

Мощность принимаемого излучения при поляризационной модуляции будет в прямоугольном волноводе изменяться по закону

$$P = \frac{E_0^2}{2} (! + \cos 4\Omega_{n} t)$$

Следует отметить (как это видно и из формулы), что глубина модуляции при таком способе модуляции всегда равна единице, так как мощность сигнала изменяется от максимального своего значения до нуля (когда сигнал полностью отражается от анализатора). В поляризационном радиометре частота модуляции сигнала равна 80 гц. (При частоте питания мотора в 40 гц число оборотов мотора в секунду равно 20 т. е.  $\Omega_{\rm m}=20$ , а частота модуляции сигнала  $\Omega_{\rm c}=4\,\Omega_{\rm m}=80$ ).

При выборе частогы модуляции руководствуются следующими соображениями. В лиссертации Малахова [8] и в работе Саломоновича и Шмаонова [9] экспериментально показано, что спектральная плотность собственных шумов приемника имеет аномальный характер — резкое возрастание в области нулевых частот. Поэтому частота модуляции, естественно, должна быть вне области повышенной спек-

тральной илотности шумов. Область вномальной спектральной илотности простирается до частот в несколько десятков герц. Частота модуляции должна быть больше этой величины. Повышение частоты модуляции свыше 80—100 гц ве должно дать ощутимого выигрыша.

Радиоизлучение исследуемого источника, имеющее силошной спектр, пройдя через модулятор, оказывается промогдулированным. Промодулированный шумовой сигнал со силошным спектром, смешиваясь с частотой местного гетеродина, преобразуется в шумы промежуточной частоты. На выходе второго детектора, паряду с шумом комбинационных частот, появляется переменная составляющая частоты модуляции, мощность которой пропорциональна мощности модулируемого сигнала. Эта переменная составляющая узконолосным РС-фильтром выделяется из собственных шумов анпаратуры, усиливается и подается на синхронный детектор.

Источником опорного напряжения для синхронного детектора служит тот же камертонный генератор. Так как частота опорного напряжения должна быть равной 80 гц, переменное напряжение с выхода камертонного генератора предварительно удианивется и фильтруется.

На синхронном детекторе происходит смешение синусондального колебания сигнала, получающегося на выходе RC, с синхронным опорным напряжением. В результате этого смещения вырабатывается постоянное напряжение, пропорциональное мощности измеряемого сигнала.

Далее, это постоянное напряжение усиливается усилителем постоянного тока с оконечной RC - ячейкой. Величины сопротивления R и емкости C определяют полосу пропускания выходного устройства.

При применении синхронного детектора необходимо, чтобы разность фаз между сигналом и опорным напряжением равнялась 0° или 180°. Как указывалось выше, эта разность фаз устанавливается и меняется изменением фазы модуляции сигнала при помощи поворота статора мотора.

Оптимальное соотношение фаз между опорным напря-

жением и сигналом определяется и контролируется при помощи осциллографа.

К выходу радиометра можно присоединять либо шлейфосциллограф HIO, либо самопишущий автоматический потенциометр ЭПП -09.

# § 4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИОННОГО РАДИОМЕТРА

Подготовка установки к регулярным измерениям включала тщательные испытания как отдельных узлов, так и всей установки в целом. Работа по исследованию установки проводилась по следующим разделам.

# 1. Настройка высокочастотного тракта

В процессе конструирования отдельных высокочастотных узлов установки одним из основных требований, предъявляемых к конструируемым узлам, было получение возможно широкой полосы по высокой частоте.

Так, например, применявшиеся высокочастотные детекторные секции после тщательного подбора двух симметричных кристаллов и настройки на одну и ту же среднюю частоту имели коэффициент стоячей волны по напряжению—к.с.в.н. меньше 1,5 в полосе 300 мггц.

Испытания высокочастотного тракта включали также испытание сконструированного нами нового гибридного кольца. Эги испытания показали большое преимущество гибридных колец по сравнению с широко применяющимися ранее двойными тройниками.

Как известно, двойные тройники насграиваются с помощью индуктивных штырей и емкостных диафрагы. Настройка эта обычно отнимает немало времени и требует определенного умения. При этом настраиваются эти тройники в сравнительно узкой полосе: в полосе 200 мггц к.с. в.н. на краях равен 2,0 [5]. Гибридное же кольцо в отличие от двойных тройников совершенно не имеет настроечных элементов и оказывается автоматически настроенным при правильном расчете конструкции и точном изготовлении его. Так, испытание нашего гибридного кольца показало, что к.с.в.н. его на краях полосы в 500 мггц равен 1,3, в середине — 1,06. Важной характеристикой работы гибридного кольца является степень развязки между сигнальным в гетеродинным плечами. Соответствующие измерения показали, что гибридное кольцо обеспечивает развязку порядка 28 дб. Эти данные убедительно показывают целесообразность применения гибридных колец вместо двойных тройников.

Намерения полосы пропускания гибрилного кольца вместе с детекторными секциями дали следующие результаты: к.с.в.н. на краях полосы в 400 мггц равен 1,6; в середине — 1,06.

Таким образом испытания показали, что полоса высокочастотного тракта поляризационного ралиометра заметно шире (примерно в 4 раза) полосы радиометров на ту же волну, описание которых опубликовано ранее.

### 2. Испытание усилителей промежуточной частоты

Намерения показали, что общая полоса ПУПЧ и УПЧ равна 20 мггд. Измеренный с помощью генератора с шумовым диодом шум-фактор оказался равным 3. Общее усиление ПУПЧ и УПЧ равно 10 000 Общий шум-фактор поляризационного раднометра, измеренный при помощи генератора стандартных сигналов, оказался равным 12.

## 3. Исследование паразитных эффектов в аппаратуре

 а) Ошибки измерений, вызванные интерференционным эффектом.

Кристаллические летекторы, стоящие в волноводном тракте в качестве смесителей, сами являются источниками шумового напряжения. Прямы детекторов, распространяясь в направлении сигнального тракта и отражаясь от него обратно, могут дать, когда не предпринимаются соответствующие меры, интерференционный эффект: прямые и отраженные волны когерентны и поэтому амилитуда суммарного шумового напряжения на входе приемника будет зависеть от вмилитуд и разности фаз прямой и отраженной волн. Указанная же разность фаз зависит от длины волновода и ча-

стоты гетеродина. Впервые указал на наличие интерференционного эффекта В. С. Троицкий [10].

Рассмотрим интерференционный эффект в поляризационном радиометре. Распространяющееся в прямоугольном волноволе в сторону модулятора шумовое излучение детекторов оказывается линейно-поляризованным и, пройдя через модулятор, отражается то от исследуемого источника, то от той или иной пластинки, введенной в волноводный тракт. Это приводит к модуляции интерференционного эффекта с частотой, равной частоте модуляции полезного сигнала, что вносит ошибки в производимые измерения.

Расчет показывает, что величина паразитного уровня, обусловленного наличием интерференционного эффекта, при балансной схеме входа пропорциональна разности

$$\Delta T_{u} = T_{k} \left( p_{\alpha} \cos \frac{2\pi f}{c} 2l_{\alpha} - p_{\beta} \cos \frac{2\pi f}{c} \cdot 2l_{\beta} \right)$$
 (4.1)

где Т<sub>к</sub>-температура шумов кристалла,

ра, la— коэффициент отражения исследуемого и точника и длина линии до него,

 $p_{\beta}$ ,  $l_{\beta}$  — коэффициент отражения соответствующей пластинки, введенной в волноводный тракт, и длина линии до нее.

Из этой формулы следует, что для уменьшения интерференционной ошибки необходимо:

во-первых, добиться такого согласования, чтобы при возможно меньших значениях  $p_{\alpha}$  и  $p_{\beta}$  были бы возможноменьшими и разности  $\Delta p = p_{\alpha} - p_{\beta}$ ;

во-вторых, выбирать место пластинок вдоль волноводного тракта так, чтобы  $2(l_\alpha-l_\beta)=n\lambda_g;$ 

где  $\lambda_g$  — длина волны в волноводе,

п — целое число.

Вышеприведенное рассмотрение показывает, что помимо тщательного согласования всех элементов высокочастотного тракта, т. е. достижения возможно меньших значений к.с.в.н., характеризующих коэффициенты отражения, необходимо еще добиться возможно меньших значений соответствующих разностей к.с.в.н. Для точного определения этих разностей нами была применена специальная схема измерений, показанная на рис. 5.

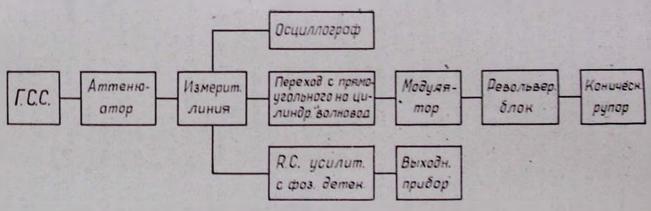


Рис. 5 Схема намерений разностей к.с.п.н.

При измерениях по этой схеме картина стоячих волн в измерительной линии в случае, если соответствующие к.с.в.н. не равны, периодически меняется с частотой 80 гц, на которую настроен RC - усилитель с синхронным детектором. Модуляция мощности в измерительной линии обусловлена измерямой разницей к.с.в.н. При этом показания выходного прибора пропорциональны разности соответствующих к.с.в.н.

Такая схемя измерений дает возможность измерить разницу к.с.в.н. в третьем знаке и определить фазу паразитной модуляции, а по последней уже и ориентацию направления максимального паразитного сигнала.

Таким способом определялась нами разница между к.с.в.н. "поглощающей пластинки" и источника —  $(k_n-k_u)$ ; "пластинки  $\frac{\lambda}{4}$ " и источника —  $(\frac{k_\lambda}{4}-k_u)$ ; первой и второй пластин "креста поглотителей" —  $(k_l-k_l)$ .

Тщательным согласованием нам удалось сделать эти разницы меньше 0,01 при значениях к.с.в.н. порядка 1,05. Зная точные значения этих разниц к.с.в.н., можно, пользуясь выражением, приведенным в формуле (4.1), для каждого конкретного случая теоретически оценить величину максимальной интерференционной ошибки. Но, помимо такой теоретической оценки, мы нашли возможность экспериментальной оценки. ошибки, вызванной паразитной модуляцией.

Идея этого способа состоит в следующем.

Возьмем крест из двух поглощающих пластинок с одинаковыми коэффициентами поглощения, равными единице:  $x_1 = x_2 = 1$ . Пусть при этом к.с.в.н. этих пластинок со стороны детекторов различны:  $k_1 \neq k_{II}$ . По схеме 1 (рис. 5) измеряем выход, обусловленный, как это ясно из схемы измерения, только различным к.с.в.н. укаждой из этих пластинок. Тут необходимо отметить, что при таких и подобных им измерениях для точного определения величины сигнала мы воспользовались возможностью легко и просто исключать ощибку определения нуля отсчета с помощью поворота "креста" на  $90^\circ$ . При таком повороте фаза модуляции сигнала на синхронном детекторе меняется на  $180^\circ$  и если в

начале выходной прибор постоянного тока отклонялся на — п делений, то после повогота он отклонится на — п делений. Таким образом, выход, обусловленный разностью к.с.

в.н., измеренный таким способом, пусть равен  $N_1$  делениям. При этом  $N_1 = \frac{N'-N''}{2}$ , гле N' и N'' показания выходного прибора при двух взаняно перпендикулярных положениях "креста". Далее измеряем выход по полной схеме радиометра (с ПУПЧ и УПЧ и т. д.). Пусть при этом он равен  $N_2$  делениям выходного прибора. Ясно, что ввиду равенства коэффициентов поглощения и температур обеих пластинок "креста", мощности собственных излучений пластинок "креста", мощности собственных излучений пластинок "креста", равны. Измеренный выход в  $N_2$  делений обусловлен только паразитным сигналом — разницей условий отражения шумов детектора от каждой пластинки.

Таким образом, мы вправе утверждать, что паразитный сигнал, дающий дри измерении по схеме 1 отклонение выходного прибора, равное  $N_1$  делениям, дает при измерении по полной схеме радиометра отклонение, равное  $N_2$  делениям. Иными словами,  $N_1$  делениям по первой схеме состветствуют  $N_3$  деления по полной схеме. После такой калибровки этот крест поглотителей заменяем, скажем, эталонным крестом поглотителей — секцией  $N_1$  3, которая служит в нашей установке для калибровки чувствительности. Как было указано выше, коэффициент поглощения одной пластинки равен  $\kappa_1 = 1$ , другой пластинки —  $\kappa_2 = 0.9$ . Измеряем выход по схеме 1. Ясно, что он обусловлен только паразитной молуляцией.

Пусть отклонение при этом равно N<sub>3</sub> делениям. Далее измеряем выход от этого же креста по полной схеме радиометра. При этом отклонение пусть равно N<sub>4</sub> делениям. Выход этот обусловлен как разницей мощностей собственных излучений каждой пластинки—полезный сигнал, так и разницей в условиях отражения шумов детекторов от каждой пластинки—паразитный сигнал. Теперь мы можем отделить полезный сигнал от паразитного. В самом деле,

$$N_1=N\pm\frac{N_2}{N_1}N_3.$$

Здесь через N обозначен выход, обусловленный полезным сигналом;  $\frac{N_2}{N_1}$   $N_3$  — выход, обусловленный паразитным сигналом. Выбор знака зависит от того: в фазе или в противофазе полезный и паразитный сигналы. Фаза паразитной модуляции определяется при измерениях по схеме I, а фаза полезной модуляции задается положением первой пластинки  $(x_1 > x_3)$ .

Таким образом, вышеуказанный способ позволяет экспериментально определить ошибку измерений, вызванную паразитной модуляцией.

б) Паразитная амплитудная модуляция неполяризованного фона.

Другим паразитным эффектом поляризационного радиометра, могущим внести ошибку при поляризационных измерениях, является паразитная амплитудная модуляция неполяризованного фона, вызванная поглощением в полистироловых  $\frac{\lambda}{2}$  и  $\frac{\lambda}{4}$  пластинках. Хотя поглощение в полистироле и весьма ничтожно, но в измерениях слабых поляризаций на фоне сильного неполяризационного излучения паразитная амплитудная модуляция этого фона может составить заметную долю выходного уровня сигнала. Во всяком случае, не лишена смысла приводимая ниже количественная оценка этого эффекта, позволяющая судить в какой мере этот эффект может влиять на точность поляризационных измерений.

Неполяризованное радиоизлучение, распространяющееся в цилиндрическом волноводе, пройдя через полистироловую пластинку, окажется частично-поляризованным, так как интенсивность излучения в направлении вдоль плистинки будет несколько ослаблена в меру поглощения пластинки, излучение же в направлении, перпендиклярном пластинке, практически пройдет пластинку без ослабления.

Пусть в волноводный тракт введена секция № 1— "пустая". В этом случае единственной полистироловой пластинкой в тракте является вращающаяся "пластинка  $\frac{\lambda}{2}$ ".

При вращении "пластинки 2 " направление частичной поляризации будет вращаться вокруг оси волновола с частотой вращения "пластинки 2 создавая некоторую нараштную модуляцию принимаемого неполяризованного излучения. При этом выходной уровень поляризационного радиометра будет пропорщионален разности мощностей в направлениях вдоль и перисидикулярно к пластинке прошеднего через эту пластинку принимаемого псполяризованного излучения. Частога этой наразитной модуляции будет равна частоте вращения пластийки, т. с. она вдвое меньше частоты

модуляции измеряемого поляризованного сигнала. Как известно, при распространении волны на длину  $\lambda_{\rm in}(\lambda_{\rm in}-\lambda_{\rm in})$  длина волны в диэлектике) амилитуда уменьшается

-2 к tg  $\frac{\delta}{2}$  в с раз, где tg  $\delta$  тангенс потерь данного диэлектрика. Таким образом, вектор напряженности волны, прошедшей через диэлектик, заполияющий волновод, выразится

$$E = E_0 e^{-2\pi i g \frac{\delta}{2}} \tag{3.2}$$

Для полистирола в области частот порядка 9.10° значение tq3 = 0,00025. Подставляя соответствующие численные значения в (3.2), будем имсть

$$E = E_0^{-7.5 \cdot 10^{-4}} \approx E_0 (1 - 7.5 \cdot 10^{-4}) \approx 0.999 E_0$$

Отсюда, мощность на выходе волновода, участок длиной в  $\lambda_m$  которого целиком заполнен полистиролом, будет равна

$$P \simeq 0.998 P_0$$
 (3.3)

Дальнейший расчет, учитывающий частоту паразитной амплитудной модуляции неполяризованного фона (она вдвое меньше частоты полезной модуляции, на которую настроен узкополосный RC-усилитель) и весьма малые потери в полистироле, которые выражаются соотношением (3.3), показывает, что оппибки измерений, вызванные такой паразитной модуляцией, пренебрежимо малы.

В случае же работы с секцией N = 2— "пластинкой  $\frac{\lambda}{4}$ ",

частота паразитной амплитудной модуляции равна частоте модуляции полезного сигнала, но фаза паразитной модуляции сдвинута относительно фазы полезной модуляции на 90°. Поэтому синхронный детектор, работая в режиме максимальной чувствительности к полезному сигналу, оказывается нечувствительным к паразитному.

# 4. Градуировка шкалы фазовращателя

Как указывалось выше, изменение соотношения между фазой модуляции сигнала и фазой опорного напряжения осуществляется поворотом статора мотора-модулятора. Методика поляризационных измерений требует соответствующей градуировки шкалы статора мотора. Можно предложить несколько способов такой градуировки, наиболее простым из которых является следующий. К цилиндрическому волноводному тракту взамен исследуемого источника подключается генератор стандарт-сигналов 43И, на выходе которого имеется переход с прямоугольного волновода на коаксиальный кабель и обратный переход с коаксиального кабеля на прямоугольный волновод. К последнему переходу подключается плавный переход с прямоугольного на цилиндрический волновод. Когда вылючается генератор в цилиндрическом волноводном тракте в сторону приемника распространяется линейно поляризованное излучение в виде волн типа Н11 с вектором Е напряженности электрического поля, перпендикулярным широким стенкам прямоугольного волновода плавного перехода. Поворачивая вокруг оси волноводного тракта плавный переход на угол ф, определяемый по градусной шкале на плавном переходе, мы поворачиваем направление вектора Е принимаемого сигнала на этот же угол ф. Для каждого известного направления вектора Е сигнала устанавливается такое положение статора мотора-модулятора, при котором достигается оптимальное (0° или 180°) соотношение фаз модуляции сигнала и опорного напряжения на синхронном детекторе. Правильность соотношения

фаз определяется с помощью осциллографа, подключенного к входному трансформатору синхронного детектора.

При втом при повороте направления вектора Е принимаемого сигивля на угол  $\Delta \varphi$  статор мотора приходится поворачивать на угол  $\Delta \varphi = \frac{1}{2} \Delta \varphi$ . Углы поворота статора мо-

тора отсчитываются по градусной шкале на статоре. Вообще для последующих измерений полезно запомнить следующие два обстоительства.

Во-первых, при повороте вектора Елинейно поляризованного сигнала на угол  $\Delta \varphi$  при неподвижном статоре мотора разпость фаз модуляции сигнала и опорного напряжения меняется на угол  $\Delta \varphi = 2\Delta \varphi$ .

Во-вторых, при повороте статора мотора на угол  $\Delta \phi_m$  при неподвижном векторе Е сигнала эта разность фаз меняется на угол  $\Delta \psi = 4\Delta \phi_m$ . В самом деле, повернув статор мотора на угол  $\Delta \phi_m$ , мы тем самым поворачиваем "пластинку  $\frac{1}{2}$  на такой же угол. При этом угол между "пластин-

кой  $\frac{\lambda}{2}$  и вектором Е сигнала на выхоле модулятора изменяется на величину  $\Delta \phi^1 = 2\Delta \phi_m$ , а изменение же ориентации вектора Е на угол  $\Delta \phi^1$  влечет изменение разности фаз

на синхронном детекторе на угол  $\Delta \phi = 2\Delta z^1 = 4\Delta z_{m}$ .

Все эти соотношения подтверждаются экспериментально. Проградуирован вышеуказанным способом шкалу фазовращателя статора мотора, можно при поляризационных измерениях определять неизвестную нам ориентацию вектора Е радиоизлучения исследуемого источника.

## 5. Абсолютная калибровка радиометра

По описанному в § 2 способу абсолютной градунровки была определена чувствительность поляризационного радиометра. Как указывалось выше, разность мощностей от каждой пластинки "креста поглотителей", выраженная в температурах источника, равна  $\Delta T_u = 30$ ", так что изменение по-

жазаний выходного прибора при повороте "креста" на 90° аквивалентно изменению температуры сигнала на  $\Delta T = 60^\circ$ .

Определенная экспериментально с помощью "креста потлотителей" предельная чувствительность поляризационного раднометра, выраженная в температурах источника, оказалась равной:

## $\delta T_u = 1^{\circ}K$

# § 5. О НЕКОТОРЫХ ПРИМЕНЕНИЯХ ПОЛЯРИЗАЦИОННОГО РАДИОМЕТРА

С помощью описываемого раднометра можно провести ряд радиофизических исследований в трехсантиметровом диапазоне длин волн. Прежде чем перейти к конкретным применениям поляризационного радиометра, предложим два способа определения величины сдвига фаз между двумя взаимно перпендикулярными компонентами радиоизлучения, распространяющегося в волноводном тракте. Покажем, что если мы имеем между источником радиоизлучения, подключенным к цилиндрическому волноводу радиометра, и блоком сменных секций участок волноводного тракта, вносящий по тем или иным причинам некоторый сдвиг фаз между двумя взаимно перпендикулярными компонентами радиоизлучения, то по степени искажения характера поляризации радноизлучения можно определить величину сдвига фаз. Для определения этой величины необходимо иметь источник излучения с известным нам характером поляризации излучаемых им волн. Таким источником радиоизлучения может быть генератор стандарт-сигналов 43И,

1. Пусть генератор 43И излучает линейно поляризованию волну. Последовательно меняем направление линейной поляризации излучаемого сигнала — угол анал между вектором Е излучения и вертикалью. Для этого вращаем вокругоси волноводного тракта плавный переход с прямоугольного на цилиндрический волновод, соединяющий генератор с высокочастотным трактом. Как указывалось выше, на пути радноизлучения, распространяющегося в сторону приемника, имеется исследуемый анизотропный участок волноводного тракта. Анизотропия эта выражается в различии скоростей

распространения для воли, поляризованных в раздичных направлениях, перпендикулярных оси волноводного тракта. Вследствие этого излучение на выходе этого участка будет в зависимости от ориентации вектора Е излучения, входящего в этот участок, либо липейно, либо эллиптически поляризованным. Для каждого факсированного значения угла жым измеряем эллиптичность радиоизлучения, выходящего из этого участка. По данным этих измерений мы можем определить величниу сдвига фаз, создаваемого этим участком между двумя взаимно перпендикулярными компонентами налучения, направленными вдоль осей анизотропии исследуемого участка. Можно также определить ориентацию осей анизотропии.

В самом деле, пусть сигнал линейно поляризован под углом ж к направлению оси анизотропии. Выберем прямоугольную систему координат так, чтобы направление оси у совпадало с направлением оси анизотропии, и оси ж и у изходились бы на плоскости, перпендикулярной оси волноводного тракта.

Тогда компоненты вектора напряженности электрического поля сигнала вдоль этих полуосей после прохождения исследуемого участка могут быть выражены через

$$E_x = E \sin \alpha \sin \omega t$$
  $E_y = E \cos \alpha \sin (\omega t + \alpha)$  (1)

где ф — появнящийся сдвиг фазы.

Сделав соответствующие элементирные преобразования, получим уравнение кривой, которую описывает конец вектора Е после прохождения исследуемого участка:

$$\frac{E_{x}^{2}}{E^{2}\sin^{2}x} + \frac{E_{y}^{2}}{E^{2}\cos^{2}x} - \frac{E_{x}E_{y}}{E^{2}\sin x \cos x}\cos x - \sin^{2}x = 0$$
 (2)

Легко видеть, что уравнение (2) — есть уравнение эллипса.

Обозначив через ў угол между большой полуосью эллипса поляризации с осью х, можем получить следующее соотношение, связывающее ў, я и х:

$$tg2\beta = ccs + tg2a. (3)$$

Для связи же между эксцентриситетом е и углами 2 и э. находим следующее соотношение:

$$e = \sqrt{1 - \frac{1 - V \cos^2 2\alpha + \sin^2 2\alpha \cos^2 \varphi}{1 + V \cos^2 2\alpha + \sin^2 2\alpha \cos^2 \varphi}}$$
 (4)

Для случая, когда угол а = 45°, формула эта принимает виц

$$e = \sqrt{1 - \frac{1 - \cos\varphi}{1 + \cos\varphi}} \tag{5}$$

Измерив эксцентриситет е эллипса поляризации излучения, прошедшего через исследуемый участок, можно легко по формуле (5) найти величину ф сдвига фаз.

2. Величину сдвига фаз можно найти и другим способом, несколько отличающимся от вышеописанного. В этом случае липейно поляризованный сигнал генератора 43И преобразуется (при помощи "турникета" или другим из известных способов) в циркулярно поляризованный. Тогда, при прохождении такого сигнала через исследуемый участок, между двумя взаимно перпендикулярными компонентами, направленными вдоль осей анизотропии этого участка, возникает некоторый сдвиг фаз р. Компоненты вектора Е сигнала вдоль осей х и у будут равны следующим выражениям (оси х и у выбраны вдоль осей анизотропии):

$$E_x = E \sin \omega t$$
  $E_y = E \sin \left( \omega t + \frac{\pi}{2} + \varphi \right)$  (6)

Приняв  $\psi = \frac{\pi}{2} + \varphi$  и исключив из (6) время t, будем иметь следующее уравнение кривой, которую описывает конед вектора E:

$$E_x^2 + E_y^2 - 2E_x E_y \cos \psi - E^2 \sin^2 \psi = 0$$
 (7)

Это уравнение является уравнением эллипса, полуоси которого составляют с осями анизотропии исследуемого участка угол β, связанный с величиной сдвига фаз следующим соотношением:

$$tg2\beta = \frac{2\cos\psi}{\cos\psi - 1} \tag{8}$$

Зная направление осей анизотропии исследуемого участ- ка и определив при помощи радиометра направление осей

эллинса поляризации радионалучения на выходе этого участка, можно измерить угол в и по формуле (8) вычислить

величину сдвига фаз.

Если же в тех или иных конкретимх задачах направление осей апизотронии неизвестно, то величину сдвига фаз можно определить измерив эксцентриситет эллипса возникающей эллиптической поляризации. В самом деле, между эксцентритетом е и величиной сдвига фаз можно вывести следующее соотношение:

$$e = \frac{V \cos \psi}{e \cos \frac{\psi}{2}}$$

$$\psi = \varphi + \frac{\pi}{2}$$
(9)

где

Таким образом, если имеется участок волноводного тракта, в котором скорости распространения радиоизлучения в каких-либо двух взаимно перпендикулярных направ-

ння в каких-либо двух взаимно перпендикулярных направлениях не равны, то пиркулярно поляризованное излучение, пройдя через такой участок, становится эллиптически поляризованным. Измерив соотношение мощностей вдоль полуосей эллипса поляризации, можно по формуле (9) определить величину сдвига фаз, создаваемого исследуемым участком волноводного тракта, между двумя взаимно перпендикулярными компонентами распространяющегося излучения.

Итак, как ясно из настоящей статьи, разработанный метод поляризационных исследований позволяет производить полный анализ поляризации исследуемого радиоизлучения, т. е.:

- 1) определять, поляризовано или неполяризовано это излучение;
- 2) при налични поляризованной компоненты определять характер поляризации во всех трех случаях:
- а) циркулярно поляризованное излучение направление вращения вектора E;
- б) эллиптически поляризованное излучение— степень эллиптичности, направление вращения вектора Е и орнентацию полуосей эллипса поляризации;

- в) линейно поляризованное излучение направление плоскости поляризации.
- 3) измерять абсолютную интенсивность поляризованной компоненты;
- 4) измерять абсолютную интенсивность общего (поляризованного и неполяризованного) излучения.

Следует отметить существенное преимущество разработанного метода поляризационных измерений по сравнению с другими известными методами, заключающееся в том, что новый принции модуляции, так называемой поляризационной модуляции, позволяет полностью устранить относительно мощный фон неполяризованного излучения. При поляризационных измерениях модулируется только поляризованная компонента исследуемого излучения, а неполяризованное излучение не претерпевает модуляции. Это преимуществе особенно существенно при исследованиях весьма слабых степеней поляризации.

Вышеуказанные возможности поляризационного радиометра позволяют назвать ряд радиофизических задач, для решения которых с успехом может быть использован поляризационный радиометр. К числу таких задач относятся следующие.

І. Исследование цилиндрических волноводных трактов.

В целом ряде случаев в раднолокации и в радиоастрономии используются цилиндрические волноводы в качестве линий передач. Зачастую при этом требуется, чтобы при распространении радиоизлучения в сравнительно длинном цилиндрическом волноводе между двумя взаимно перпендикулярными компонентами излучения не набегала бы разность фаз. С помощью поляризационного радиометра можно исследовать такие тракты и, в случае наличия в этих трактах паразитного сдвига фаз, измерить величину его и одним из известных способов скомпенсировать этот сдвиг фаз.

II. Определение диэлектрической проницаемости в или показателя преломления п различных диэлектриков на частоте 9500 мггц.

Поместив днэлектрическую пластинку в цилиндрический волновод, зная размеры пластинки и длину волны, из-

лучаемой генератором, можно по величине сдвига фаз. лаваемой этой пластинкой, определить в или п.

III. Исследование поляризации радиоизлучения плазмы с паложенным внешним магнитным полем.

Вмонтировив определенным образом газоразрядную трубку в цилипарический волновод и наложив внешнее магнитное поле, можно исследовать зависимость степени и характера поляризации радиоизлучения плазмы от величины в направления магнитного поля, от концентрации нонов и электронов и от прочих параметров.

1V. Исследование законов отражения и преломления в днапазоне ультра-коротких ялин воли (x = 3,2 см). Определение по результатам соответствующих измерений показателей преломления различных энэлектриков на частотах = 10000 мггц.

V. Исследование поляризации теплового радиоизлучения анизотронных (в том числе магиитоактивных) сред. Исследование распространения радиоизлучения через такие среды.

VI. Поляризационный радиометр может найти применение! и в радиоспектроскопии при исследо∎ании эффекта Зеемана.

VII. Исследование эффекта Фарадея на частотах ~ ~ 10000 мггц.

В заключение выражаю глубокую благодарность профессору С. Э. Хайкину и старшему научному сотруднику Н. Л. Кайдановскому за руководство и ценные советы при выполнении настоящей работы.

## **Է. Հ. ՄԻՐՋԱՐԵԿՑԱՆ**

ՌԱԿԻՐՈՃԱՌԱԳԱՅԹՄԱՆ ԲԵՎԵՌԱՑՄԱՆ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅԱՆ ՀԱՄԱՐ ՌԱԿԻՐՈՄԵՏՐ 3.2 ամ ԱԼԻՔԻ ԵՐԿԱՐՈՒԹՅԱՆ ՎՐԱ

# Ամփոփում

Ներկա հոդվածում Նկարադրված է մի Նոր սարք, այսպես կոչված րևևուսցման ռադիոմևարը։ Հեղինակի կողմից մջակված ռակիոնառագայիման րևևուսցման ուսումնասիրուն յան մոր մե-

վում է վերջինիս պատման միջոցով։

երութնար արժանուն արժանում արև հատանը արժանություն իրություն հանրանություն եր արաժ հատանություն չափվար որև ու արև հատանություն է ատանություն հատանություն արտաժ հատանը արժանություն ու վերջում չեշտությամբ և արաժ հատանը արժանություն ու վերջում չեշտությամբ և արաժ հատանը արժանություն արտանություն արտանո

Բևեռացման ռադիոմետրի րարձր հաճախականության հանդույցներից անհրաժեշտ է նշել նաև նոր օղակաձև ալիքամուղ ութարևեսը (восьмиполюсник) (նկ. 4), որը ունի մի շարք առավելություններ նաևկինում լայնորեն կիրառվող կրկնակի ալիքամուղ Т - կամրջակների նկատմամը։

Բևևոտցման ռագիոմետրի հիմնական տվյալներն են՝

1. Բաց թողման շնրտի լայնությունը րարձր հաճախակա-Նության համար՝ 5.108 հերց (լարվածության կանգնած ալիքի դործակիցը շերտի եղըերում հավասար է 1,5)։

2. Ընդունվող հաճախականությունների շերտի լայնությունը (հայելիային խուղակի օգտագործման ժամանակ) —4.10° հերց։

3. Աղմուկի գործակիցը՝ N == 12.

4. Մարսիմալ դդայնությունը 37 = 1% (= 10 վրկ ժա-

եներացման տարիսմեարը կարող է օդտադործվել դերթարձր ճաճախականությունների հետ կապված մի շարք սացիսփիզիկական լարորատոր հետազուտությունների ժամանակ (տարրեր դիէլեկտրիկներում բեկման և անդրագարձման օրենւբների ուսումնասիրության, պլազմայի սադիոճառադայիման բենսացման ուսումնասիրության՝ արպարին մադնիսական դաշտի ասկայության դեպքում, հետրագելի և Ջենմանի էֆեկաների ասումնասիրության՝ 10<sup>10</sup> հերց հաճախականությունների համար

### JIHTEPATYPA

- 1. Nyquis: H. Phys. Rev. 32, 110 (1928).
- 2. Гронцкий В. С. ЖТФ, т. 22, 455 (1952).
- 3 Буни чович В. С. Флуктуанномные пропессы в радиоприемных устройствах (1951).
  - 4. Dicke R. H. Rev. Sci. Instr. Vol. 17, 268 (1916).
  - 5 Туруслеков М. Г. Кандидатская диссергания (1954).
- 6. Рытов С. М. Теория электрических флуктувний и тепловых шумов (1954).
- 7. Техника измерений на сантиметровых воднах (Издательство "Советское радно"), т. 1, стр. 254—256 (1949).
  - 8 Малахов А. И. Кандидатская диссертация ГГУ (1953).
- 9. Саломонович А. Е. и Шмаонов Т. А. Исследование низкочастотной части спектра собственных шумов приемиика (1952).
  - 10. Троицкий В. С. ЖТФ, 25, 1426 (1955).

## СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АG ДРАКОНА

### Л. В. Мирзоян

В работе В. А. Амбарцумяна "Явление непрерывной выиссии и источники звездной энергии" [1] показано, что для решения вопроса о природе источников звездной энергии особый интерес представляют исследования звезд типа Т Тельца и примыкающих к ним нестационарных звезд, вовнешних слоях которых, как показывают наблюдательные данные, происходят процессы непосредственного выделения ваутризвездной энергии.

Согласно [2] особой разновидностью звезд типа Т Тельца, обладающей подобными особенностями излучения, является звезда BD+67°922=AG Дракона.

Спектрофотометрическому исследованию этой звезды посвящена настоящая статья.

Впервые на АС Дракона обратили внимание Янсен и Высотский [3] в 1943 г. На призменных спектрограммах было обнаружено наличие в спектре звезды сильных эмиссионных линий водорода Н<sub>р</sub>, Н<sub>г</sub>, Н<sub>г</sub>, Н<sub>г</sub> и линии λ4686 ионизированного гелия. Визуальные наблюдения на 26" рефракторе не показали никаких признаков существования вокруг АС Дракона планетарной туманности\*. Наблюдался непрерывный спектр без линий поглощения. Блеск звездыбыл оценен 10<sup>т</sup>.

В том же году Джой и Вильсон [4] на щелевых спектрограммах обнаружили, помимо указанных линий, еще линию Н<sub>с</sub> и шесть эмиссионных линий нейтрального гелия.

<sup>\*</sup> На фотогряфии, полученной 21" камерой Шмидта Бюраканской обсерватории Б. Е. Маркаряном, при предельной величине 18<sup>m</sup>.5 такжене обнаружено никаких следов туманности вокруг АG Дракона.

Линии поглощения, будучи перезкими, характеризовали енектр класса dG7.

Последующие наблюдения в 1944, 1945, 1948 гг. [5, 6] не ноказали значительных изменений в спектре АС Драко-

на по сравнению с 1943 г.

В 1952 г. звезда была исследована Роман [6] на обсернатории Мак Дональд. Спектр оказался сильно изменившимся. Наблюдался очень сильный пепрерывный континуум, нолностью маскирующий все линии поглощения и простирающийся до 23300. В области и 3800—5000 все наблюдаемые линии водорода, и понизированного гелия были в эмиссии, так же, как и линии нейтрального гелия, кроме слабейших. В период между 13 сентября и 4 октября 1952 г. заметных изменений в спектре не было отмечено.

фотоэлектрические наблюдения в марте 1952 г. указынали на аномальное распределение энергии в непрерывном спектре знезды. Показатели цвета в системе Джонсона [7] оказались равными: 0.88 (B—V), что соответствует звездам сб5, и —0.68 (U—B) в соответствии с dB3. Звездная величина была оценена в 9°.44 (V).

Переменность этой звезды была открыта в 1953 г. А. С. Шаровым [8]. Амилитуда изменения блеска составляла приблизительно  $2^m$  ( $9^m.4-11^m.4$ ) в фотографических лучах, а характер изменения был неправильным.

В дальнейшем переменность АС Дракона была подтверждена В. Венцелем [9], который на основе имеющегося в Зоннебергской обсерватории наблюдательного материала построил кривые блеска этой звезды на протяжении ряда лет. Были обнаружены неправильные колебания блеска в фотографических лучах в интервале 9—11—. По Венцелю, звезда принадлежит к группе звезд типа Z Андромеды.

А. Д. Бериев [10] построил кривую блеска АС Дракона в период с 1941 по 1955 гг. Амплитуда блеска в фотографических лучах, согласно [10], составляла приблизительно 2<sup>m</sup>.5 (8<sup>m</sup>.9—11<sup>m</sup>.4). К 1955 г. относятся всего два наблюдения (23 и 24 августа). Они хорошо согласуются с нашими того же периода.

### **НАБЛЮДЕНИЯ**

Спектрограммы получены объективной призмой, с преломляющим углом в 4°, в комбинации с 12—8" камерсй Шмидта Бюраканской обсерватории. Список наблюдений, лежащих в основе настоящего исследования, приводится в таблице 1.

Таблица 1 Наблюдения переменной АG Дракона в 1955 г.

Серия	Дата В. В.	№№ пластинки	Продолжительность экспозиции в мин.	Сорт эмульсии		
	28 января	50 .	60	Ильфорд-Зенит		
	29	5!	132			
- 1	I февраля	52	150	•		
'		53	75			
	2	55	150			
	3 ,	56	150			
	26 мая	49	100	Истмэн 103а-0		
	30 -	61	70			
	вноии 11	64	90			
1+		64 65	35			
11	12	66	100			
11	16	70	120	•		
		71	65			
	17	72	120	•		
		73	70	,		
	24 .	75	100			
	19 августа	79	150	 Ильфорд-Зенит		
	15 051 1510	80	150			
	20	81	60	Кодак		
	21 .	82	120			
Ш		83	90			
	22	84	105			
		85	120			
	23	86	120			
	23 . 25 .	87	135			
	7 сентября	88	90			
	8	89	120			
	13	93	90			
IV	14	95	125			
	15	97	140			
	16	99	100			
	19	100	120			
	16 ноября	102	115			
	17	103	75			

Спектры расширались путем расстройства часового механизма телескопа. Дляна спектрограмм для исследованной области и 3500—500 приблизительно 5 мм, а ширина 0.1—0.2 мм. Спимки проявлялись гидрохипоновым проявителем в течение 4—8 минут одновременно с калибровочными шкалами.

Калибровочные шкалы фотографировались на трубочном фотометре светом, пропущенным через синий светофильтр "Агфа". Таким образом, не учтено изменение формы характеристических кривых с длиной волны Разность в вкснозициях при фотографировании звездных спектров и калибровочных шкал значительна; 10—20 раз, что, однако, не может привести к значительным ощибкам в измерениях питенсивностей.

Дисперсионная кривая построена по волородным линиям серии Бальмера в спектр ск. АО-звезд, в основном в спектре звезды сравнения, после получения микрофотометрических записей элих спектров. Величина линейной лиспер-

Таблица ; Липейная дисперсия инструмента в А/мм.

Ha	7.1686	H	Hi	H,	H;
610	540	420	315	310	255

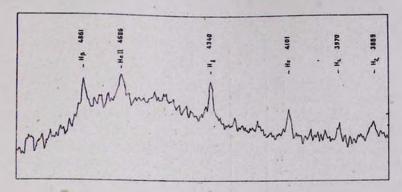
сии на спектрограммах в Таблица 2 - А/мм для ряда длин волн прумента дается в таблице 2.

Первые шесть спектрограми АС Дракона были получены в сентябре — ноябре 1954 г. Из-за отсутствия срответствующих калибро-

вочных шкал они не обрабоганы. На всех этих спектрограммах в эмиссии находятся все наблюдаемые линии водорода от Н. до Н<sub>11</sub> включительно. Весьма интенсивна эмиссионная линия 2.686 понизированного гелия. На микрофотограммах она занимает площадь, равную по величине площади Н<sub>2</sub>. Линии поглощения очень слабы, как и на всех спектрограммах 1955 г., вследствие чего их невозможно отличить от случайных флюктуаций плотности негатива.

## НЕПРЕРЫВНЫЙ СПЕКТР И ЭМИССИОННЫЕ ЛИНИИ

Спектры обработаны по их микрофотометрическим записям, полученным на саморегистрирующем микрофотометре Бюраканской обсерватории с увеличением в 70 раз (фиг. 1).



Фиг. 1

При измерениях непрерывного спектра АG Дракона звездой сравнения служила звезда спектрального класса АО, НD 145258, которая находится недалеко от исследуемой звезды. Такой выбор обусловлен стремлением исключить ошибки, обычно возникающие при сравнении звезд на двух разных пластинках, в основном связанные с учетом атмосферной экстинкции. Правда, сильное водородное поглощение в линиях у А-звезд несколько искажает их непрерывный спектр, делая невозможным его точное проведение на микрофотограммах, однако, так как нас больше интересуют изменения в спектре АG Дракона, это не может служить существенным препятствием. Следует учесть также и то обстоятельство, что на фотографиях области АG Дракона нет ни одной О или В-звезды.

Для получения распределения энергии в непрерывном спектре исследуемой звезды по отношению к распределению в непрерывном спектре звезды сравнения, непрерывные спектры интерполированы к частотам линий излучения для АG Дракона и линий поглощения для звезды сравнения. Все

Таблица 3

$\lim_{z\to m_z} = m_z$	(AG	Дракона)	— m	(HD	145258)
-------------------------	-----	----------	-----	-----	---------

Серня	n 2-1	2.02	2.06	2.10	2.14	2.18	2-24	2,26	2.31	2.34	2.37	2.44	2.40	2.52	2.57	2.61	2.63	2.65
ı	6	0.92	1.03	1.33	1,50	1,58	1.65	1.72	1.80	1.88	1.98	2.00	1.98	1.95	1.92	1.75	1.60	1.45
11	10	1.10	1.18	1,35	1.45	1.60	1.85	2.03	2.15	2.30	2.50	2,70	2.73	2.78	2.78	2.80	2.68	2.40
111	7	0.95	1.00	1.20	1.25	1.35	1.48	1.58	1.68	1.78	1.85	2,00	2.12	2.15	2.15	2.05	2.00	1.85
IV	9	1,05	1.08	1.30	1-45	1.55	1.65	1.78	1.85	1.95	2.10	2.25	2,28	2.33	2.33	2.25	2.15	-

наблюдения были разделены на четыре серин по периодам наблюдений. Таблица I разграфлена в соответствии с этим разделением.

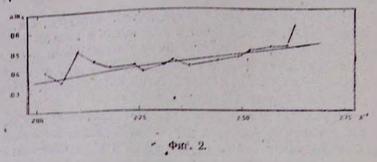
Результаты измерений непрерывных спектров, средние для всех серий, представлены в таблице 3: в первом столбце — номер серии, во втором — число спектрограмм в серии, а в последующих — разность звездных величин, в смысле АG Дракона минус HD 145258, для волновых чисел, указанных в первой строке таблицы.

Данные таблицы 3 характеризуют излучение АG Дракона в среднем для каждой серии наблюдений. Осреднение результатов измерений по сериям здесь и в дальнейшем изложении выполнено с целью свести к минимуму возможные случайные ошибки. В этом случае, естественно, мы проходим мимо реальных изменений в спектре исследуемой звезды в промежутках времени между отдельными наблюдениями данной серии. В тех случаях когда промежуток времени между отдельными наблюдениями данной серии сравнительно большой, например между семью первыми и двумя последними четвертой серии, включение в одну серию было обусловлено тем, что значительных изменений в спектре за это время не было обнаружено.

На двух снимках серии III (№№ 82, 83) результаты измерений которых не вошли в средние таблицы 3, звезда сравнения HD 145258 вышла непосредственно у края пластинки. Поэтому измерения соответствующих спектрограмм AG Дракона выполнено по отношению к звезде спектрального класса А5: HD 143253. Сравнение результатов обработки этих двух спектрограмм со средними данными серии III (по остальным семи спектрограммам), приведенными в таблице 3, графически представлено на фигуре 2. Разность нуль-пунктов обусловлена разностью в видимых величинах HD 145258 и HD 143253\*, а наклон прямой приводит к относительному градиенту примерно 0.22. Непосредственное определение относительного градиента HD 143253 по отношению к HD 145258 по пластинке № 84 привело к значению 0,18.

<sup>\*</sup> m≈8.95 [8, 9] для HD 145258 (значение m=9,3, приведенное в HD, неверное) и mptm=9.4, mpg=9.5 для HD 143253 по HD.

Таким образом, следует считать согласие вполне удовлез творительным.



Была сделана попытка на основе наших измерений непрерывного спектра определить показатель цвета АС Дракони в системе (U, В) Джонсона для первых двух серий наблюдений. Для эффективных длин воли в этой системе приняты приблизительные значения: д 3600 и д 4100. Звездная величина для 13600 определена экстраноляцией данных таблицы 3, а для д 4100 непосредственно. Ультрафиолетовыйсиний показатель цвета получился равным соответственно -0.87 и -0.55 для I и II серий наблюдений. Здесь не учтен эффект возможного скачка в величине интенсивности непрерывного излучения АС Дракона у границы серии Бальмера, а также влияние конечной ширины полосы пропускания светофильтров и влияние спектральных линий на результаты электрофотометрических определений. Это означает, что наши определения лишь очень грубо характеризуют истинный цвет звезды в системе (U, В).

На всех спектрограммах АG Дракона видны в эмиссии вопородные линии от  $H_2$  до  $H_3$ — $H_{11}$  и линия 2 4685 нонизированного гелия. На некоторых спектрограммах намечаются линии нейтрального гелия (22.4471, 4026, 4009 и т.д.).

Сводка измерений эквивалентных ширин этих линий и соответствующие средние отклонения в ангстремах приводятся в таблице 4 (п— число наблюдений в серии).

Таблица 4
Эквивалентные ширины эмиссионных линий АG Дракона (в ангстремах)

Серия	n	Нв	H <sub>T</sub>	Нв	Ha	Hc	λ 4686			
1	6	29.1±5.7	15.0±3.6	9.4±3.9	2.3±0.7	5.3±1.0	21.4±6.0			
11		17.5±3.7								
Ш		11.4±1.8								
IV		10.3±2.1								
•		•				5.7				

Эти средние отклонения будут равны средним ошибкам одного определения при предположении, что в период
наблюдений данной серии эквивалентные ширины не изменяются. Это предположение не вполне соответствует действительности, однако если учесть, что наблюдаемые изменения
внутри серии небольшие и притом неправильные, то такое
предположение можно считать приемлемым. Правда, в этом
случае вычисленные ошибки будут как-то характеризовать
и величину изменений внутри серии.

На основе данных таблицы 5 далее вычислены относительные интенсивности эмиссионных линий. С этой целью определено абсолютное распределение энергии в непрерывном спектре АС Дракона для каждого отдельного наблюдения с помощью абсолютного распределения энергии в непрерывном спектре звезды сравнения НD 145258 (в упомянутых выше двух случаях звезды сравнения НD 143253). Абсолютное распределение энергии излучения звезд сравнения взято в соответствии с теоретическими расчетами Э. Р. Мустеля [11].

Вычисленные относительные интенсивности эмиссионных линий (средние для серий) представлены в таблице 5. Везде интенсивность Н<sub>3</sub> принята равной единице. Изменение абсолютной интенсивности самой Н<sub>3</sub> от серии к серии выражается следующим отношением: 1.00:0.60:0.42:0.34.

Таблица 5-Относительные интенсивности эмиссиопных линий АС Дракона

O THOUSE THE THE THE THE THE THE THE THE THE TH									
Серия	11µ	11,	Ha	. Н,	11;	2.463G			
1	1,00	0,37	0.22	0.07	0.19	0.55			
П	1,00	0.57	0.27	0,10	0.13	0.94			
Ш	1,00	0,60	0,33	0.13	0.16	1.01			
IV	1,00	0.57	0.34	0.18	0.32	0.86			
	1		W 0						

Следует указать, что данные о линиях Н. и Н., повидимому, искажены наложением на эти линии других, менее заметных линий.

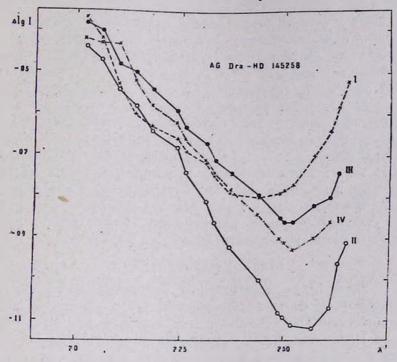
### овсуждение

О результатих обработки первых двух серий наблюдений АG Дракона коротко было сообщено в [12]. Там же были принедены некоторые соображения о возможной интерпретации наблюдательных данных. Здесь мы приведем анализ результатов обработки всех наших наблюдений АG Дракона.

На фигуре 3 графически представлено относительное распределение эпергии в непрерывном спектре АС Дракона в виде зависимости (Algl, 1/L), где Algl — Igl (АС Дракона) — Igl (НО 145258) для всех четырех серий наблюдений, по данным таблицы 3.

Во всех случаях эта зависимость, начиная с некоторой длины волны, резко отклоняется от прямолинейности. Это свидетельствует о том, что излучение переменной отклоняется от Планковского, обычно довольно хорошо представляющего излучение нормальных звезд. Совсем небольшая часть этого отклонения может быть обусловлена водородным поглощением в спектре звезды сравнения [13]. Действительно, поскольку такой эффект должен был проявляться одинаково для всех серий, а кривые, представляющие разные серии, в этом смысле значительно отличаются, то следует считать, что в основном эти отклонения характеризуют изменения избытка излучения в коротковолновой части спектра АG Дракона по отношению к нормальному.

Следует отметить, что относительное распределение Algl обычной КО-звезды НО 146988 по отношению к звезде сравнения НО 145258 (АО) дало прямолинейную зависимость от 1/1 без заметных отклонений в коротковолновой части.



Фиг. 3. Зависимость  $\Delta lgI = lgI$  (AG Дракона) — lgI (HD 145258) от  $^{1}/\lambda$  для всех серий наблюдений (номера справа указывают серии).

Прямолинейная часть указанной зависимости во всех рассматриваемых случаях приводит к спектрофотометрической температуре 3300—4400°, если абсолютный градиент HD 145258 (A0) принять равным 1.00.

Сравнение кривых I и II показывает их сходство в длинноволновой части и серьезное различие между ними в коротковолновой части. Это различие, как и все остальные различия между кривыми, следует приписать изменениям интенсивности излучения АG Дракона. Они, естественно, приводят к изменениям яркости звезды в целом. В случае кривых I и II изменение интенсивности излучения АС Дракона в коротковолновой части, как ноказывает график, привело к смещению на фиг. З точки, начиная от которой относительное распределение энергии отклоняется от пормального: в сторону ультрафиолета с ослаблением яркости звезды. В период первой серии наблюдений переменная была значительно ярче, чем в период второй серии наблюдений. В соответствии с этим кривая I отклоняется от прямой начиная с <sup>1</sup>/λ = 2.37, в то время как на кривой II это отклонение пачинается у <sup>1</sup>/λ = 2.52.

Значительный интерес представляет следующее общее свойство кривых относительного распределения энергии I и II. Обе кривые можно представить как сумму двух излучений: постоянного "нормального" излучения звезды позлиего типа с почти постоянным градиентом и источника из лучения непрерывной эмиссии, которое имеет в обеих случаях примерно одно и то же относительное распределение, по разпую абсолютную интенсивность. Иначе говоря, обекривые можно представить следующей формулой:

$$I({}^{1}/\hbar) = I_{0}({}^{1}/\hbar) + k \cdot E({}^{1}/\hbar)$$
(A)

Здесь  $I(^1/)$  — относительное распределение энергии в непрерывном спектре AG Дракона,  $I_0(^1/)$  — распределение "нормального" излучения звезды позднего типа с постоян ным градпентом,  $E(^1/)$  — относительное распределение непрерывной эмиссии, а k характеризует абсолютную интенсивность непрерывной эмиссии и поэтому может принимать различные положительные значения.

Когда абсолютная интенсивность непрерывной эмиссии больше (кривая I), то она становится заметной и там, где сравнительно слаба, т. е. в более длинноволновой области. Наиболее сильный эффект непрерывной эмиссии наблюдается начиная с 23900, где разность блеска между первой и второй сериями достигла одной звездной величины.

Кривые распределения III и IV на фиг. 3, представляющие наблюдения соответствующих серий, показывают, что наблюдаемые изменения интенсивности излучения АG Дракона не всегда возможно представить с помощью фор-

мулы (А), т. е. изменением абсолютной интенсивности непрерывной эмиссии. Кривые III и IV указывают по отношению к кривым I и II и на некоторые изменения в длинноволновой части графика. Так, например, в отличие от кривых I и II, у них наклоны прямолинейной части другие, соответствующие более высоким спектрофотометрическим температурам. Значительно больше также абсолютная интенсивность непрерывного спектра в этой части. Однако, как уже было указано выше, и для кривых III и IV характерно отклонение от прямой в коротковолновой части.

Таким образом, для объяснения изменений в непрерывном спектре АG Дракона, в общем случае, следует допустить, что кроме изменений в интенсивности непрерывной эмиссии, имеют место изменения в "нормальном" — температурном излучении, обусловленные изменением температуры фотосферы звезды. Следовательно изменения интенсивности непрерывного излучения АG Дракона обусловлены совокупным действием двух факторов: непрерывной эмиссии и температурными изменениями, причем соотношение влияния этих двух факторов меняется во времени.

Так, например, в период между I и II сериями наблюдений изменение яркости АG Дракона было обусловлено, в основном (если не целиком), усилением коротковолновой части непрерывного спектра (непрерывной эмиссии), в то время как между II и III сериями наблюдений оно наступило в результате усиления непрерывного спектра в целом: как в длинноволновой (дополнительное, по всей вероятности, тепловое излучение вследствие повышения температуры), так и в коротковолновой (непрерывная эмиссия) областях. В рамках такой схемы можно интерпретировать и другие возможные изменения яркости переменной АG Дракона, в частности изменение между III и IV сериями наблюдений.

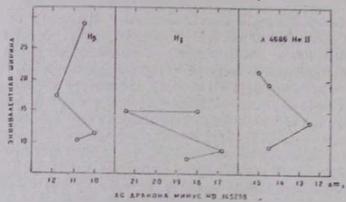
Объяснение изменений яркости АС Дракона одними только изменениями температуры или размеров звезды оказывается невозможным. В. П. Цесевич [14] предлагает гипотезу о двойственности этой звезды. Однако эта гипотеза, подобно аналогичным гипотезам для объяснения поведения так называемых "симбиотических" звезд (АХ Персея, Z Ан-

дромеды, СІ Лебедя и т. д.) встречается с серьезными трудпостями [15]. Хотя кажется, что одновременное появление свойств горячей и холодной звезд всегда проще объяснить паличнем двух звезд, однако при накоплении данных о более тонких свойствах звезд такие искусственные гипотезы обычно тернят неудачу.

Во псяком случае наши данные говорят о том, что в случае, если считать знезду состоящей из двух составляющих, то обе составляющие следует считать переменными.

До сих пор при рассмотрении изменений в спектре АС Дракона речь шла только, о непрерывном спектре. В действительности яркость звезды в целом зависит также от интенсивности излучения в линиях. в особенности в рассматриваемом случае, когла в эмиссионных линиях сосредоточено значительное количество энергии.

Изменения непрерывного спектра у АС Дракона, согласно данным таблицы 1, сопровождаются изменениями в эмисспонных липиях. Взаимосвязь между ними для  $H_3$ .  $H_4$  и  $\lambda$ 4686 представлена графиками на фиг. 4, где на оси



Фиг. 4. Ход изменения эквивалентимх ширин линий  $H_2$ ,  $H_1$  и  $\lambda$  46% в спектре AG Дракона в зависимости от изменений в непрерывном спектре у этих линий:  $\Delta m_1 = m_{_{\! A}}$  (AG Дракона)— —  $m_{_{\! A}}$  (HD 145258).

ординат отложены эквивалентные ширины линий, а на оси абсцисс Am из таблицы 3, соответствующие точкам непре-

рывного спектра у этих линий. Рассмотрение этих графиков показывает, что связь между изменениями эквивалентных ширин эмиссионных линий и непрерывного спектра довольно сложная. Отдельные куски ломаных линий на графиках можно интерпретировать в рамках вышеприведенной схемы следующим образом.

Участок I—II характеризуется сильным ослаблением непрерывного спектра в коротковолновой части (у H<sub>1</sub> изменение больше 0.<sup>m</sup>3). В длинноволновой части практически изменения нет: у H<sub>β</sub> и λ 4686 изменения непрерывного спектра порядка 0.<sup>m</sup>1 (разного знака) находятся в пределах ошибок. Линия H<sub>β</sub> значительно ослабла, а линии H<sub>1</sub> и λ 4686 не изменились. Можно допустить, что ослабление коротковолнового излучения (непрерывной эмиссии) привело к ослаблению водородных линий, как видно на примере H<sub>β</sub> и не заметно на H<sub>1</sub>, повидимому, вследствие изменения самого непрерывного спектра у этой линии.

На участке II—III наблюдается усиление непрерывного спектра везде: порядка  $0^m2$  у  $H_{\beta}$  и  $\lambda$  4686 и  $0^m5$  у  $H_{\gamma}$ . Оно привело к уменьшению эквивалентных ширин всех эмиссионных линий. В согласии с фиг. 3 следует думать, что усиление непрерывного спектра в рассматриваемой области явилось следствием повышения температуры звезды.

Наконец на участке III—IV имеет место некоторое ослабление непрерывного спектра, сопровождаемое незначительным ослаблением линий. Фиг. 3 в этом случае указывает на некоторое понижение температуры АС Дракона и возможно на незначительное ослабление непрерывной эмиссии.

Таким образом, совокупность наблюдательных данных о спектре AG Дракона, повидимому, свидетельствует в пользу идей В. А. Амбарцумяна [1] о непосредственном освобождении внутризвездной энергии во внешних слоях ряда нестационарных звезд в виде непрерывной эмиссии, энергии эмиссионных линий и дополнительного температурного излучения.

Избыток ультрафиолетового излучения в сисктре АС Дракона во всех рассмотренных случаях невозможно объясинть инкакими известными процессами теплового излучения. Небезынтересно отметить в связи с этим, что к аналогичному выводу привели теоретические расчеты Харо и Хербиге [16] относительно избытка ультрафиолетового излучения у ряда исследованных ими объектов типа Т Тельца. Полученные в той же работе [16] другие результаты качественно очень сходны с изложенными выше.

В заключение рассмотрим те особенности спектра АС Дракона, которые прибляжают эту звезду к тем или иным группам небесных объектов:

Неправильные изменения яркости и наличие непрерывной эмиссии и эмиссионных линий в спектре АС Дракона приближают эту звезду к звездам типа Т Тельца. Однако ряд особенностей звезды АС Дракона не характерен для указанной группы звезд. К ним относится, прежде всего, наличие интенсивной эмиссионной динии к 4686 ионизированного гелия и больших допплеровских смещений линий, приводящих к лучевой скорости примерно в полтораста км/сек. Необычно для звезд типа Т Тельца и большая галактическая широта АС Дракона (41°).

Наличие интенсивной эмиссии в линиях водорода и, в особенности, в линии к 4686 ионизированного гелия делает спектр АС Дракона сходным в этом отношении с эмиссионным спектром планетарных туманностей. Однако в отличие от последних в спектре АС Дракона нет никаких следов запрещенных линий N<sub>1</sub> и N<sub>2</sub> дважды ионизированного кислорода.

Эмиссионный спектр АС Дракона показывает некоторое сходство и со спектрами "сямбиотических" звезд АХ Персея, СІ Лебедя и т. д. Однако АС Дракона резко отличается от "симбиотических" звезд тем, что в ее спектре никогда не наблюдались сколько-нибудь интенсивные запрещенные линии. Для сравнения в таблице 6 приводятся соответствующие данные. Там же приведены и ланные о планетарных туманностях: NGC 7027 и средние для трех групп туманностей из [23].

Эти данные, повидимому, свидетельствуют о том, что физический механизм излучения линий всех указанных

Относительные интенсивности эмиссионных линий у разных объектов

Объект	Нβ	Н	Hē	H1	H <sub>2</sub> 1	λ 4686	N <sub>1</sub> λ 5007	N <sub>2</sub> λ 4959	Источник
AG Дракона	1,00	0.37-0.60	0.22-0.34	0.07-0.13	0.13-0.32	0.55-1.04	_	- 1	Настоящая
NGC 7027	1.00	0.33	0.16	0.24	0.09	0,45	11.70	4.20	[17]
АХ Персея	1.00	0.45-0.67	0.28-0.53	0.13-0.47	0.03-0.16	0.46-0.83	0.07-0.50	0.15-0.17	[18,19,20]
CI Лебедя	1.00	0.48-0.80	0.28 - 0.50	0.07- 0.40	0.20	0.50-0.90	_		[18,19,20,21]
Пл. туман-								7.0	( ) to
ности	1.00	0.37-0.45	0.16-0.22	0.08-0.14	0.07—0.09	7 - 0		1.71-4.40	[23]

<sup>1</sup> В ряде случаев приведенные для интенсивностей Н₄ и Нζ значения включают в себя и интенсивности близких линий λ 3967 [Ne III], 3965 Не I и λ 3888 Не I.

 $<sup>^{2}</sup>$  Интенсивность  $N_{1}$  должна быть в три раза больше интенсивности  $N_{2}$ .

объектов один и тот же: флюоресценция. В частности можно допустить, что у АС Дракона эмиссионные линии возникают над обращающим слоем, причем необходимая для этого энергия доставляется процессами непосредственного освобождения внутризвездной энергии над этим слоем.

Несмогря на близость относительных интенсивностей эмпеснонных линий АС Дракона и "симбиотических" звезд следует подчеркнуть огромное различие между ними в смысле количества энергии, излучаемой в линиях. Эквивалентные ширины эмиссионных линий водорода у некоторых "симбиотических" звезд в десятки раз превышают ширины у АС Дракона. Для примера отметим, что эквивалентные ширины линий Н<sub>2</sub>, Н<sub>3</sub> и Н<sub>4</sub> в спектре ВЕ Лебедя 7 июня 1950 г. составляли соответственно 820, 270, 100 и 39А [22]. Небезынтересно отметить, что у Ве-звезд, наоборот, эквивалентные ширины эмиссионных линий во много раз меньше, чем у АС Дракона [24].

Таким образом, приходится признать, что переменная АС Дракона в настоящее время составляет интересное исключение среди всех известных объектов с эмиссионными линиями в спектрах.

Можно надеяться, что всестороннее исследование этой звезды нозволят вскрыть природу процессов, происходящих в ее атмосфере и приводящих к наблюдаемым особенностям ее спектра. Это будет серьезным шагом вперед и в вопросе об источниках звездной энергии.

Автор выражает глубокую благодарность академику В. А. Амбарцумяну за постоянный интерес к работе и ценные советы при ее выполнении.

### L. J. Wergnaus

# AG งุเอนา ขางเรากรกรกระบาง ระยบกรกคลาคง

## Kdhnhned

1955 թ. Բյուրականում Շաիդաի սիստեմի 8—12՝ դիտակի և օրյեկտիվ պրիզմայի օգնությամբ ստացված 36 սպեկտրալ յուսանկարների հիման վրա (ազյուստի 1) ուսում հատիրության Լենքարկված անկանոն փոփոխական AG Լիտայի սպեկտրը 1).3700—4900 տիրույթում։ Գործիքի դծային դիսպերսիանման դծերի միջոցով (աղյուսակ 2), իսկ ֆոտոմետրիկ ցուցնակները նկարահանված են խողովակաձև ֆոտոմետրիկ ցուցնակները նկարահանված են խողովակաձև ֆոտոմետրի վրա՝

Անընդհատ սպեկտրի չափումները կատարված են A0 դասի աստղ HD 145258 համեմատությամը (միայն երկու դեպքում A5 դասի աստղ HD 143253 համեմատությամբ)։ Արդյունքները ներկայացված են աղյուսակի (A 3) և գրաֆիկի (գծ. 3) օգնու-թյամբ

Որոշված են մի շարք ճառագայթման դծերի համարժեք լայնությունները (աղյուսակ 4) և հարաթերական ինտենսիվությունները H<sub>3</sub>-ի նկատմամը (աղյուսակ 5), Կատարված է համեմատություն սպեկտրում պայծառ գծեր ունեցող այլ օբյեկտների հետ (աղյուսակ 6),

Բոլոը դիտումները թաժանված են չորս սերիայի՝ ըստ ժամանակի։ Աշխատանքում ըերված են համապատասխան մեծությունների միջին արժևջները այդ սերիաների համար։

Ստացված արդյունըների ըննարկումը հանդեցրել է հե-

ար ար չեր ը արար ը անանան արև անան արդության ար

1. AG Վիշապի ճառագայթումը կարճալիքային մասում ջեղվում է Պլանկյան ճառագայթումից, այդ մասում ճառագայթման ավելցուկի առկայության իմաստով։

- 2. Երկարալիջային մասում աստղի ճառադայթումը կարելի է նևրկայացնել որպես Գլանկյան 3300—4400° սպեկարոֆոտոմետրիկ ջերմաստիճանով, որը համապատասխանում է։ G5—K5 դասերին։
- 3. Էներգիայի բաշխումը AG Վիշապի անընդհատ սպեկտրում փոփոխվում է ժամանակի ընթացջում։ Այդ փոփոխությունները նրրեմն շատ զգայի են կարճալիջային մասում ևգրնթե րացակայում են երկաբալիջային մասում (I և II սեըիաների միջև)։ Սակայն շատ հաճախ փոփոխություններ դիտվում են այդ երկու մասերում միաժամանակ (II և III, III և-IV սերիաների միջև)։
- 4. Այն դևսլբում, ևրը AG Վիշապի պայծառության փոփոխությունները պայմանավորված ևն տմրողջովին նրա կարճալիջային ճառադայթման հզորության փոփոխությամբ (I և II սևրիանևրի միջև) Էներգիայի րաշխումը աստղի անընդհատ

ապեկարում կարելի է Ներկայացնել, օրպես երկու տեսակ Հաապայիումների գումար՝ գրեխե հասատատեն գրադիննատվ ուջ արպի աստղի «Նորմալ» հասագայիման և այնպիսի անընդհատ հասագայիման, օրի հարաբերական բաշխումը միջա ժատավորապես Նույնն է, իսկ բացարձակ ինտենսիվու էլունը տարբեր 5. Անընդհատ սպեկարի փոփոխուն կունները AG Վիջապի

5. Անրադատ մոտ ուղեկցվում են ճառագայիման դծերի ինտենաիվուիկուն» ների փոփոխա իկյուններով։ Գծերի և անրնդնատ ապեկարի փո-

popular francischep hamp punduihute purpy t (45. 4).

6. AG Վիլապի հասադայիումը Ննարավոր չէ բացատրել գերմային հասադայիման Նայանի պրոցեսների միջոցով միայն։ Երեն նույներն և և հարագրել, որ AG Վիլապի աստղը կրկնակի է՝ կազմված ջերմ ու սասը բազադրիչներից, ապա նրա հասապայիման դիտվող փոփոխությունները բացատրելու հաշմար պետը է ընպուներ, որ հիշյալ երկու բաղադրիչն էլ փոշփոխական են։

7. Ստացված արդյունքները, հավանարար, վկայում են Վ. Հ. Համրարձումյանի կողմից անընդհատ առաքման երևույթի վերարերյալ զարդացրած դադափարների օգտին։ Այսինքն պետք և ընդունել, որ AG Վիշապի ճառադայիման դիտվող փոփոխությունները նրա արտաքին շերտերում ներաստղային էներդիայի անմիջական աղատագրման պրոցեսների հետևանք են։ Ըստ որում, այդ էներդիայի անմիջական աղատագրումը կարող է տեղի ունենալ՝ ինչպես անընդհատ առաքման, այնպես էլ ճառադայիման գծերի էներդիայի և լրացուցիչ Չերմային ճառադայիմման ձեռով։

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1. В. А. Амбарцумян, Сообщения Бюраканской обсерватории, 13. 1954.
- 2. В. А. Амбарцумян, К симпозиуму по нестационарным звездам в Дублине, Москва, 1955.
  - 3. E. Janssen, A. Vyssotsky, PASP, 55, 244, 1943.
  - 4. R. Wilson, PASP, 55, 282, 1943.
  - 5. R. Wilson, PASP, 57, 309, 1945.
  - 6. N. Roman, Ap. J. 117, 467, 1953.
  - 7. H. Johnson, W. Morgan, Ap. J. 117, 313, 1953.
  - 8. A. C. Illapos, [13, 10. No. 1, 1954.
  - 9. W. Wenzel, MVS, Nº 201, 1955.

10. А. Д. Бериев, Бюллетень Сталинабадской обс., № 15, 1956.

11. Э. Р. Мустель, Труды ГАИШ, 13. № 2, 1940.

12. Л. В. Мирзоян, ДАН СССР, 105, 928, 1955.

13. Н. В. Быстрова, Диссертация, Ленняград, 1955,

14. В. П. Цесевич, Астр. циркуляр, № 167, 23, 1956.

15. M. Johnson, Transactions IAU, 8 839, 1954.

16. G. Haro, G. Herb'g, Bolet n obs Tonanzintla, 12. 33, 1955.

17. L. Aller, I. Bowen, R. Minkowski, Ap. J. 122, 61, 1955.

18 P. Merrill, Ap. J. 77, 44, 1933.

19. P. Swings, O. Struve, Ap. J. 91, 610, 1940.

20. Tcheng Mao-Lin, M. Bloch., Ann. d Ap. 17, 6, 1954.

21. P. Merill, Ap. J. 111, 484, 1950.

22 L. Aller, Publ. Dom. Obs. Victoria, 9, 321, 1954.

23 L. Berman, MN, 98, 890, 1936.

24. C. Burbidge, E. Burbidge, Ap J., 117, 424, 1953.

