

УДК. 319.61.126.

О.А. Войтович

Институт радиопизики и электроники им. А.Я. Усикова НАН Украины, Харьков

## РАДИОФИЗИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ МЕТЕООБЪЕКТОВ

Приведено описание радиофизического комплекса, предназначенного для исследования сигналов, отраженных от метеорообъектов. Основными элементами комплекса являются модернизированный двухчастотный метеорологический радиолокатор с механическим сканированием, аппаратура калибровки приемных устройств и программное обеспечение для персонального компьютера. Управление режимом и скоростью обзора пространства, прием, обработка, отображение и передача информации осуществляется автоматически. Линейный динамический диапазон приемных устройств составляет 48 дБ, а использование цифровой процедуры обработки позволяет измерять мощность принятых сигналов с точностью  $\pm 1$  дБ.

**Ключевые слова:** дистанционное зондирование, метеорологический радиолокатор, метеорообъект, калибровка, автоматическое сканирование.

### Введение

Основной задачей метеорологии со времени появления радиолокации является своевременное получение информации об опасных явлениях в атмосфере, необходимой для обеспечения безопасности людей, безаварийной работы систем связи, коммунальных предприятий, полетов авиации, навигации морских судов, прогноза урожая в сельском хозяйстве [1 – 5] и др. Преимущества дистанционных методов зондирования с целью определения параметров метеорообъектов и прогноза их дальнейшего развития по сравнению с другими (запуск метеозондов, полеты авиации, данные наземных станций наблюдения, использование ИСЗ) очевидны. В первую очередь, это возможность в реальном масштабе времени получать только от одного метеорологического радиолокатора (МРЛ) информацию с территорий в десятки тысяч квадратных километров.

Во многих странах мира (США, Россия, Франция, Германия, Япония и др.) созданы и создаются МРЛ [6 – 9], работающие на двух частотах с управляемой поляризацией. МРЛ объединяются в сети, что позволяет контролировать метеорообстановку и прогнозировать ее развитие на больших территориях. Точность и своевременность такой информации зависит, кроме прочих характеристик, от способов обработки сигналов, режима и скорости обзора пространства. Так, к современным МРЛ предъявляются требования по измерению радиолокационной отражаемости с точностью не хуже  $\pm 1$  дБ. В связи с этим актуальна задача модернизации имеющихся МРЛ переходом к цифровой обработке сигналов.

**Цель настоящей работы:** описание разработанного радиофизического комплекса (РФК) дистанционного зондирования метеорообъектов и его основных возможностей.

### Основной материал

Основными структурными элементами комплекса являются:

- некогерентный двухчастотный радиолокатор МРЛ-1, работающий на длинах волн 32 мм и 8 мм соответственно на вертикальной и горизонтальной поляризациях;

- аппаратура калибровки приемных устройств МРЛ;

- блок механического управления положением антенны;

- аппаратура обработки, отображения, записи и передачи информации с персональным компьютером (ПК).

Структурная схема основных узлов МРЛ изображена на рис. 1. Здесь же показаны и дополнительные устройства, введенные в его состав [10] с целью улучшения информационных возможностей.

Приемо-передающее устройство состоит из двух идентичных каналов (32 мм и 8 мм), которые используют общую зеркальную антенну диаметром 3 метра, в фокусе которой размещены два рупорных облучателя с совмещенными фазовыми центрами. Для развязки каналов по частоте установлен дуплексер (ДП), который конструктивно совмещен с облучателями антенны и через вращающееся сочленение (ВС) волноводов подключен к встроенному измерителю проходящей мощности (ИМ) магнетронного генератора (МГ). Для совместной работы приемника и передатчика на общую антенну используются ферритовый циркулятор (ФЦ) и газовый разрядник (Р), который активизируется поджигающим импульсом (ПИ). К выходу разрядника подключен направленный ответвитель НО<sub>1</sub>, через боковое плечо которого вводится эталонный сигнал с выхода аппаратуры калибровки (АК).

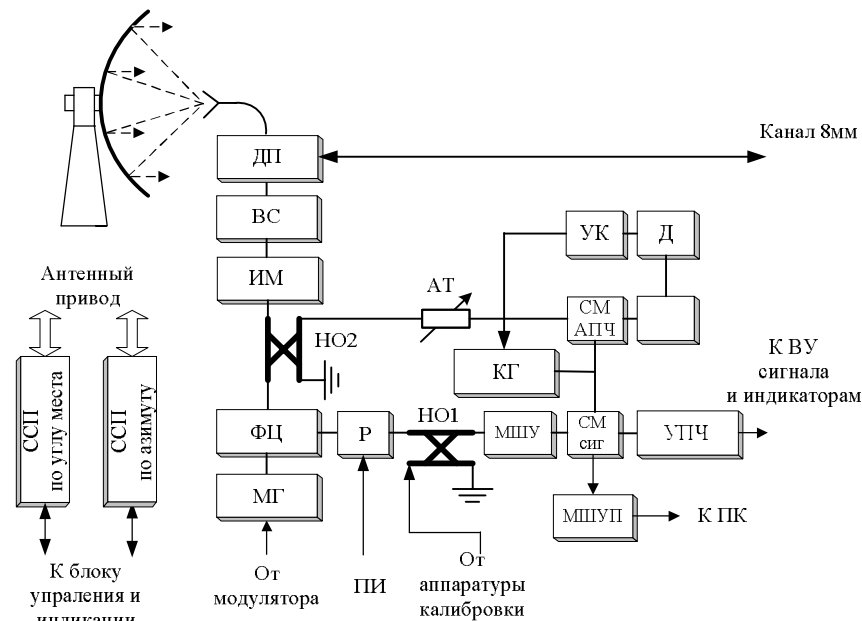


Рис. 1. Структурная схема МРЛ

С прямого плеча принятый сигнал подается на полупроводниковый малошумящий усилитель (МШУ). Сигналы с выхода УПЧ канала АПЧ подаются на дискриминатор (Д), выход которого определяет режим работы управляющего каскада (УК) для контроля частоты клистронного генератора (КГ). При этом УПЧ сигнала может работать в линейном или логарифмическом режимах, а УПЧ системы АПЧ – только в линейном режиме. Направленный ответвитель НО<sub>2</sub> и аттенюатор (АТ) обеспечивают работу системы автоматической подстройки частоты (АПЧ), а смесители каналов сигнала (СМ сиг) и АПЧ (см АПЧ) питаются от общего гетеродина на базе КГ, частота которого управляется с выхода канала АПЧ. Сигналы с выхода усилителя промежуточной частоты (УПЧ) сигнального канала подаются на вход видеоусилителя (ВУ) и используются только для отображения информации на штатных индикаторах МРЛ.

Структура канала 8 мм аналогична.

Для улучшения параметров МРЛ в его составе были заменены некоторые узлы и введены новые:

- после смесителя СМ сиг дополнительно установлен малошумящий полупроводниковый усилитель (МШУП);
- изготовлена и подключена аппаратура калибровки приемных устройств;
- модернизированы синхронно-следящие приводы по азимуту и углу места;
- разработано соответствующее программное обеспечение ПК.

Замена усилителя на ЛБВ на полупроводниковый МШУ позволила значительно уменьшить количество контролируемых в процессе работы станции параметров, снизить зависимость амплитуды запи-

сываемых в ПК параметров сигналов от нестабильности работы аппаратуры и уменьшить уровень собственных шумов приемных устройств.

Необходимость введения в состав аппаратуры дополнительного МШУП вызвана неудовлетворительной работой УПЧ сигнала. При работе УПЧ в линейном режиме динамический диапазон оказывается недостаточным при зондировании осадков, особенно дождей при вертикальном зондировании. При использовании логарифмического режима амплитудная характеристика УПЧ (рис. 2, сплошная линия) имеет участки с переменной крутизной, что приводит к ошибкам при измерении мощности принятых сигналов. Применение МШУП позволяет избежать неоднозначности (рис. 2, пунктирная линия) при оцифровке принятых сигналов, а низкий уровень собственных шумов – увеличить динамический диапазон приемных устройств обоих каналов на 3 дБ.

На рис. 2 по горизонтальной оси отложены показания поляризационного (рис. 3) аттенюатора (АТИ), а по вертикальной – количество заполненных разрядов 8-разрядного АЦП блока сопряжения с персональным компьютером.

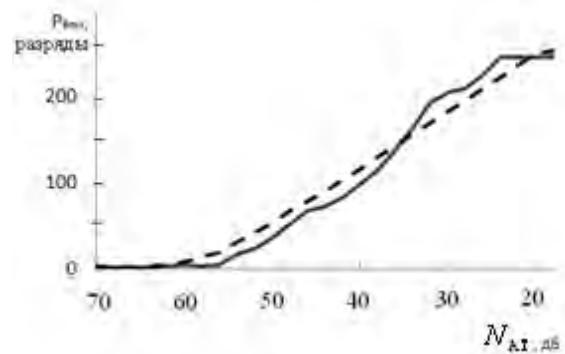


Рис. 2. Амплитудная характеристика МШУ – УПЧ – МШУП

Из уравнения радиолокации для объемно распределенных целей [1 – 3] следует, что измерение радиолокационной отражаемости требует проведения абсолютных измерений ЭПР, для чего необходимо знать не только излучаемую мощность и параметры антенны, но также и абсолютное значение принятой мощности. Для калибровки энергетического потенциала приемного устройства изготовлена аппаратура калибровки, которая обеспечивает формирование импульсного СВЧ-сигнала эталонной мощности.

Структурная схема аппаратуры калибровки представлена на рис. 3. Непрерывный сигнал вырабатывается высокостабильным КГ и модулируется прямоугольным импульсом с модулятора МОД, который запускается с частотой следования импульсов МРЛ. КГ находится в ванной с маслом для повышения стабильности его работы. Далее сигнал через ферритовый вентиль ФВ<sub>1</sub> подается на волномер резонансного типа для контроля стабильности частоты. С волномера сигнал попадает на волноводный переключатель ВП, к одному из плеч которого подключен термисторный измеритель мощности ИМ<sub>2</sub>. Со второго плеча ВП<sub>1</sub> сигнал через поляризационный измерительный аттенюатор (АТИ) подается через НО<sub>1</sub> на вход МШУ.

Калибровка приемника предполагает измерение входного напряжения АЦП блока сопряжения с ПК  $U_{вх} = A \{U_c\}$  с помощью АТИ в зависимости от уровня сигнала СВЧ  $U_c = \sqrt{P_c} = \sqrt{P_0 N_{АТ}}$  на его входе. Оператор  $A \{U_c\}$  описывает характер амплитудной характеристики,  $P_0$  – мощность КГ на входе измерительного аттенюатора;  $N_{АТ}$  – его показания. С помощью ПК вычисляется обратный оператор  $A^{-1} \{U_{вх}\}$  и строится зависимость  $U_c \{U_{вх}\}$ , которая затем используется при дальнейшей обработке сигналов.

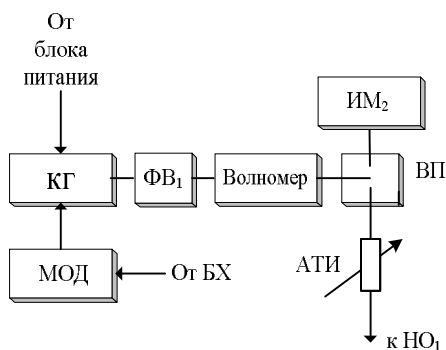


Рис. 3. Структурная схема аппаратуры калибровки

Потери в волноводных трактах измерены. Таким образом, в ПК записывается однозначная оцифрованная зависимость амплитуды сигналов от их

мощности, которая затем используется при расчете мощности реальных принятых сигналов.

Штатные ССП приводы в МРЛ используются только в режиме ручного управления положением антенны. Для обеспечения автоматического сканирования по одной из программ, заложенных в ПК, к датчикам по азимуту и углу места подключены шаговые двигатели. В результате появилась возможность автоматического сканирования по углу места, азимуту или по растру с заданной скоростью и дискретностью по угловым координатам.

Кроме того, в МРЛ уменьшена длительность зондирующего импульс канала 32 мм с 1мс до 0,5 мс, что дало возможность сделать разрешающую способность по дальности одинаковой (75 м) в обоих каналах МРЛ.

Значительные трудности вызвала процедура калибровки антенны, т.е. измерение ее коэффициента усиления МРЛ в связи с большим расстоянием до дальней зоны  $R_d = 2D^2 / \lambda$  ( $D$  – размер антенны), которое в миллиметровом диапазоне радиоволн превышает единицы километров.

В связи с этим, широко используются различные методы измерений в ближней зоне, основанные, в частности, на фокусировке раскрыва. Опубликованные в [11, 12, 15] результаты численного моделирования, полученные в рамках апертурной теории, ограничены значением расстояния между антеннами  $R \geq 0,1R_d$ , что иногда существенно превышает возможности измерительного полигона. Поэтому было проведено численное и экспериментальное моделирование измерения КУ большой антенны на расстояниях, меньших  $R \leq 0,1R_d$ .

Теоретически рассматривались две соосные апертуры, расположенные на расстоянии  $R_0$  (рис. 4), одна из которых –  $S_x$  (большого размера) является исследуемой, а другая –  $S_0$  (меньшего размера) – вспомогательной.

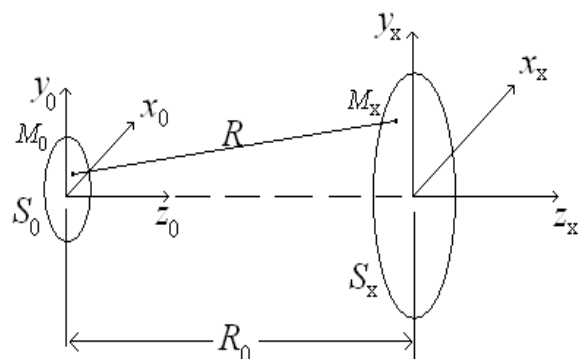


Рис. 4. Передача мощности между двумя антеннами

В рамках апертурной теории коэффициент передачи по мощности между двумя апертурами можно записать в виде [14]:

$$\eta = \frac{P_x}{P_0} = \frac{1}{\lambda^2} \cdot \frac{\left| \int_{S_x} ds_x A_x(s_x) \cdot \int_{S_0} ds_0 A_0(s_0) \frac{e^{jkR}}{R} \right|^2}{\left| \int_{S_x} ds_x A_x(s_x) \right|^2 \cdot \left| \int_{S_0} ds_0 A_0(s_0) \right|^2}, \quad (1)$$

где  $P_x$  – принятая мощность на выходе исследуемой антенны,  $P_0$  – мощность, передаваемая вспомогательной антенной,  $A_x$  и  $A_0$  – амплитудно-фазовое распределение в раскрыве исследуемой и вспомогательной антенн,  $R$  – расстояние между точками  $M_x(s_x)$  и  $M_0(s_0)$  в раскрыве исследуемой и вспомогательной антенн соответственно.

Учитывая выражение для КУ отдельных антенн [14, 15]:

$$G = \frac{4\pi}{\lambda^2} \cdot \frac{\left| \int_{S_A} ds A(s) \right|^2}{\left| \int_{S_A} ds |A(s)|^2 \right|^2} \quad (2)$$

и выражение для коэффициента передачи в дальней зоне между двумя антеннами (формула Фрииса [14]) соотношение (1) можно представить в виде

$$\eta = \eta_0 \gamma = \left( \frac{\lambda}{4\pi R_0} \right)^2 G_x G_0 \gamma, \quad (3)$$

где  $\gamma$  – коэффициент дефокусировки

$$\gamma = R_0 \cdot \frac{\left| \int_{S_x} ds_x A_x(s_x) \cdot \int_{S_0} ds_0 A_0(s_0) \frac{e^{jkR}}{R} \right|^2}{\left| \int_{S_x} ds_x A_x(s_x) \right|^2 \cdot \left| \int_{S_0} ds_0 A_0(s_0) \right|^2}, \quad (4)$$

$$R = R_0 \sqrt{1 + \left( \frac{x - x_0}{R_0} \right)^2 + \left( \frac{y - y_0}{R_0} \right)^2}.$$

Для численного моделирования исследуемая антенна представлялась в виде круглой апертуры радиуса  $r$ , а вспомогательная – прямоугольного рупора, раскрыв которого существенно меньше раскрыва исследуемой антенны. При расчетах сохранялись квадратичные слагаемые множителя в функции Грина свободного пространства (1).

В результате выражение для коэффициента дефокусировки (4) можно записать в виде

$$\gamma = \frac{\left| \int_0^{2\pi} \int_0^1 \int_0^1 \rho d\rho A_x(\rho) \int_{-1}^1 d\bar{x}_0 \int_{-1}^1 d\bar{y}_0 \cos\left(\frac{\pi}{2} \bar{x}_0\right) \frac{e^{j\Delta\Phi}}{1+\Delta R} \right|^2}{\left| \int_0^{2\pi} \int_0^1 \rho d\rho A_x(\rho) \right|^2 \cdot \left| \int_{-1}^1 d\bar{x}_0 \int_{-1}^1 d\bar{y}_0 \cos\left(\frac{\pi}{2} \bar{x}_0\right) \right|^2}. \quad (5)$$

Измерения проводились в два этапа путем сравнения коэффициентов передачи “исследуемая антенна МРЛ – вспомогательная антенна”  $\gamma_x$  и “эта-

лонная антенна – вспомогательная антенна.

На рис. 5 (сплошная линия) приведена зависимость коэффициента дефокусировки от расстояния между параболической антенной диаметром 1000 мм и открытым концом волновода сечением  $23 \times 10$  мм<sup>2</sup>, рассчитанная для длины волны  $\lambda = 32$  мм. Параметр  $\Delta = R/R_d$  характеризует степень близости антенн по сравнению с дальней зоной.

Как видно, коэффициент дефокусировки уменьшается при сближении антенн, а на расстояниях  $\Delta < 0,1$  наблюдаются осцилляции, что обусловлено вкладом зон Френеля высших порядков. Фазовая ошибка поля вспомогательной антенны на краю раскрыва исследуемой антенны определяется выражением  $\Delta\phi = 2\pi\Delta R/\lambda$ , где  $\Delta R$  – разность хода между центральным и периферийным лучами  $\Delta R = R - R_0 \cong D^2/8R_0$ . Значение параметра  $\Delta$ , который соответствует  $m$ -й зоне Френеля, можно представить в виде  $\Delta = (8m)^{-1}$ , а минимумы на рис. 5 соответствуют расстоянию, когда в раскрыве исследуемой антенны появляются противофазные участки падающего поля, максимальный вклад которых соответствует четному количеству зон Френеля.

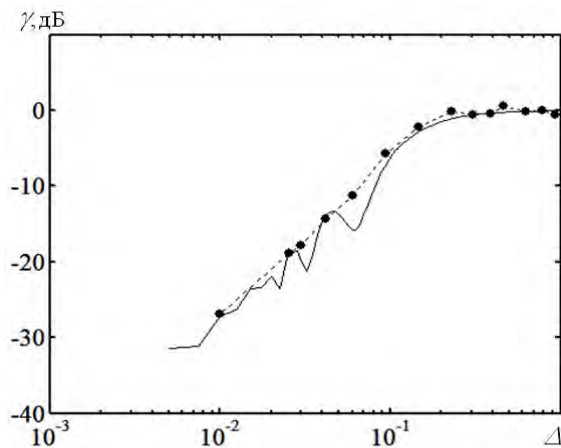


Рис. 5. Сравнение расчетной и измеренной зависимости коэффициента дефокусировки от расстояния

Для подтверждения расчетных данных проведены экспериментальные исследования на той же длине волны с использованием параболической антенны диаметром  $D = 1000$  мм (рис. 6, а), и открытого конца волновода сечением  $23 \text{ мм} \times 10 \text{ мм}$  (рис. 6, б).

При измерениях расстояние между антеннами изменялось в диапазоне  $0,005 \leq \Delta \leq 1$ , а методика юстировки положения антенн с помощью лазерного прицела обеспечивала строгое совпадение оптических осей антенн на всей протяженности трассы. Результаты измерений приведены на рис. 5 (пунктирная линия). Как видно, экспериментальные данные хорошо согласуются с результатами расчета

(гладкая кривая) вплоть до самых малых расстояний  $R_0=0,005R_d$ , что говорит о достаточно высокой надежности апертурного метода расчета при столь малых расстояниях между антеннами, когда в раскрыве антенны укладывается несколько зон Френеля  $m \geq 2$  с противофазными участками.

Следует отметить, что проведенные измерения не подтвердили наличие осцилляций коэффициента дефокусировки, что может быть вызвано влиянием сложной геометрией антенного устройства на близких расстояниях. Действительно, при значении параметра  $D \approx 0,01$  вспомогательная антенна находилась на расстоянии всего 20 см от кронштейна для крепления облучателя и самого облучателя. Поэтому нетрудно предположить, что ближние поля, образованные за счет дифракции излучения вспомогательной антенны на элементах конструкции исследуемой антенны, могут существенно исказить данные, полученные в рамках апертурной теории, которая не позволяет описывать дифракционные явления.



Рис. 6. Исследуемая параболическая (а) и вспомогательная антенны (б)

Описанная методика и была использована для измерения КУ параболической антенны МРЛ на длинах волн  $\lambda_1 = 8$  мм и  $\lambda_2 = 32$  мм (расстояние до дальней зоны соответственно 2,2 км и 0,56 км) на расстоянии  $R_0 = 62$  м.

Измерения проводились в два этапа путем сравнения коэффициентов передачи “исследуемая антенна – вспомогательная антенна”  $z_x$  и “эталонная антенна – вспомогательная антенна”  $z_3$ , где в качестве вспомогательной и эталонной антенн использовались рупорные антенны с калиброванным коэффициентом усиления  $G_3$ , для которых условие дальней зоны выполнялось с запасом. Тогда соотношение для коэффициента усиления исследуемой антенны МРЛ в дальней зоне имеет вид

$$G_x = G_3 \frac{\eta_x}{\eta_3} \frac{1}{\gamma} \quad (6)$$

Коэффициент усиления эталонных рупорных излучателей равнялся  $G_3 = 24,9$  дБ и  $G_3 = 5,5$  дБ в диапазонах  $\lambda_1 = 8$  мм и  $\lambda_2 = 32$  мм соответственно, а

коэффициент дефокусировки, рассчитанный с учетом расстояния между антеннами согласно (5), составлял  $\gamma = -18,6$  дБ в диапазоне  $\lambda = 8$  мм и  $\gamma = -5,3$  дБ в диапазоне  $\lambda = 32$  мм (параметр  $D$  равен 0,028 и 0,11 соответственно). В результате КУ антенны МРЛ для дальней зоны составляет 45 дБ в диапазоне 32 мм (паспортное значение 46 дБ), а в диапазоне 8 мм - 59,1 дБ (паспортное значение – не менее 57,8 дБ). Как видно, отличие измеренного усиления антенны в дальней зоне с помощью описанной методики от паспортных данных не превышает 1 дБ.

### Программное обеспечение

Программное обеспечение включает ряд взаимосвязанных программ и позволяет:

- управлять положением антенны МРЛ путем механического сканирования со скоростью от 1 до 6 град/с по углу места от 0 до 90 градусов, по азимуту от 0 до 360 градусов или по растру при заданных крайних положениях секторов по углу места и азимуту с отображением процесса сканирования на экране ПК (рис. 7);

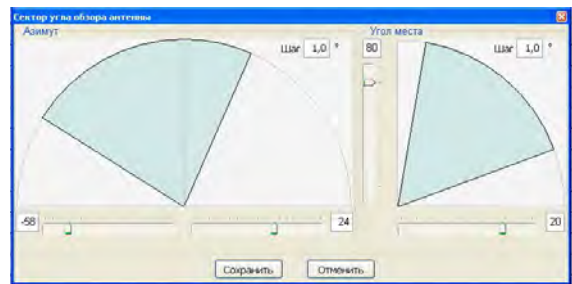


Рис. 7. Управление положением антенны

- в реальном масштабе времени отображать получаемую в процессе сканирования информацию о радиолокационной отражаемости метеорообъектов (на рис. 8 изображен экран монитора ПК при сканировании антенны по углу места).

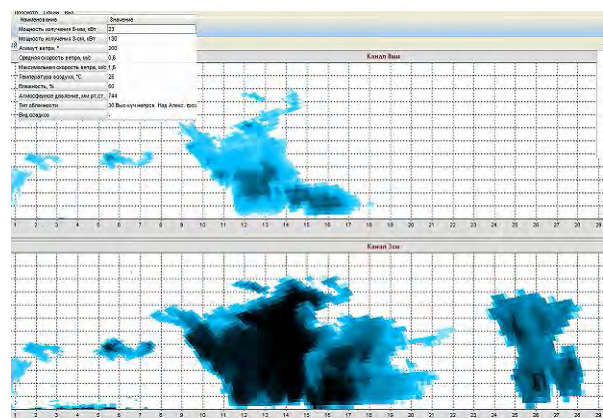


Рис. 8. Радиолокационная отражаемость облака

Радиолокационная отражаемость пропорциональна цветовой насыщенности и записывается в



координатах «высота-дальность». Одновременно по каналам 32 мм (от 0 до 37 км) и 8 мм (от 0 до 18,5 км) записывается амплитуда 512 отраженных от каждой ячейки дальности импульсов. Начальная дальность записи информации задается оператором;

– проводить обработку записанных сигналов во временной и частотной области и выводить результаты в виде графиков, таблиц или другом удобном виде.

## Выводы

Таким образом, описанный радиофизический комплекс дает возможность:

– автоматически управлять направлением главного максимума диаграммы направленности антенны МРЛ;

– осуществлять механическое сканирование антенной с нужной скоростью по углу места, азимуту или по растру в пределах заданных углов;

– проводить калибровку приемных устройств, антенно-фидерных трактов, и измерять абсолютные значения амплитуды принятых сигналов;

– в реальном масштабе времени отображать метеорологическую обстановку одновременно по двум частотным каналам;

– проводить временную и частотную обработку принятых сигналов и, при необходимости, ее передачу с выводом и отображением результатов.

## Список литературы

1. Довиак Р. Доплеровские радиолокаторы и метеорологические наблюдения: пер. с англ. / Р. Довиак, Д. Зрнич. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 509 с.
2. Шуляцкий А.Б. Радиолокационное измерение интенсивности и некоторых других характеристики осадков / А.Б. Шуляцкий. – М.: Гидрометеиздат, 1960. – 119 с.
3. Атлас Д. Успехи радарной метеорологии / Д. Атлас. – Л.: Гидрометеиздат, 1967. – 194 с.
4. Горелик А.Г. О взаимосвязи радиолокационной отражаемости и интенсивности дождя / А.Г. Горелик,

С.Ф. Коломиец // Успехи современной радиоэлектроники. – 2006. – №11. – С. 56-68.

5. Сулаквелидзе Г.Л. Измерение интенсивности осадков мультисектором / Г.Л. Сулаквелидзе, Ю.А. Абшадзе // Труды Высокоточного геофизического института. – 1968. – Вып. 11. – С. 198-214.

6. Munchak S. Joseph. Retrieval of Raindrop Size Distribution from Simulated Dual-Frequency Radar Measurements / S. Joseph Munchak // J. Appl. Meteor. and Climatology. – 2008. – 47. – P. 223-239.

7. Meneghini R. Differential frequency Doppler weather radar: Theory and Experiment / R. Meneghini, S.W. Bidwell, R. Rincon, G.M. Heymsfield // Radio Science. – 2003. – 8, No. 3. – P. 1-10.

8. Степаненко В.Д. Радиолокация в метеорологии / В.Д. Степаненко. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 343 с.

9. Jull E.V. The estimation of aerial radiation pattern from limited near-field measurements / E.V. Jull // Proc. Inst. Elec. Engrs (London). – 1963. – V. 110. – P.501-506.

10. Белов Е.Н. Аппаратурно-программный комплекс для исследования отражений от метеообразований / Е.Н. Белов, О.А. Войтович, Т.А. Макулина, Г.А. Руднев, Г.И. Хлопов, С.И. Хоменко // Радиофизика и электроника. – 2009. – Том 15, № 1. – С. 57-63.

11. Bickmore R.W. Fraunhofer pattern measurement in the Fresnel zone / R.W. Bickmore // Can. J. Phys. – 1957. – V. 35. – P. 1299-1308.

12. Hu M.K. Fresnel Region Field Distribution of Circular Aperture Antennas / M.K. Hu // IRE Trans. Antennas and Propagation. – 1960. – V. 8. – P. 344-346.

13. Kay A.F. Near-Field gain of Aperture Antennas / A.F. Kay // IRE Trans. Antennas and Propagation. – 1960. – V. 8. – P. 586-593.

14. Hu M.K. Fresnel Region Fields of Circular Aperture Antennas / M.K. Hu // Journal of Research of the national Bureau of Standards. D. Radio Propagation. – 1961. – V. 65D. – No. 2. – P. 137-147.

15. Кюн Р. Микроволновые антенны / Р. Кюн. – Л.: Судостроение, 1967. – 520 с.

Поступила в редколлегию 30.01.2013

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. О.И. Сухаревский, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

## РАДІОФІЗИЧНИЙ КОМПЛЕКС ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ МЕТЕООБ'ЄКТІВ

О.А.Войтович

Приведено опис радіофізичного комплексу, призначеного для вимірювання параметрів сигналів, відбитих від метеооб'єктів. До складу комплексу входять модернізований двохчастотний метеорологічний радіолокатор з механічним скануванням, апаратура калібрування приймальних пристроїв та програмне забезпечення для персонального комп'ютера. Управління режимом та швидкістю огляду простору, приймання, обробка, відображення та передавання інформації здійснюється автоматично. Лінійний динамічний діапазон приймальних пристроїв складає 48 дБ, а використання цифрової процедури обробки дозволяє вимірювати потужність прийнятих сигналів з точністю  $\pm 1$ дБ.

**Ключові слова:** дистанційне зондування метеорологічний радіолокатор, метеооб'єкт, калібрування, автоматичне сканування.

## RADAR COMPLEX OF REMOTE SENSING OF AQUIFER OBJECTS

O.A. Voytovich

Description of radar complex, intended for research of signals, reflected from aquifer objects is resulted. The basic elements of complex it is been the modernized two frequency meteorological radio-locator with a mechanical scan-out, apparatus of calibration of takers-offs and software for the personal computer. A management, reception, treatment, reflection and passing to information, the mode and speed of space review is carried out automatically. The linear dynamic range of takers-offs makes 48 dB, and the use of digital procedure of treatment allows to measure power of the accepted signals with exactness  $\pm 1$ dB.

**Keywords:** remote sensing, meteorological radio-locator, aquifer object, calibration, automatic scan-out.