

6
А-65

136

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ УССР

Харьковский институт радиоэлектроники

инженер Смагин Д.М.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА НЕПРЕРЫВНОЙ РАДИО-
ЛОКАЦИИ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ОРБИТ МЕТЕОРОВ

05.290 - Теоретические основы радиотехники.

Автореферат диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических наук

Харьков, 1971 г.

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ УССР

Харьковский институт радиоэлектроники

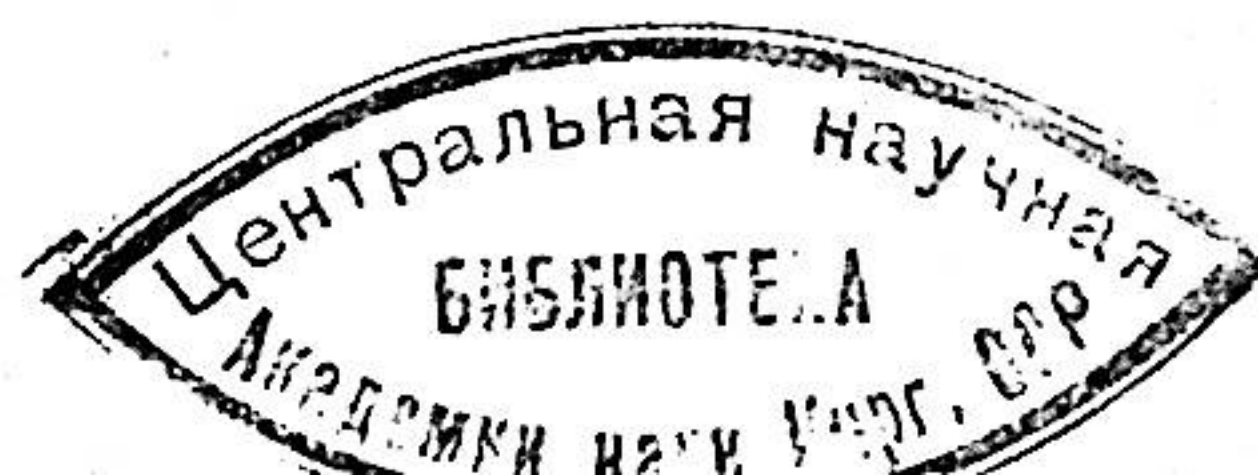
инженер Смагин Д.М.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА НЕПРЕРЫВНОЙ РАДИО-
ЛОКАЦИИ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ОРБИТ МЕТЕОРОВ

05.290 - Теоретические основы радиотехники.

Автореферат диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических наук

Харьков, 1971г.



Работа выполнена на кафедре радиопередающих устройств
Харьковского института радиоэлектроники

Научный руководитель — кандидат технических наук,
доцент Лагутин М.Ф.

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук,
профессор Астапович И.С.

кандидат технических наук,
доцент Гордженко А.Г.

Ведущая организация — Казанский ордена Трудового
Красного Знамени государственный университет им. В.И. Улья-
нова-Ленина.

Автореферат разослан "22" мая 1971 г.

Защита диссертации состоится "6" мая 1971 г.
на заседании Ученого Совета Харьковского института радио-
электроники.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.
Просим Ваши отзывы в двух экземплярах просылать по адресу:
г. Харьков, проспект Ленина, 14, ХИРЭ.

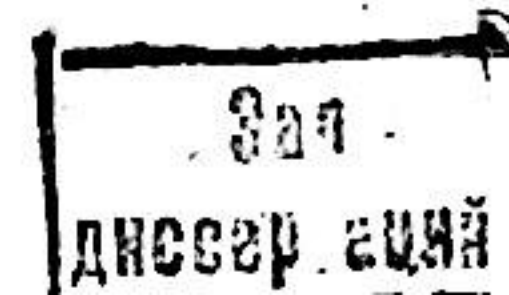
Ученый секретарь Совета доцент ПРОШКИН Е.Г.

- 3 -

Метеорная астрономия последние 40 лет испытывает период
бурного развития и пересмотра некоторых прежних представлений о
характере движения, эволюции и происхождении метеорного вещества.
Предпосылкой серьезного прогресса метеорной астрономии является
определение радиантов, скоростей и параметров орбит метеоров.

Инструментальное изучение параметров движения метеорных тел
и законов развития метеорной материи важно для решения ряда космо-
гонических проблем. Вместе с тем, изучение радиантов и орбит ме-
теоров вышло за рамки академических исследований. Сведения о рас-
пределении радиантов необходимы для создания теории прогноза и
выбора линий метеорной ультракоротковолновой радиосвязи, при рас-
чете ряда геофизических параметров верхней атмосферы. Оценка при-
тока метеорного вещества на поверхность Земли, выяснение роли ме-
теорного аэрозоля в атмосфере, ее динамики и другие проблемы мо-
гут успешно решаться при детальном исследовании орбит малых тел
Солнечной системы. В связи с освоением космоса изучение простран-
ственной плотности орбит метеорных тел представляет большое зна-
чение при оценке темпа и степени метеорной эрозии незащищенных
оптических и других ответственных поверхностей космических аппа-
ратов.

К настоящему времени на многих советских [1,2,3] и зарубеж-
ных обсерваториях по базисным фотографическим и радиолокацион-
ным наблюдениям получено значительное количество орбит метео-
ров, всесторонний и тщательный анализ которых позволил сделать
важное заключение о том, что подавляющее большинство метеорных
тел движется по эллиптическим орбитам, т.е. являются членами
Солнечной системы. Большинство орбит измерено радиолокационным



методом, который уступает в точности измерений фотографическому методу. Полученные результаты, особенно наличие гиперболических скоростей, нуждаются в дальнейшей проверке и уточнении. Кроме того, совершенно необходимо накопление данных распределения радиантов и орбит метеоров, усовершенствование технических средств и методики измерений с целью повышения точности. Только при более точных измерениях можно ответить на многие вопросы метеорной астрономии и астрофизики. Следует учесть, что обнаруженное сейчас распределение орбит метеорных тел медленно изменяется со временем.

Теория радиолокации метеоров и разработка специальной радиоаппаратуры за последние годы достигли значительного развития. Наблюдается возросший интерес к радиолокации непрерывным излучением (РНИ) (Австралия, Канада, США, Франция, ФРГ). Это вызвано рядом преимуществ применения непрерывно-волнового метода (РНИ) и постановкой новых астрономических и геофизических задач. В связи с этим возникает необходимость проведения исследований возможности расширения применения непрерывно-волнового метода в изучении астрономических и физических параметров метеорных тел.

Целью настоящей работы является проведение исследований по применению радиолокации с непрерывным излучением (РНИ) для определения индивидуальных радиантов и скоростей метеоров, разработка методики измерений и соответствующей аппаратуры, исследование точности измерений, которую можно в этом методе реализовать, получение экспериментального материала по распределению скоростей и параметров орбит индивидуальных метеоров с учетом измерения торможения.

Диссертация состоит из введения, пяти глав и заключения, и содержит 35 рисунков и фотографий.

В первой обзорной главе диссертации рассмотрены характеристики метеорного следа как радиолокационной цели, кратко изложена теория рассеяния радиоволн с учетом влияния ветров, диффузии и других факторов в метеорной М-Зоне. Рассмотрены дифракционные явления при отражении радиоволн в случае отсутствия либо наличия прямой волны.

Во второй главе диссертации рассмотрены различные радиометоды измерения скоростей, торможения и радиантов метеоров. Отмечено, что дифракционный метод является наиболее широко распространенным и перспективным. Детально рассмотрена сравнительная характеристика импульсного и непрерывно-волнового дифракционных методов. Отмечено, что импульсному методу присущи значительные погрешности измерений, обусловленные:

- 1) влиянием диффузии и ветров атмосферы на качество регистрации отраженного сигнала;
- 2) дискретностью формирования огибающей отраженного сигнала (импульсами конечной частоты следования $F_n = 300-500$ гц). Конечная частота повторения импульсов приводит к избирательности по скорости, что приводит к малой статистике и сопровождается большими погрешностями при измерении высокоскоростных метеоров. К тому же для устранения влияния помех со стороны вещательных и других радиостанций и увеличения эффективной чувствительности импульсной РДС необходимы узкополосные приемные системы. Уменьшение полосы пропускания приемных устройств возможно при реализации систем с большой длительностью импульса. Требование обес-

повышения частоты повторения импульсов при большой их длительности вызывает необходимость перехода от импульсного излучения к непрерывному.

Отмечено, что действие диффузии и ветров в значительной мере ослаблены в случае применения непрерывно-волнового метода измерений.

В третьей главе рассмотрены вопросы определения координат радиантов и высот метеоров в случае применения непрерывного излучения радиоволн. Пространственное удаление (разделение) приемника от передатчика на большие расстояния с целью ослабления прямой волны приводит к сложной геометрии отражения радиоволн от метеорного следа. При больших размерах баз аппроксимация Дейвиса может привести к значительным ошибкам в определении направляющих косинусов следа, особенно при малых зенитных расстояниях. Чтобы избежать этих погрешностей в системе [4] используется дополнительная информация путем измерения угловых координат (направляющих косинусов) точки отражения на следе в одном из пунктов. Но такой метод не применим для обработки короткоживущих метеорных отражений, имеющих малый доплеровский сдвиг частот. Для метеорных радиосистем высокой чувствительности подобные регистрации составляют подавляющее большинство и определяют статистику радионаблюдений. Кроме того, влияния градиентов ветров верхней атмосферы (т.е. в М-зоне) приводят к дополнительным фазовым искажениям отраженных сигналов, что затрудняет определение характерных точек на дифракционной картине для нахождения временных сдвигов в появлении отраженных сигналов, используемых при определении радиантов.

Далее в этой главе описывается предложенный и разработанный нами метод расчета координат радианта, не требующий дополнительных угломерных устройств. Исходной информацией являются расстояние до метеорного следа и временные сдвиги в появлении отраженных сигналов, зарегистрированных на четырех разнесенных станциях. Многобазисный метод позволяет определить экспериментально торможение метеоров (что особенно важно при расчете индивидуальных орбит) и высот метеоров. Решение геометрической задачи по определению положения метеорного следа в пространстве сводится к определению направляющих косинусов следа (вектор $\bar{V}$) и направления прихода радиоволн к РЛС (вектор $\bar{\beta}$). Ортогональные орты $\bar{V}$ и $\bar{\beta}$ при известном расстоянии R полностью определяют положение следа в пространстве. При этом, из шести направляющих косинусов ортов $\bar{V}$ и $\bar{\beta}$ только три являются независимыми. Положенные в основу метода геометрические соотношения вытекают из принципов зеркальности отражений радиоволн ионизованными следами. Показана теоретическая связь между определяемым положением следа в пространстве и координатами радианта, с одной стороны, и расстояний между зеркальными точками на следе и координатами передающих и приемных пунктов - с другой стороны.

В случае применения непрерывно-волнового метода форма дифракционной картины отраженного сигнала определяется интерференцией прямой и отраженной волн, в зависимости от величины фазового угла ψ , между которыми происходят сдвиги по оси времени экстремумов дифракционных флуктуаций отраженного сигнала. Это вызывает изменение временных соотношений между соответствующими максимумами и минимумами, что может привести к ошибкам в измерении скорос-

ти и координат радианта. Фазовый угол ψ является постоянным для конкретного отражения, который трудно непосредственно измерить. Канадские исследователи [5] определяли величину ψ путем сравнения форм дифракционных картин отраженных сигналов с теоретическими формами, вычисленными для разных значений и различных соотношений уровней прямого и отраженного сигналов. Проведенные нами экспериментальные исследования показали, что только 17-20% из общего числа отражений удовлетворяют этому требованию. Предложенный ранее метод [6] определения величины ψ использующий полную амплитудно-фазовую картину отраженного сигнала с учетом доплеровских биений не является эффективным. Это происходит, во-первых, из-за значительной сложности определения ψ , во-вторых, потому что далеко не каждое отражение имеет качественную картину доплеровских биений, что существенно уменьшает количество обрабатываемых отражений соответствующих ярким метеорам. Радионаблюдения, проведенные нами в 1965-1966 гг., показали, что только для 10-15% зарегистрированных отражений можно оценить угол ψ этим методом.

Теоретические исследования, проведенные нами, показали, что возможно получить выражения для расчета скорости метеора, не зависящие от величины ψ . Вычисление скорости производится по формуле:

$$V = \left[\frac{R\lambda}{t_m + t_n + t_k + t_e} \left(\frac{k-l}{t_k - t_e} + \frac{n-m}{t_n - t_m} \right) \right]^{1/2} \quad (I)$$

где t_k, t_e, t_m, t_n - время занимаемое соответствующими k, l, m, n циклом дифракционной картины, λ - длина волны. Время отсчитывается от момента t_0 , соответствующего времени пересечения метеором точки зеркального отражения. Каждую величину t_k, t_e, t_m, t_n отсчитать отдельно по амплитудно-временной картине невоз-

можно, так как положение точки t_0 неизвестно. Однако суммы и разности временных интервалов $(t_m + t_e), (t_n + t_k), (t_k - t_e), (t_e - t_m)$, можно отсчитать.

Временные сдвиги в появлении отраженных сигналов разнесенных станций определяются следующим аналитическим методом.

$$\Delta t_{1-2} = \Delta t_{1-2 \text{ изм}} \mp (t_n' - t_n'') \quad (2)$$

где $\Delta t_{1-2 \text{ изм}}$ сдвиг, измеренный непосредственно по одноименным циклам (скажем по пятым) между двумя дифракционными картинами, t_n', t_n'' - величины, рассчитанные соответственно для первой и второй дифракционной картины отраженного сигнала по формуле:

$$t_n = \frac{t_n + t_k + t_m + t_e}{2 \left(\frac{k-l}{n-m} \cdot \frac{t_n - t_m}{t_k - t_e} + 1 \right)} + \frac{t_n - t_m}{2} \quad (3)$$

разность $(t_n' - t_n'')$ характеризует меру сдвига, обусловленную фазовыми углами ψ' и ψ'' , которые определяют ее величину и знак. Знак (+) или (-) выражения (3) берется в зависимости от времени появления второго сигнала относительно первого. Знак (-) берется тогда, когда первый сигнал приходит раньше второго. Выражения (1,2,3) для определения скорости и временных сдвигов не содержат влияния фазового угла между прямой и отраженной волнами на точность измерений. Точность определения сдвигов можно повысить путем многократного определения Δt_{1-2} по различным циклам до и после t_0 .

Приводятся также расчетные формулы для определения скорости метеора (V) и временных сдвигов (Δt_{1-2}) для случая искаженной

формы дифракционной картины отраженного сигнала до или после t_0 за счет действия аппаратных или физических факторов (ветер).

В четвертой главе приводится описание комплекса аппаратуры, реализующего изложенный метод измерения радиантов, скоростей, торможений и высот отдельных метеоров непрерывно-волновым методом. Комплекс радиолокационной аппаратуры состоит из шести высокостабильных передающих устройств непрерывного излучения (расположенных в выносных пунктах) и приемо-регистрирующего центра, совмещенного с импульсным дальномером. Передатчики расположены вблизи г. Ашхабада ($\varphi = 37^{\circ}57' N$, $\lambda = 58^{\circ}06' Ost.$) вдоль направления запад-восток на расстоянии 42 км с интервалом через 7-9 км. Один из передатчиков вынесен на север от основной базовой линии. Ослабление прямой волны осуществляется коллинеарным расположением всех осей антенн, а также экранирующим действием гор, находящихся между приемным центром и передатчиками. Каждый приемо-передающий канал системы непрерывного излучения работает на незначительно отличающихся частотах. Индикатор отраженных сигналов разработан на пятилучевой электронной трубке, с экрана которой амплитудно-временные характеристики регистрируются фоторегистратором на 35-мм киноплёнку быстро-медленно-доплеровским методом. В зависимости от постановки задачи один из шести передающих пунктов резервируется.

Дальность до метеора измерялась импульсной радиолокационной станцией, работающей на частоте 33 МГц.

Для излучения и приема использовались идентичные пятиэлементные антенны типа "волновой канал".

Основные технические характеристики аппаратуры непрерывного излучения следующие:

Длина волны - около 12,5 м.

Мощность передатчиков - 1,2 кВт.

Коэффициент направленного действия антенн 16.

Чувствительность приемников - 1 мкВ при соотношении сигнал/шум, равном пяти.

Полоса пропускания приемников - 1 кГц.

Разработанная аппаратура показала высокую эксплуатационную надежность в период длительных круглосуточных измерений, которые ведутся с 1968г.

В пятой главе диссертации анализируются экспериментальные данные измерений высот, скоростей, торможений и параметров орбит индивидуальных метеоров. Измерение скоростей и координат радиантов производилось дифракционным многобазисным методом. Применение многобазисной радиолокационной системы дало возможность оценить торможения метеоров, что позволило надежно определять внеатмосферные скорости. Торможение метеоров рассчитывалось путем измерения мгновенных значений скорости метеора вдоль его пути. Среднее значение наблюдаемого торможения для данного метеора находилось при аппроксимации линейной зависимостью от времени мгновенных значений скорости метеора, расположенных в порядке появления отражений. Из 481 обработанных отражений для 89 удалось надежно определить торможение. Усредненные значения найденных торможений для разных интервалов скоростей сведены в таблицу I. Для каждого интервала скоростей приведены: $\bar{V}$ - средняя скорость, $\bar{a}$ - среднее торможение, $\Delta \bar{a}$ - среднеквадратичная погрешность измерения торможения.

Средняя величина торможения лежит в пределах от 7,1 км/сек² (для малых скоростей) до 40,6 км/сек² (для высокоскоростных ме-

Таблица I

n	5	11	17	23	33
$\bar{V}$ (км/сек)	20	33,5	41,5	51,5	63,5
$\bar{a}$ (км/сек ²)	7,1	16,4	21,5	33,3	40,6
$\Delta \bar{a}$ (км/сек ²)	1,7	3,8	4,1	4,3	3,9

теоров). Среднеквадратичная погрешность этих измерений не превышает 30%. Сравнение с данными, полученными в США [7], показывает хорошее совпадение, однако данные (7) не содержат результатов измерений торможений для метеоров с $V \geq 50$ км/сек, что объясняется упоминавшейся малой точностью измерения высоких скоростей применяемой импульсной аппаратурой.

Экспериментальные определения торможения радиометодом проведены в СССР впервые и использовались для определения внеатмосферной скорости метеорного тела при расчете параметров орбит метеоров. Следует отметить, что разработанная аппаратура и методика определения торможения позволяют решать ряд задач по определению физических характеристик метеорного тела (плотности, начальной массы), что является большим достоинством метода и аппаратуры.

Приведены результаты измерений скоростей спорадических метеоров. Было проанализировано 7627 индивидуальных скоростей, измеренных в 1968-1969 г. в Ашхабаде, распределение которых имеет два ярко выраженных максимума. Первый максимум лежит в области 35-40 км/сек, второй - 60-65 км/сек. В области 45-55 км/сек имеет место хорошо выраженный минимум. Сравнение с результатами наблюдений, проведенных Мак-Кинли [8], указывает на то, что главные за-

кономерности распределения скоростей спорадических метеоров хорошо совпадают.

В распределении гелиоцентрических скоростей V_h спорадических метеоров, полученном нами при измерении орбит, не замечено резкой концентрации метеоров со скоростями близкими к параболическому пределу характерного для гораздо более ярких фотометеоров. В полученном нами распределении максимум V_h намного шире, сдвинут в область медленных метеоров и лежит в пределах 25-35 км.

Характер суточных изменений видимых скоростей спорадических метеоров близок к гармоническому закону: по мере перехода от вечерних часов к утренним усредненная величина наблюдаемых скоростей увеличивается, достигая максимума в 6-8 часов, затем падает до минимума в 17-19 часов. Средняя геоцентрическая скорость лежит в пределах 38-39 км/сек.

Проводится анализ влияния параметров аппаратуры на точность измерения скоростей индивидуальных метеоров, который показал, что ошибка одного определения радио- скорости составляет 3-5%. С целью проверки реальной точности и достоверности измерений было проведено наблюдение хорошо изученного потока Геминид в декабре 1966г. Средняя видимая геоцентрическая скорость Геминид составила $35,3 \pm 0,15$ км/сек, что находится в хорошем согласии с другими наблюдениями в том числе наиболее достоверными данными, полученными фотографическим методом.

Полученные результаты измерений высот метеоров показывают хорошо выраженную известную зависимость уменьшения высоты метеоров по мере убывания скорости.

Поскольку получить расчетные соотношения, удобные для оценки возможных погрешностей в измерении координат радианта (склонения-

и прямого восхождения α) и высоты метеора H затруднительно (вследствие сложности аналитической связи между измеряемыми входными данными и искомыми величинами), поэтому ошибки в измерении δ, α, H находились статистически, путем вариации входных данных для случайно выбранных метеоров. Среднеквадратичные ошибки, найденные для двадцати семи произвольно выбранных регистраций, составляют следующие значения: $\pm 1^{\circ},5$ в определении прямого восхождения и $\pm 2^{\circ},8$ в определении склонения, $\pm (7 + 10)$ км в измерении высоты. Для проверки реальной точности было проведено наблюдение хорошо изученного потока Квадрантид, 35 орбит индивидуальных метеоров которого было обработано. В таблице 2 приведено сравнение полученных нами усредненных параметров орбиты потока Квадрантид 1969 с данными фотографических наблюдений [3].

Таблица 2

α°	δ°	$V_g \frac{км}{сек}$	$V_h \frac{км}{сек}$	$a_{a.e.}$	e	$q_{a.e.}$	i°	ω°	Примечание
230	+50	40,9	38,2	2,86	0,64	0,968	78°	168	фотонабл. [3]
229,6	+50,3	39,56	38,0	2,53	0,628	0,978	73,88	172,3	Амхабад 1969

Анализ экспериментально полученных нами орбит опорадических метеоров позволяет выделить три группы орбит. К первой относятся почти круговые орбиты, размеры которых близки к размерам орбиты Земли. Ко второй — сильно вытянутые орбиты со значением большой полуоси $a < 1 a.e.$; и к третьей также вытянутые орбиты, но со значениями $a > 1 a.e.$. Разумеется, что эти группы не являются изолированными и постоянно переходят одна в другую. Из статистических

сравнений данных фотонаблюдений и радионаблюдений следует, что с уменьшением массы метеорных частиц происходит непрерывное уменьшение ореднего значения большой полуоси.

В распределении орбит по наклонениям (i) наряду с резко выраженным максимумом орбит с $i < 20^{\circ}$ имеет место два широких небольших максимума при $60^{\circ} < i < 80^{\circ}$ и $130^{\circ} < i < 170^{\circ}$. Такое распределение является характерным для радиометеоров и мелких фотометеоров, которые в отличие от крупных фотометеоров, имеют более равномерное распределение наклонов орбит для всего интервала значения i . Что касается распределения i по месяцам, то никаких существенных особенностей здесь не обнаружено. Интересно отметить, что некоторая доля метеорных частиц может двигаться по орбитам очень небольших размеров ($a < 1 a.e.$), но значительно наклоненным к плоскости эклиптики.

Функция распределения эксцентриситета орбит (e) показывает монотонное возрастание при изменении эксцентриситета от нуля до единицы с ярко выраженной концентрацией в интервале $0,8 < e < 1,0$. Сравнение фотографических и радиолокационных данных наблюдений различных величин метеоров показывает, что характер распределения орбит по e значительно менее связан с массами метеорных частиц, чем распределения по a и i .

Распределение перигелийных расстояний q орбит возрастает по мере уменьшения q от единицы до нуля. При этом наблюдается средний максимум в интервале $0,4 < q < 0,5 a.e.$ и два крайних максимума в области $0 < q < 0,2$ и $0,9 < q < 1,0$. Аналогичное распределение получено рядом других радиолокационных наблюдений.

В з а к л ю ч е н и и диссертации приведены следующие выводы:

1. Исследован и внедрен радиолокационный комплекс для измерения орбит метеорных тел, который работает в режиме непрерывного излучения и состоит из шести разнесенных передатчиков и многоканальной приемо-регистрирующей системы.

2. Предложен метод расчета скоростей индивидуальных метеоров для случая применения метода непрерывного излучения с учетом влияния прямой волны на точность измерений.

3. Разработан метод определения координат радианта метеора при больших базах расположения аппаратуры.

4. Предложен метод измерения высот метеоров с помощью разнесенных станций с амплитудно-временной регистрацией отраженных сигналов.

5. Реализован многобазисный метод измерения торможений метеоров.

6. Проведены экспериментальные исследования по измерению скоростей, радиантов, орбит, торможений и высот индивидуальных радиометеоров ярче $+7^m$ методом непрерывного излучения.

Дана сравнительная характеристика импульсному и непрерывно-волновому методам измерений скоростей, торможений и орбит метеоров. Анализ результатов измерений показал преимущество применения аппаратуры непрерывного излучения, особенно при измерениях торможений высокоскоростных метеоров.

7. Разработанный аппаратный комплекс и достигнутая точность измерения скоростей позволяет решать ряд вопросов, касающихся оценок физических характеристик метеорных тел.

Результаты настоящей работы докладывались на следующих конференциях:

1) на XII Пленуме Комиссии по кометам и метеорам Астросовета АН СССР г.Фрунзе, сентябрь, 1968г.

2) на Симпозиуме по физике метеоров ККМ АС АН СССР г.Киев, октябрь, 1969г.

3) на Юбилейной научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава Харьковского института радиоэлектроники, г.Харьков, октябрь, 1967 г.

4) на Харьковской областной научно-технической конференции по радиоэлектронике, г.Харьков, март, 1970г.

5) на ХУП Украинской республиканской научно-технической конференции, посвященной Дню радио, г.Киев, июнь, 1967г.

6) на Симпозиуме Астросовета АН СССР по межпланетной пыли и притоку метеорного вещества на Землю, г.Ленинград, декабрь, 1970.

Основное содержание работы опубликовано в следующих статьях:

1. Лагутин М.Ф., Смагин Д.М. Метод обработки отраженных сигналов при радиолокации метеоров непрерывным излучением. - Кометы и метеоры № 18, 1970, изд. ДОНИИ АН Тадж.ССР.

2. Лагутин М.Ф., Смагин Д.М., Ханбердыев А.Х. Измерение скоростей метеоров непрерывно-волновым методом. - Известия АН ТССР, № 6, 1967.

3. Гульмедов Х.Д., Лагутин М.Ф., Смагин Д.М., Ханбердыев А.Х. Определение радианта и высоты метеора при радиолокации непрерывным излучением. - Известия АН ТССР, № 2, 1970.

4. Лагутин М.Ф., Смагин Д.М. К вопросу о применении непрерывного излучения в метеорных исследованиях. - Радиотехника, № 8, изд. ХГУ, 1969.

5. Лагутин М.Ф., Смагин Д.М., Квачадзе Г.П., Гульмедов Х.Д.
Радиолокационные наблюдения метеоров — Известия АН СССР, 1970, №6.

6. Лагутин М.Ф., Смагин Д.М., Гульмедов Х.Д. Определение торможения радиометеоров. — Астрономический циркуляр Астроосовета АН СССР, № 577, 1970.

7. Смагин Д.М., Лагутин М.Ф., Гульмедов Х.Д., Ханбердиев А.Х.
Результаты измерений орбит метеорных тел при непрерывном излучении радиоволн. Известия АН СССР 1971, № 2.

8. Гульмедов Х.Д., Квачадзе Г.П., Лагутин М.Ф., Смагин Д.М.
Определение торможения при базисной радиолокации метеоров. — Известия АН СССР "Метеорный бюллетень", 1970, № 3.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Астапович И.С., Метеорные явления в атмосфере Земли. Физматгиз, М., 1958.
2. Кашеев Б.Л., Лебединец В.Н., Лагутин М.Ф., Метеорные явления в атмосфере Земли. Изд. "Наука", М., 1967.
3. Катасев Л.А., Исследование метеоров в атмосфере Земли фотографическим методом. Изд. Гидрометеонадат, 1966.
4. Nilsson C.S. Austral. J. Phys. 1964, vol.17, 205.
5. McKinley D.W.R., Webb E.L., Mon. Not. Roy. Astron. Soc., 1961, vol.122, 255.
6. Mainstone J.S. Mon. Not. Roy. Astron. Soc., 1960, vol.120, 517.
7. Verniani F. J. Geophys. Res., 1966, vol.71, 2749.
8. McKinley D.W.R. Astrophys. J., 1951, vol.113, 225.

Ответственный за выпуск доц. Прошкин Е.Г.

Подписано к печати 12 марта 1971 года. БЦ № 20074
Объем 1 п.л. Заказ № 97. Тираж 150 экз.

Ротапринт Харьковского института радиоэлектроники,
Харьков-59, проспект Ленина, 14.