

УДК 551.508.85

**СТРУКТУРА РАДИОЛОКАЦИОННОГО МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО КАНАЛА
ПОЛУЧЕНИЯ РАДИОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ**

Корбан В.Х., Корбан Д.В., Дегтярёва Л.Н., Войтюшенко В.И.

*Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова,
65029, Украина, г.Одесса, ул. Кузнечная, 1.
kafedra.audp@onat.edu.ua*

**СТРУКТУРА РАДИОЛОКАЦІЙНОГО МЕТЕОРОЛОГІЧНОГО КАНАЛУ
ОТРИМАННЯ РАДИОМЕТЕОРОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ**

Корбан В.Х., Корбан Д.В., Дегтярьова Л.М., Войтюшенко В.І.

*Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова,
65029, Україна, м.Одеса, вул. Ковальська, 1.
kafedra.audp@onat.edu.ua*

**STRUCTURE RADAR WEATHER CHANNEL RADAR METEOROLOGICAL
INFORMATION OBTAIN**

Korban V.Kh., Korban D.V., Degtjarjeva L.N., Voytyushenko V.I.

*O.S.Popov Odessa national academy of telecommunications,
1 Kovalska St., Odessa, Ukraine, 65029
kafedra.audp@onat.edu.ua*

Аннотация. В статье проведен анализ структурных элементов радиолокационного метеорологического канала, состоящего из метеорологической РЛС, среды распространения электромагнитной энергии и метеообъекта. Показано преимущество радиолокационного метеорологического поляриметра с точки зрения информативности поляризационных параметров при получении дистанционной радиолокационной информации о метеообъекте. Рассмотрена метеорологическая радиолокационная система в комплексе с метеообъектом и средой распространения электромагнитной волны, которые и образуют радиолокационный канал дистанционного получения радиометеорологической информации. Представлена морфологическая и функциональная структура радиолокационного метеорологического канала. Определен алгоритм измерения коэффициентов матрицы рассеяния метеообъекта для двухканального метеорологического радиолокационного поляриметра. Приведена структура формирования электромагнитной волны заданной поляризации на излучение.

Представлена взаимосвязь составляющих радиолокационного канала в виде матриц, характеризующих поляризационные параметры электромагнитной волны на излучение и прием, матрицы рассеяния метеообъекта и матрицы, характеризующие среду распространения радиолокационного сигнала.

Ключевые слова: поляризация, поляризационные МРЛ, матрица рассеяния, параметры среды, функциональная структура, электромагнитная волна.

Анотація. У статті проведено аналіз структурних елементів радіолокаційного метеорологічного каналу, що складається з метеорологічної РЛС, середовища поширення електромагнітної енергії та метеооб'єкта. Показано перевагу радіолокаційного метеорологічного поляриметра з точки зору інформативності поляризаційних параметрів при отриманні дистанційної радіолокаційної інформації про метеооб'єкт. Розглянута метеорологічна радіолокаційна система в комплексі з метеооб'єктом і середовищем поширення електромагнітної хвилі, які і утворюють радіолокаційний канал дистанційного отримання радіометеорологічної інформації. Представлена морфологічна та функціональна структура метеорологічного радіолокаційного каналу. Визначено алгоритм вимірювання коефіцієнтів матриці розсіяння метеооб'єкта для двоканального метеорологічного радіолокаційного поляриметра. Наведена структура формування електромагнітної хвилі заданої поляризації на випромінювання.

Представлений взаємозв'язок складових радіолокаційного каналу у вигляді матриць, що характеризують поляризаційні параметри електромагнітної хвилі на випромінювання і прийом, матриці

Корбан В.Х., Корбан Д.В., Дегтярёва Л.Н., Войтюшенко В.И.

89

розсіювання метеооб'єкта і матриці, що характеризують середовище поширення радіолокаційного сигналу.

Ключові слова: поляризація, поляризаційні МРЛ, матриця розсіювання, параметри середовища, функціональна структура, електромагнітна хвиля.

Abstract. The article analyzes the structural elements of the weather radar channel, consisting of meteorological radar, the propagation medium of electromagnetic energy and meteorological object. The advantage of meteorological radar polarimeter from the point of view of informativeness of polarization parameters in obtaining remote radar information about meteorological object. Considered meteorological radar system in combination with metaobjects and the medium of propagation of electromagnetic waves, which form a channel radar remote receiving radar meteorological information. Morphological and functional structure of the meteorological radar channel. The algorithm of measurement of the coefficients of the scattering matrix of metaObject for dual weather radar polarimeter. The structure of the formation of an electromagnetic wave with a given polarization to the radiation.

Presents the relationship of the components of the radar channel in the form of matrices characterizing the polarization of the electromagnetic wave on the emission and reception of the scattering matrix of metaObject and matrix characterizing the propagation environment of the radar signal.

Key words: polarization, polarization WR (weather radar), the scattering matrix, the environment parameters, functional structure, the electromagnetic wave.

Развитие метеорологической радиолокационной техники, как информационно измерительных систем получения дистанционной информации о метеообъекте в процессе его развития, предусматривает увеличение ее функциональных возможностей, повышение качества радиометеорологической информации за счет использования наиболее информативных параметров электромагнитной волны. Современные метеорологические радиолокаторы являются сложными информационными системами, у которых взаимодействие между подсистемами происходит на семантическом уровне. При решении задачи обнаружения метеообъекта, его распознавания и измерения радиолокационных характеристик, радиолокационная метеорологическая дистанционная система нуждается в априорной информации не только о метеообъекте, но и о среде распространения радиолокационного сигнала, которая влияет на его параметры.

Исходя из этого, метеорологическую радиолокационную систему, необходимо рассматривать в комплексе с метеообъектом и средой, которые и образуют радиолокационный канал дистанционного получения радиометеорологической информации.

К настоящему времени разработаны и функционируют различные типы национальных метеорологических радиолокаторов, а история их развития изложена в работах [1,2,3]. В зарубежных разработках основное внимание развитию метеорологических радиолокаторов уделяется обеспечению доплеровского режима с автоматизированной обработкой радиометеорологической информации [3,4,5,6]. Разработаны компьютерные программы управления работой автоматизированных МРЛ, интерпретации и представления доплеровской информации о метеообъекте. Для некогерентных амплитудных метеорадиолокаторов разработаны log-фильтры, являющиеся рекурсивными фильтрами верхних частот третьего порядка Чебышева мощностью 30 или 40 дБ, работающими непосредственно с аналого-цифровыми выборками на линеаризованном логарифмическом канале [3].

Реализация поляризационных методов достигнута на многопараметрическом метеорадиолокаторе S – Pol, разработанном в США [7] и метеорадиолокаторах NCAP CP – 2, POLDIRAD, разработанных в Европе [8,9]. Однако разработанные многопараметрические метеорологические радиолокаторы позволяют только синхронно измерять удельную дифференциальную фазу, K_{DR} , град/км, дифференциальную отражаемость Z_{DR} , дБZ и отражаемость на горизонтальной поляризации Z , дБZ, т.е. они по сути являются теми же амплитудными метеорадиолокаторами.

Использование параметров поляризации, таких как энергетические параметры Стокса, матриц Джонса и Мюллера, степени поляризации, геометрических параметров эллипса

поляризации в разработанных зарубежных метеорадиолокаторах не реализовано, что существенно снижает их информативность.

В приведенных публикациях также не рассматривается радиолокационный канал, который и является разновидностью информационного канала. В публикациях по теории связи под каналом понимается элемент информационной системы “направляющий воздействие подсистем” [10]. Такое понимание канала восходит и от К. Шеннона [11], а в [12] указывается, что структурно канал связи это то, что в системе связи находится между кодером источника информации и декодером адресата.

Определение радиолокационного канала существенным образом отличается от приведенных в [10,11,12] определений. Радиолокационный канал несет в себе информацию о метеообъекте, среде распространения радиолокационного сигнала, метеорологическом радиолокаторе, соединенном с потребителем радиометеорологической информации. Поэтому возникает необходимость в анализе принципа построения радиолокационного канала и процесса его развития, что и является **целью данной статьи**.

Будем представлять метеорологический объект, с которым связаны опасные явления погоды, в виде матрицы, который преобразует поляризацию зондирующего сигнала. Поляризацию электромагнитной волны рассматриваем как важнейший источник информации о метеообъекте, а метеорологическую РЛС как часть радиолокационного канала, которая извлекает из внешней среды необходимую информацию.

Поэтому функционирование и совершенствование метеорологических радиолокаторов можно рассматривать только в составе радиолокационного канала, в который входят МРЛС, внешняя среда, метеообъект, потребитель радиометеорологической информации и радиолокационные характеристики метеообъекта. В радиолокационном канале состояние метеообъекта и среды функционально связаны.

Метеорологическая РЛС в составе радиолокационного канала решает все возложенные на нее задачи по обнаружению и распознаванию облаков и связанных с ними опасных явлений погоды, измерению их кинематических параметров и формированию радиолокационного изображения на индикаторах ИКО и ИДВ или цветном дисплее компьютера. Информация же о метеообъекте и внешней среде содержится в параметрах радиолокационного сигнала (амплитудных, фазовых, частотных, поляризационных), в зависимости от типа используемой метеорологической РЛС.

На наш взгляд, наиболее перспективными метеорадиолокаторами будут радиолокационные метеорологические поляриметры, в которых информативным параметром является поляризация электромагнитной волны, так как она включает амплитуду, частоту и фазу электромагнитной волны.

Для метеорологической РЛС любого из приведенных типов основной информационный поток является сквозным – от входа к выходу и формируется внешней средой и метеообъектом, поэтому сложность построения и функционирования МРЛ делает сложным и радиолокационный канал. Семантический подход должен учитывать анализ информативности радиометеорологической информации на выходе МРЛ, а прагматический – оценку ее полезности, ценности, оперативности и быстрого использования для прогноза возникновения чрезвычайных ситуаций, связанных с развитием кучево–дождевых облаков.

Радиолокационные эхо–сигналы, несущие радиометеорологическую информацию о метеообъекте и среде, обуславливают сложность построения МРЛ и в целом радиолокационного канала с учетом сложности протекающих физических процессов в метеообъекте (облаках и осадках). Сложность системы радиолокационных сигналов и семантику целесообразно связать с представленным тезаурусом радиометеорологического комплекса [13]. Применительно к МРЛ тезаурус образует сведения о радиолокационных характеристиках метеообъекта и параметрах МРЛ. Система радиолокационных сигналов метеорологической РЛС как на излучение, так и на прием имеет определенное количество своих синтаксических характеристик, которые базируются на временных, пространственных и

поляризационных параметрах, соответствующим их пространственной, временной и поляризационной структурам. Тогда по аналогии с [13], морфологическую структуру радиолокационного метеорологического канала можно представить в виде (рис.1):

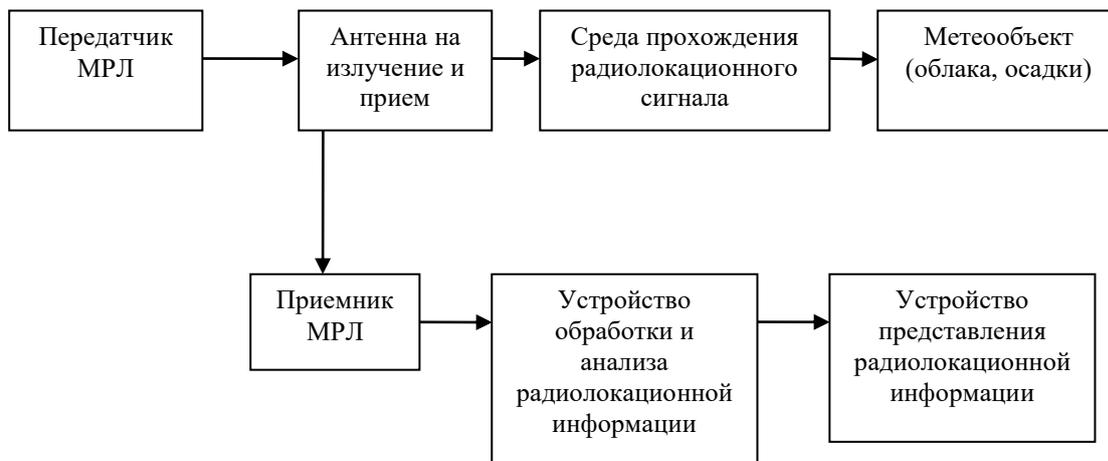


Рисунок 1 – Морфологическая структура радиолокационного метеорологического канала

Функциональная структура радиолокационного метеорологического канала, которая отображает семантику его взаимодействия с внешней средой имеет вид (рис. 2):

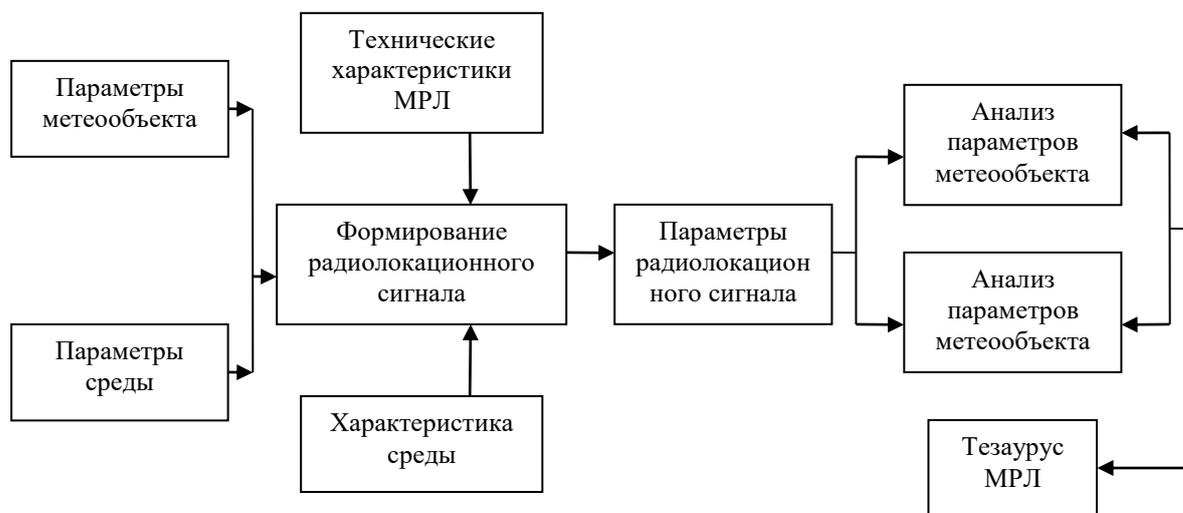


Рисунок 2 – Функциональная структура радиолокационного метеорологического канала

Режимы работы МРЛ реализуются в радиолокационном канале на основе радиометеорологической информации, ее целостностью, структурой и определенной организацией.

Радиолокационное наблюдение метеобъектов основано на рассеянии электромагнитной энергии, излучаемой антенной МРЛ, на частицах облаков и осадков, имеющих различную форму, размеры, ориентацию и фазовое состояние. Так как характеристики метеорологической РЛС известны заранее, то для определения эхо-сигнала метеобъекта необходимо использовать его матрицу рассеяния, которую МРЛ до конца не знает. Однако разные матрицы рассеяния позволяют МРЛ правильно измерять параметры

метеобъекта в условиях внешних помех. Для поляризационной двухканальной МРЛ, использующей в качестве информативных параметров радиолокационного сигнала параметры Стокса, матрица рассеяния метеобъекта запишется в виде:

$$[M] = \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \sigma_{13} & \sigma_{14} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} & \sigma_{23} & \sigma_{24} \\ \sigma_{31} & \sigma_{32} & \sigma_{33} & \sigma_{34} \\ \sigma_{41} & \sigma_{42} & \sigma_{43} & \sigma_{44} \end{bmatrix}. \quad (1)$$

Коэффициентами матрицы (1) являются эффективные площади рассеяния метеобъекта при его облучении электромагнитными волнами четырех фиксированных поляризаций. Эффективная площадь рассеяния метеобъекта не зависит от интенсивности излучаемой антенной МРЛ электромагнитной волны и от расстояния между метеобъектом и МРЛ. Обозначим плотность потока мощности излучаемой электромагнитной волны в месте расположения метеобъекта через $\dot{I}_{\text{вс}}^{\text{вс}}$, а плотность потока мощности отраженной волны от метеобъекта на входе антенны МРЛ через $\dot{I}_{\text{ю}}$, R – расстояние от МРЛС до метеобъекта.

Эффективные площади рассеяния (ЭПР) электромагнитной энергии метеобъектом при его облучении неполяризованной волной, волной линейной вертикальной поляризации, волной линейной поляризации с наклоном электрического вектора под 45° и волновой круговой поляризации определяются следующим образом:

$$[M] = \begin{bmatrix} 4\pi R^2 \frac{\dot{I}_{1i\delta}}{\dot{I}_{1\text{вс}}^{\text{вс}}} & 4\pi R^2 \frac{\dot{I}_{5i\delta}}{\dot{I}_{1\text{вс}}^{\text{вс}}} - \sigma_{11} & 4\pi R^2 \frac{\dot{I}_{9i\delta}}{\dot{I}_{1\text{вс}}^{\text{вс}}} - \sigma_{11} & 4\pi R^2 \frac{\dot{I}_{13i\delta}}{\dot{I}_{1\text{вс}}^{\text{вс}}} - \sigma_{11} \\ 4\pi R^2 \frac{\dot{I}_{2i\delta}}{\dot{I}_{1\text{вс}}^{\text{вс}}} & 4\pi R^2 \frac{\dot{I}_{6i\delta}}{\dot{I}_{1\text{вс}}^{\text{вс}}} - \sigma_{21} & 4\pi R^2 \frac{\dot{I}_{10i\delta}}{\dot{I}_{1\text{вс}}^{\text{вс}}} - \sigma_{21} & 4\pi R^2 \frac{\dot{I}_{14i\delta}}{\dot{I}_{1\text{вс}}^{\text{вс}}} - \sigma_{21} \\ 4\pi R^2 \frac{\dot{I}_{3i\delta}}{\dot{I}_{1\text{вс}}^{\text{вс}}} & 4\pi R^2 \frac{\dot{I}_{7i\delta}}{\dot{I}_{1\text{вс}}^{\text{вс}}} - \sigma_{31} & 4\pi R^2 \frac{\dot{I}_{11i\delta}}{\dot{I}_{1\text{вс}}^{\text{вс}}} - \sigma_{31} & 4\pi R^2 \frac{\dot{I}_{15i\delta}}{\dot{I}_{1\text{вс}}^{\text{вс}}} - \sigma_{31} \\ 4\pi R^2 \frac{\dot{I}_{4i\delta}}{\dot{I}_{1\text{вс}}^{\text{вс}}} & 4\pi R^2 \frac{\dot{I}_{8i\delta}}{\dot{I}_{1\text{вс}}^{\text{вс}}} - \sigma_{41} & 4\pi R^2 \frac{\dot{I}_{12i\delta}}{\dot{I}_{1\text{вс}}^{\text{вс}}} - \sigma_{41} & 4\pi R^2 \frac{\dot{I}_{16i\delta}}{\dot{I}_{1\text{вс}}^{\text{вс}}} - \sigma_{41} \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Таким образом, в результате последовательного облучения метеобъекта по заданной программе электромагнитными волнами четырех фиксированных поляризаций определяются все коэффициенты матрицы рассеяния метеобъекта. Каждый класс метеобъектов характеризуется своими значениями коэффициентов матрицы (1), которые и используются для их идентификации и распознавания.

Если используется одноканальная метеорологическая поляризационная МРЛ с переключением поляризации электромагнитной волны на излучение, то матрица рассеяния метеобъекта запишется в виде:

$$[S] = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{bmatrix}. \quad (3)$$

Матрица (3) называется матрицей Джонса, а ее коэффициенты определяются следующим образом:

$$\begin{aligned}
 [S_{11}] &= \left[\begin{array}{c} E_{\hat{i}\hat{o}\hat{\delta}} x \\ E_{\hat{e}\hat{\zeta}\hat{e}} x \end{array} \right]_{E_{\hat{e}\hat{\zeta}\hat{e}} y=0}, & [S_{12}] &= \left[\begin{array}{c} E_{\hat{i}\hat{o}\hat{\delta}} x \\ E_{\hat{e}\hat{\zeta}\hat{e}} y \end{array} \right]_{E_{\hat{e}\hat{\zeta}\hat{e}} x=0}, \\
 [S_{21}] &= \left[\begin{array}{c} E_{\hat{i}\hat{o}\hat{\delta}} y \\ E_{\hat{e}\hat{\zeta}\hat{e}} x \end{array} \right]_{E_{\hat{e}\hat{\zeta}\hat{e}} y=0}, & [S_{22}] &= \left[\begin{array}{c} E_{\hat{i}\hat{o}\hat{\delta}} y \\ E_{\hat{e}\hat{\zeta}\hat{e}} y \end{array} \right]_{E_{\hat{e}\hat{\zeta}\hat{e}} x=0}.
 \end{aligned} \quad (4)$$

С учетом вертикально и горизонтально поляризованных компонент электромагнитной волны и расстояния до метеообъекта, а также известной зависимости между ЭПР и плотностью потока мощности электромагнитной волны на излучение \ddot{I}_1 и прием \ddot{I}_2 коэффициенты матрицы Джонса рассчитываются следующим образом:

$$\begin{aligned}
 S_{11} = \sigma_{11} &= 4\pi R^2 \frac{\ddot{I}_{2x}}{\ddot{I}_{1x}}, & S_{12} = \sigma_{12} &= 4\pi R^2 \frac{\ddot{I}_{2x}}{\ddot{I}_{1y}}, \\
 S_{21} = \sigma_{21} &= 4\pi R^2 \frac{\ddot{I}_{2y}}{\ddot{I}_{1x}}, & S_{22} = \sigma_{22} &= 4\pi R^2 \frac{\ddot{I}_{2y}}{\ddot{I}_{1y}}.
 \end{aligned} \quad (5)$$

Функциональная схема радиолокационной поляриметрической МРЛ, реализуемая измерение коэффициентов матрицы Джонса, представлена на рис. 3:

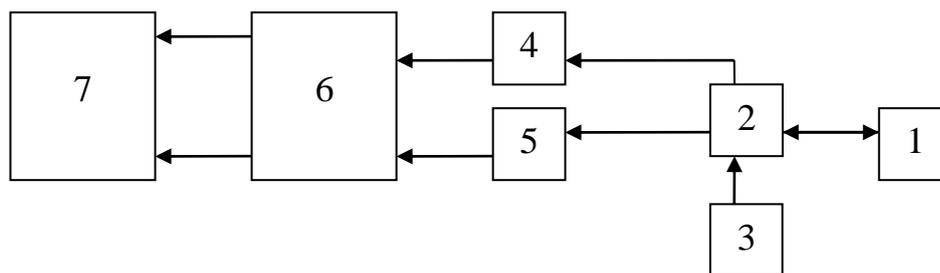


Рисунок 3 – Функциональная структура поляризационной МРЛ, реализующая измерение коэффициентов матрицы Джонса:

- 1 – антенна;
- 2 – поляризационный селективный переключатель поляризации;
- 3 – передатчик;
- 4 – приемник канала x ;
- 5 – приемник канала y ;
- 6 – устройство измерения коэффициентов матрицы Джонса;
- 7 – индикаторы ИКО-ИДВ.

Коэффициенты матрицы Джонса описывают влияние метеообъекта на облучаемую объект волну.

Применительно к радиолокационному каналу между МРЛ и метеообъектом при радиолокационном наблюдении существует излученное и рассеянное электромагнитное поле. Излученное поле сформировано антенной МРЛ, а рассеянное – токами, возбуждаемыми в каждой частице метеообъекта в некотором конечном объеме атмосферы излучаемым полем. Характеристики рассеянного поля определяют метеообъект. Поляризационное состояние рассеянной метеообъектом электромагнитной волны характеризуется параметрами поляризационного эллипса, которые легко измеряются на выходе двухканального приемника поляризационной МРЛ.

Поляризационная селекция эхо-сигналов метеообъекта основана на ортогональности двух составляющих электромагнитной волны, поступающей на два приемника (ортогональный базис).

В ортогональном базисе необходимо сформировать на излучение электромагнитную волну определенной поляризации (неполяризованную, эллиптическую, круговую и линейную) с помощью устройства, функциональная структура которого приведена на рис. 4:

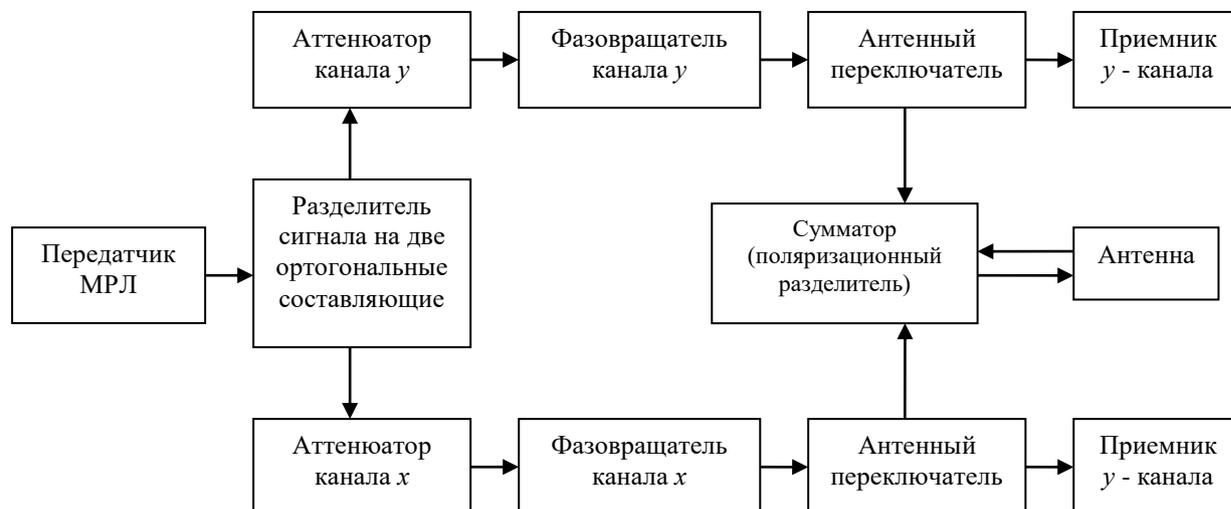


Рисунок 4 – Функциональная структура формирования электромагнитной волны заданной поляризации на излучение

С целью уменьшения паразитной поляризации в антенной системе целесообразно использовать облучатель, одинаково воспринимающий сигналы в любой плоскости поляризации.

Всеполяризованная антенна с облучателем в виде металлической сферы, в которой по экватору расположены четыре открытых конца прямоугольных волноводов, помещенным в фокусе параболоида вращения, разработана авторами статьи и опубликована в [15]. Антенна поляризационной МРЛ совместно с устройством формирования электромагнитной волны определенной поляризации на излучение осуществляет управление амплитудой и фазой волны на входе передатчика, а на выходе антенны и поляризацией излучаемых волн. На приеме эхо – сигналов антенна поляризационной МРЛ связана с вычислительным устройством, в котором вычисляются поляризационные параметры Стокса эхо-сигналов метеообъектов.

Антенна поляризационной МРЛ взаимодействуют с каналом распространения электромагнитной волны через свою апертуру, состоящую из элементов преобразования пространственно–временных и поляризационных параметров эхо–сигналов метеообъекта, которые определяют алгоритм их обработки.

Поляризационные характеристики антенн и принцип построения антенно–фидерного тракта радиолокационных поляриметров рассмотрены в монографии Д.П. Канарейкина, В.А. Потехина, И Ф. Шишкина [13] и в монографии Д.Б. Канарейкина, М.Ф. Павлова, В.А. Потехина [14].

При поляриметрических измерениях различие между ортогональными составляющими \hat{A}_σ и \hat{A}_δ в антенне поляриметра учитывается матрицей ошибок, т.е.

$$F = \begin{bmatrix} \lambda_1 & \lambda_2 e^{-j(\hat{\sigma}_\delta + \hat{\sigma}_\sigma)} \\ \lambda_2 e^{-j(\hat{\sigma}_\delta + \hat{\sigma}_\sigma)} & \lambda_1 \end{bmatrix}. \quad (6)$$

Тогда различие между ортогональными составляющими в антенне записывается в виде:

$$\dot{A}_{\text{e}\zeta\text{e}}(t) = F E_{\text{e}\zeta\text{e}}(t). \quad (7)$$

Формулу (7) можно написать в виде:

$$\dot{A}_{\text{e}\zeta\text{e}}(t) = \lambda_1 \dot{A}_{\text{e}\zeta\text{e}\delta}(t) + \lambda_2 \dot{A}_{\text{e}\zeta\text{e}\delta}(t), \quad (8)$$

где λ_1 и λ_2 – собственные числа матрицы (6) являются вещественными, а алгоритм их нахождения изложен в [2].

При использовании параметров Стокса на излучение и прием взаимосвязь составляющих радиолокационного канала можно представить в следующем виде:

$$\begin{bmatrix} I_{\text{i}\delta} \\ Q_{\text{i}\delta} \\ U_{\text{i}\delta} \\ V_{\text{i}\delta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \sigma_{13} & \sigma_{14} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} & \sigma_{23} & \sigma_{24} \\ \sigma_{31} & \sigma_{32} & \sigma_{33} & \sigma_{34} \\ \sigma_{41} & \sigma_{42} & \sigma_{43} & \sigma_{44} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_{\text{e}\zeta\text{e}} \\ Q_{\text{e}\zeta\text{e}} \\ U_{\text{e}\zeta\text{e}} \\ V_{\text{e}\zeta\text{e}} \end{bmatrix} \cdot \dot{A}(r, t), \quad (9)$$

где $\dot{A}(r, t)$ – матрица состояния среды распространения электромагнитной волны до метеобъекта и обратно до антенны поляризационной МРЛ, которая в соответствии с [3] записывается в виде:

$$\dot{A}(r, t) = \begin{bmatrix} \varepsilon_{11} & \varepsilon_{12} & \varepsilon_{13} & 0 & 0 & 0 \\ \varepsilon_{21} & \varepsilon_{22} & \varepsilon_{23} & 0 & 0 & 0 \\ \varepsilon_{31} & \varepsilon_{32} & \varepsilon_{33} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \mu_{11} & \mu_{12} & \mu_{13} \\ 0 & 0 & 0 & \mu_{21} & \mu_{22} & \mu_{23} \\ 0 & 0 & 0 & \mu_{31} & \mu_{32} & \mu_{33} \end{bmatrix}, \quad (10)$$

где ε_{mn} и μ_{mn} – диэлектрическая и магнитная проницаемости среды распространения электромагнитной энергии.

В (10) предполагается медленное изменение параметров среды, зависящих от изменения метеопараметров, по сравнению со скоростью изменения характеристик электромагнитного поля.

Таким образом, выполненный в статье анализ структуры построения метеорологического радиолокационного канала получения радиометеорологической информации показал, что радиолокационный метеорологический канал содержит поляризационную метеорологическую РЛС, среду распространения радиосигнала от антенны МРЛ до метеобъекта и от метеобъекта до антенны МРЛ и метеобъекта, состоящего из облаков и связанных с ними опасных явлений погоды. Установлена взаимосвязь между излучаемой и принимаемой электромагнитной волны заданными параметрами Стокса, характеризующими функциональные особенности поляризационной МРЛ, рассеивающими свойствами метеобъекта и параметрами среды распространения электромагнитной энергии. Показано, что наиболее перспективными радиолокационными метеорологическими станциями могут являться поляризационные.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Шевела Г. Ф. Создание метеорологических радиолокационных станций и автоматизированных средств обработки метеоинформации / Г.Ф. Шевела // Труды Всероссийского симпозиума [«Радиолокационное исследование природных сред»]. – Санкт-Петербург, 1998. – Вип. 1. – С. 148-153.
2. Брылев Г. Б. Вопросы истории развития отечественной метеорологической радиолокации / Г.Б. Брылев // Труды Всесоюзного симпозиума [«Радиолокационное исследование природных сред»]. – Санкт-Петербург, 1998. – Вип. 1. – С. 154-164.
3. Метеорологические автоматизированные радиолокационные сети. Институт радарной метеорологии. Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 2002. – С.313.
4. Enterprise Electronics Corporation, USA. Weather radar solutions for today and tomorrow. A tech. – sys. company. Prospects, 1999.
5. Gematronic GmbH, Germany, «2 1st century weather monitoring» «Meteor 500 C Doppler weather radar», Prospects, – 1999. – 35.
6. Serafin R.J., Wilston J.W. «Operational weather radar in the US: progress and opportunity»: COST 75, - 1999. – 35-61.
7. Keeler R.J. Data quality enhancements for on open system Nexrad. – COST 75, – 1999. – 124-135.
8. Hagen M., Hacker S. , Meischner P. Estimation of rainfall rate from measuriments of polarimetric radar parameters by the C-band multiparameter radar POLDJRAD. – COST 75. – 1999. – 710-716.
9. Scarchilli G., Gorgucci E., Chandrasekar V. Applications of selfconsistency prin cipl to multiprsrment radar mesurements in rainfall. – COST 75. – 1999. – 786-795.
10. Сетров М.И. Информационные процессы в биологических системах / Сетров М.И. – Л.:Наука, 1975. – С. 134.
11. Шенон К. Работы по теории информации и кибернетики / Шенон К. – М.: Иностранная литература, 1963. – С. 75.
12. Поляризация сигналов в сложных тарнспортных радиоэлектронных комплексах; под ред. вице-президентов Академии транспорта А.И. Козлова и В.А. Сарычева. – Санкт-Петербург : Издательство «Хронограф», 1994. – С. 460.
13. Канарейкин Д.П. Морская поляриметрия / Канарейкин Д.П., Потехин В.А., Шишкин И.Ф. – Ленинград: Издательство «Судостроение», 1968. – 327 с.
14. Канарейкин Д.Б. Поляризация радиолокационных сигналов / Канарейкин Д.Б., Павлов М.Ф., Потехин В.А. – М.: Издательство «Советское радио», 1966. – 440 с.
15. Корбан В.Х. Двухкомпонентная антенна эллиптической поляризации доплеровской МРЛ / В.Х. Корбан, Г.М. Нагорневич, Д.В. Корбан, Л.Н. Дегтярева // Украинский Гидрометеорологический. – 2010. – № 11.

REFERENCES:

1. Shevela G.F. "Creation weather radar and automated processing of meteorological information". *Proceedings of the All-Russian Symposium "radar studies of natural environments."* № (1) (1998):148-153.
2. Brylev G.B. "Questions history of national weather radar" *Proceedings of the All-Union Symposium "radar studies of natural environments."* № (1) (1998):154-164.
3. "Meteorologicheskie automated radar network" *Institute of Radar Meteorology. Gidrometeoizdat.* (2002):313.
4. Enterprise Electronics Corporation, USA. Weather radar solutions for today and tomorrow. A tech. - Sys. company. Prospects (1999)
5. Gematronic GmbH, Germany, «2 1st century weather monitoring» «Meteor 500 C Doppler weather radar», Prospects. (1999):35.
6. Serafin R.J., Wilston J.W. «Operational weather radar in the US: progress and opportunity»: COST 75. (1999): 35-61.
7. Keeler R.J. Data quality enhancements for on open system Nexrad. - COST 75. (1999): 124-135.
8. Hagen M. Estimation of rainfall rate from measuriments of polarimetric radar parameters by the C-band multiparameter radar POLDJRAD. - COST 75. (1999): 710-716.
9. Scarchilli G. Applications of selfconsistency prin cipl to multiprsrment radar mesurements in rainfall. - COST 75. (1999): 786-795.
10. Setrov M.I. "Information processes in biological systems. – L. "Science". (1975):134.
11. Shenon K. "Works on information theory and cybernetics. " *Foreign Literature* (1963): 75.
12. "Polyarizatsiya signals in complex electronic systems tarnsportnyh. " *Edited by Vice - President of the Academy of Transport AI Kozlov and VA, Sarychev. Publisher "Chronograph".* (1994): 460.
13. Kanareykin D. B. "Marine polarimetry." Publishing house "Shipbuilding". (1968): 327.
14. Kanareykin D. B. "Polarization of radar signals." Publishing house "Soviet radio". (1966): 440.
15. Korban V.H. "Two-component antenna elliptical polarization Doppler IRL". *Hydrometeorological.* №11 (2010):.