

УДК 551.501(470)

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

Д.В. ПИМЕНОВ

Статья представлена доктором технических наук, профессором Нечаевым Е.Е.

Рассматривается становление и перспективы развития отечественных метеорологических станций.

Ключевые слова: радиолокация, авиационная метеорология, метеорологическая станция, МРЛ-5, автоматизированные радиометеорологические комплексы, комплекс «Метеоячейка», ДМРЛ.

Опасные метеорологические явления, такие как сдвиг ветра, низкая облачность и туман, конвективная деятельность, обледенение, атмосферная турбулентность, электрические зоны в слоисто-дождевой облачности и осадках являются факторами, влияющими на безопасность полетов. Для того чтобы избежать попадания в зону опасных метеоявлений, экипажу воздушного судна необходимо иметь сводку о метеоситуации на всем протяжении полета. Для исследования атмосферы с земли и борта самолета широко применяется радиолокация. Радиолокация – это область радиотехники, использующая излучение и отражение электромагнитных волн для обнаружения объектов и получения характеристик путем преобразования отраженного сигнала. Радиолокация основана на свойствах радиоволн распространяться в однородной среде по известным траекториям с постоянной скоростью. Метеорологическая радиолокация основана на физических принципах распространения в атмосфере излучений сантиметрового и миллиметрового диапазонов [1, с.7].

Авиационная метеорология – наука, изучающая метеорологические явления погоды по их влиянию на авиационную технику и полеты, включающая теоретические основы метеорологического обеспечения полетов. Развитие авиационно-метеорологической службы связано с развитием авиации. В 1903 г. осуществлен первый полет на самолете, а в 1910 г. с открытием школы военных летчиков в России возникла необходимость обеспечения полетов данными о погоде. В СССР работы по радиолокации начались в Ленинградском электрофизическом институте в январе 1934 г. под руководством А.А. Чернышева, а 19 февраля этого же года было произведено первое испытание опытной радиолокационной установки. Разработка РЛС проводилась по заказу военных для обнаружения самолетов противника. Для метеорологических целей РЛС начали использоваться с 40–х гг. XX в., когда были созданы новые военные радиолокаторы, использующие для работы радиоволны сантиметрового диапазона. 20 февраля 1941 г. на побережье Великобритании при радиолокационном наблюдении за самолетом с помощью военной РЛС, работавшей на длине волны 10 сантиметров, на расстоянии свыше 11 км была обнаружена зона осадков. В нашей стране военные РЛС для метеорологических целей были впервые использованы в 1943 г. сотрудниками Центральной аэрологической обсерватории (ЦАО) В.В. Костаревым и Г.И. Гольшевым для определения ветра на высотах. В 1944 г. в Главной геофизической обсерватории (ГГО) был создан специальный радиолокатор СОН-2, который был введен в эксплуатацию в 1946 г., и под руководством Е.Т. Рыбакова начались радиовеетровые наблюдения. Это был первый в мире опыт создания импульсного метеорологического радиолокатора.

Практическое применение радиолокационного метода для штормооповещения в Гидрометцентре СССР началось в 1948–1957 гг. Для этих целей использовались модернизированные 3-х сантиметровые самолетные РЛС «Кобальт», приспособленные для проведения наблюдений на земле, а также 10–и сантиметровые радиолокаторы орудийной наводки. Первые систематиче-

ские наблюдения проводились сотрудниками ГГО и ЦАО В.В. Костаревым, Н.Ф. Котовым, П.Н. Николаевым, Н.Ф. Головачем, В.Д. Степаненко и другими. Ими были разработаны первые рекомендации по методике обработки и представлению радиолокационных данных, получены вертикальные разрезы облаков, обнаружен слой таяния (так называемая «яркая линия»), исследованы температуры вершин радиоэха облачности. В 1951 г. в ряде пунктов были организованы систематические радиолокационные наблюдения с целью оперативной выдачи штормовых предупреждений [2, с.95].

Одно из средств получения мгновенной информации о метеообстановке – метеорологическая РЛС (МРЛ). В 1961–1962 гг. была завершена разработка первого отечественного метеорологического радиолокатора МРЛ–1 по заказу руководства войск Военно-воздушных сил. Работы проводились под руководством Г.Ф. Шевелы и С.И. Ваксенбурга. В разработке, испытании и внедрении МРЛ-1 принимали активное участие В.В. Костарев, Е.М. Сальман, В.Д. Степаненко, С.М. Гальперин. Позже были разработаны МРЛ–2 и МРЛ–5; заказчиком которых являлась Гидрометслужба СССР. С помощью МРЛ решаются следующие задачи: обнаружение атмосферных образований; определение границ этих образований, вид гидрометеоров; изменение высоты облачного слоя; распределение облачности по высотам; определение количественных характеристик облачности, интенсивности осадков и градовых очагов в облаках; определение скорости и направления перемещения облачности; прогноз развития атмосферных образований. В МРЛ применяется несколько частотных диапазонов. Для определения границ метеообразований при малой и средней интенсивности осадков применяются волны длиной $\lambda=2-3$ см, а при большой интенсивности – 5 см и более. С учетом опыта эксплуатации используют на практике два диапазона. МРЛ-1 работает в миллиметровом и сантиметровом диапазонах, МРЛ-2 – в сантиметровом, МРЛ-5 – в сантиметровом (3 см) и граничным между сантиметровым и дециметровым диапазонами (10 см). МРЛ-6 – в сантиметровом и дециметровом диапазонах радиоволн.

До распада СССР на всей его территории около 200 МРЛ (МРЛ-1, МРЛ-2, МРЛ-5) работали в режиме штормового оповещения и градозащиты. На начало 2000 г. в России эксплуатировалось 43 радиолокатора, из них 37 в авиапредприятиях (26 МРЛ-5 и 11 МРЛ-2) [2, с.94].

В настоящее время для зондирования атмосферы используется базовая отечественная радиометеорологическая система МРЛ-5, редко МРЛ-2. МРЛ-2 представляет собой метеорологическую импульсную радиолокационную станцию, реализующую одноволновый метод радиометеорологического зондирования атмосферы. Основной реализуемый режим – режим штормоповещения. Метеорологический радиолокатор МРЛ-2 в силу специфики решаемых при одноволновом методе задач имеет ряд особенностей. Так, передатчик станции может работать только на одной длине волны. Чувствительность приемного устройства достаточно высока; используется коррекция сигнала на квадрат расстояния. Для одновременного измерения одинаковых сигналов от метеорологических объектов может применяться система ступенчатого изоэха с клавишным переключателем. Управление антенной реализуется с помощью специального программного устройства. В целях устранения влияния ветровых нагрузок антенна заключена в специальную защитную пластиковую сферу.

МРЛ-5 является двухволновым высокопотенциальным метеорологическим импульсным радиолокатором. МРЛ-5 выпускается в передвижном и стационарном вариантах. Локатор МРЛ-5 может работать как в режиме штормоповещения, так и при обслуживании градозащиты. Используются два отдельных канала, каждый из которых обладает высоким потенциалом; режим штормоповещения может осуществляться на каждом из каналов, а режим обслуживания градозащиты реализуется, главным образом, при совместной работе обоих каналов. Применяется антенная система с параболическим отражателем и двухдиапазонным облучателем, формирующая узкие диаграммы направленности. Такая антенна обеспечивает получение высокой разрешающей способности по угловым координатам и совмещение диаграмм направленности обоих диапазонов с высокой точностью, что обеспечивает соответствующее качество измерения горизонтальных и вертикальных характеристик радиоэха. Прием измеритель-

ных сигналов осуществляется с помощью приемных устройств 1-го и 2-го каналов, каждое из которых обладает высокой чувствительностью и широким динамическим диапазоном входных сигналов. Высокая чувствительность приемных устройств позволяет увеличивать дальность обнаружения метеорологических объектов, а широкий динамический диапазон обеспечивает высокую точность количественных измерений радиоэха. Принятые измерительные сигналы отображаются с помощью универсальной системы индикации, обеспечивающей возможность наблюдения и регистрации радиоэха от метеорологических объектов. При этом, совмещенные индикаторы ИКО/ИДВ (индикатор кругового /вертикального обзора) с широким набором масштабов разверток обеспечивают наблюдения, измерения и регистрацию радиоэха в горизонтальной и вертикальной плоскостях; двулучевой индикатор типа ИА (амплитудный индикатор) позволяет наблюдать изменение радиоэха объектов в зависимости от дальности. Преобразование угловой информации выполняется с помощью аппаратуры, обеспечивающей определение азимута целей, вычисление высоты и горизонтальной дальности, а также сопряжение с устройствами автоматической обработки метеорологической информации. Градовые очаги автоматически выделяются с помощью специальных устройств. Оперативный съем и регистрация даты, времени, номера канала, знака нормы потенциала МРЛ, уровня изоэха, масштаба изображения, азимута и угла возвышения антенны, горизонтальной и наклонной дальности и высоты выбранной метеорологической цели выполняются с помощью специального светового табло [1, с.79].

Процессы получения и обработки радиометеорологической информации являются весьма трудоемкими и при ручном способе реализации не отвечают современным требованиям по точности, пространственному разрешению, оперативности и способам доведения информации до потребителей. Именно поэтому необходима автоматизация процесса получения радиолокационной информации, ее оперативной обработки в требуемом темпе и представления в виде, необходимом для потребителя. Решение этой проблемы потребовало как создания специальной аппаратуры сопряжения МРЛ с компьютером, так и разработки специального математического обеспечения.

В середине 60-х годов XX в. был сделан первый шаг автоматизации радиолокационных метеорологических наблюдений. В результате автоматизации МРЛ удалось повысить оперативность наблюдений и скорость обновления радиолокационной информации, устранить субъективизм ручной обработки радиолокационных данных. Автоматизация наблюдений на МРЛ проводилась на базе отечественных специализированных автоматизированных радиометеорологических комплексов «Метеоячейка» и «АКСОПРИ», которые широко используются и в настоящее время. Обе системы предусматривают оснащение МРЛ-5, специализированными программами управления, обработки, визуализации, архивации и передачи измерений. Предприятием Минрадиопрома в 1981–1985 гг. разработана и успешно испытана унифицированная аппаратура сопряжения метеорологических радиолокаторов МРЛ-5 с ЭВМ. На ее базе создан автоматизированный комплекс сбора, обработки и представления радиолокационной информации (АКСОПРИ), освоено его серийное производство [2, с.95].

Система АКСОПРИ представляет собой комплекс технических и программных средств, обеспечивающих автоматизированное проведение радиолокационных наблюдений и передачу информации потребителям, в том числе и удаленным. АКСОПРИ обеспечивает решение ряда следующих основных задач: получение информации об опасных явлениях погоды, связанных с конвективной облачностью; оперативное измерение характеристик осадков по большим площадям; сверхкраткосрочный прогноз эволюции перемещения полей облачности и осадков; контроль активных воздействий на облачные системы с целью регулирования осадков и подавления града; комплексные исследования атмосферы.

Последняя модификация АКСОПРИ-Г – обеспечивает полную автоматизацию сбора и обработки оперативной информации об опасных явлениях погоды (облачность, осадки, грозы, град, шквал), передачу информации удаленным пользователям в режиме реального времени с интервалом обновления 10 минут и разрешением по площади 2×2 и 4×4 км, выполнение верти-

кальных разрезов облачности по заданным направлениям и горизонтальных сечений облачности по высотам от 1 до 9 км, а также возможность архивировать полученные данные. В настоящее время комплексы АКСОПРИ-Г установлены в городах: Москва, Калуга, Тверь, Нижний Новгород, Уфа, Волгоград, Запорожье, Караганда, Кемерово, Ульяновск, а также используются во многих странах Европы, Южной Америки, Африки, Азии [3, с.67].

Автоматизированный метеорологический радиолокационный комплекс (АМРК) «Метеоячейка» предназначен для получения информации об опасных явлениях погоды, связанных с облаками. Комплекс обеспечивает автоматизированное управление метеорологическим радиолокатором МРЛ-5, сбор, обработку и анализ информации, полученной с помощью управляющего вычислительного комплекса, с отображением ее на цветном мониторе, а также распределение обработанной метеорологической информации удаленным потребителям. С помощью комплекса «Метеоячейка» реализуется решение следующих основных задач:

- проведение наблюдений, обработка и анализ данных МРЛ в режиме конических разрезов пространства обзора для ближней (до 40 км) и дальней (30-300 км) зон, представление обработанной информации в виде горизонтальных и вертикальных сечений пространства обзора. Максимальная высота обзора составляет 16 км, а общее количество декартовых ячеек представления – 1600 (40x40 ячеек). Информация о вертикальном профиле облачности представляется в виде вертикальных сечений для дальней зоны с размером ячеек представления 15x15 км (масштаб 150 км) или 30x30 км (масштаб 300 км), а также для ближней зоны с размером ячеек представления 5x5 км;

- прием и обработка пеленгов грозовых разрядов, принятых грозопеленгатором-дальномером в радиусе 100 и 420 км;

- прием и обработка формализованных сообщений о наблюдаемых опасных явлениях погоды, поступающих от наземных метеорологических станций штормового кольца в зоне обзора МРЛ, вводимых в комплекс по мере их поступления;

- проведение автоматического комплексного анализа радиолокационных характеристик метеорологических объектов на базе моделей классификации и распознавания типов опасных явлений с вероятностью правильного распознавания не ниже 87%;

- отображение метеорологической информации на цветном мониторе с указанием на справочном поле цветовой кодировки, масштаба и режима работы, времени наблюдений и используемых размеров координатной сетки;

- передача обработанной информации в виде специализированных телеграмм по каналам связи.

Второй шаг автоматизации заключается в создании сети МРЛ с выдачей композитных («сшитых», «состыкованных», «мозаичных») карт радиолокационного зондирования на больших территориях. Росгидрометом сформулированы основные требования к многофункциональной метеорологической автоматизированной радиолокационной сети (МАРС). Под многофункциональностью понимается синхронная работа всех сетевых радиолокаторов по единой программе наблюдений, обработке выходной информации для всех потребителей. Информация с любого МРЛ может передаваться на любую специализированную рабочую станцию потребителей, которая является автоматизированным рабочим местом для составления серии объединенных карт.

Создано радиолокационное поле «Московское кольцо», которое включает в себя АКСОПРИ, установленные в пунктах: Калуга, Тверь, Смоленск, Москва (Крылатское), Нижний Новгород, Валдай. Информация об облаках, осадках и связанных с ними опасных явлениях передается в Московское правительство, Московское метеобюро, Гидрометцентр России. На территории Северо-Кавказского региона успешно работает радиолокационная сеть, которая включает в себя «стыкованную» информацию, получаемую от АМРК «Метеоячейка», установленных в аэропортах Ростова-на-Дону, Краснодара, Минвод, Сочи, Анапы.

Из сообщений, получаемых с комплексов АКСОПРИ и «Метеоячейка», создаются радиолокационные карты: «Высота верхней границы радиоэха облачности», «Горизонтальная отражательная способность», «Интенсивность осадков». Подобные «кольца» планируется создать и в других районах. На европейской территории России в настоящее время находятся в эксплуатации 17 МРЛ-5. Этого количества радиолокаторов недостаточно для создания единого радиолокационного поля над Европейской территорией России; не решены также проблемы сопряжения различных систем. Предлагается организовать МАРС на юге Западной Сибири, на основе функционирующих МРЛ в аэропортах Колпашева, Томска, Новосибирска, Кемерово, Новокузнецка, Барнаула, Стрежевого, Абакана [4, с.92].

Эффективность метеорологической радиолокации значительно повышается с применением доплеровских метеорологических радиолокаторов (ДМРЛ). ДМРЛ позволяет получать информацию не только об облаках и осадках в режиме реального времени, но и сведения о ветровом и турбулентном режиме как в облаке, так и вне его, т.е. при «чистом небе», что позволяет улучшить прогноз сдвига ветра, существенно улучшить обнаружение шквала, смерча, града, уточнить прогнозирование количества осадков.

Перспективные планы Росгидромета при участии других заинтересованных министерств и ведомств (Минобороны, Минтранс, Минпромэнерго, Росаэронавигация и др.) предусматривают разработку и внедрение автоматизированных ДМРЛ. С 2007 г. Росгидромет приступает к установке новой системы метеорологического слежения за атмосферными явлениями, состоящей из 8 доплеровских радиолокаторов (Новороссийск, Махачкала, Хабаровск, Владивосток, Кострома, Псков, Нижний Новгород, Москва (аэропорт Внуково)). Предполагается, что она будет информационно совместима с действующими радиолокаторами МРЛ-5. Первый пробный ДМРЛ был установлен в аэропорту Пулково Санкт-Петербурга в 2006 г. В перспективе обсуждается вопрос создания сети метеорологических доплеровских радиолокаторов на Дальнем Востоке России с перспективой их объединения в единую систему с Китаем и Республикой Кореей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Толмачева Н.И. Метеорологические радиолокаторы и радионавигационные системы управления воздушным движением. – Пермь, 2007.
2. Горбатенко В.П. Метеорологический радиолокатор МРЛ-5: производство наблюдений. Диагноз и прогноз опасных явлений природы. – Томск: Издательство «ТМЛ-Пресс», 2007.
3. Брылев Г.Б. Метеорологические автоматизированные радиолокационные сети. – СПб.: Гидрометеоздат, 2002.
4. Мельничук Ю.В. О перспективах создания системы радиолокационного мониторинга опасных явлений погоды на юге западной Сибири. – Томск, 1998.

THE PERSPECTIVE OF DEVELOPMENT SOVIET WEATHER STATION

Pimenov D.V.

The formation and the perspectives of Soviet weather radars development are considered.

Сведения об авторе

Пименов Дмитрий Владимирович, 1981 г.р., окончил МГТУ ГА (2004), инженер центра координации технического обслуживания ООО «Авиакомпания «ВИМ-Авиа», автор 9 научных работ, область научных интересов – история науки и техники.

