

## ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, ИЗГОТОВЛЕНИЯ И ВВОДА В ЭКСПЛУАТАЦИЮ АЭРОЛОГИЧЕСКОГО РАДИОЛОКАЦИОННОГО ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА (АРВК) «ВЕКТОР-М»

Пономарев О.П.<sup>1</sup>, Петров Р.А.<sup>1</sup>, Луценко А.В.<sup>1</sup>, Самофеев А.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> – Акционерное общество «Уральское производственное предприятие «Вектор»,  
Екатеринбург, Россия, [ponomarev7713@mail.ru](mailto:ponomarev7713@mail.ru)

**Аннотация.** Обсуждены принципы построения, технические характеристики, опыт эксплуатации АРВК «Вектор-М». Определены пути модернизации АРВК в части повышения чувствительности приемника, повышения помехозащищенности, введения канала радионавигации.

Ключевые слова: система радиозондирования, радиозонд.

Для осуществления долгосрочных и краткосрочных прогнозов погоды и климата, подготовки метеорологических данных для стрельбы артиллерии и пусков ракет - носителей, обеспечения полетов авиации, необходимо измерять метеорологические параметры свободной атмосферы в диапазоне высот от 0 до 40 км и дальностей до 200-300 км. В настоящее время основными средствами получения аэрологической информации для прогнозов погоды и климата на сети Росгидромета являются системы радиозондирования (СР), состоящие из наземных РЛС и запускаемых в атмосферу с помощью шаров-пилотов аэрологических радиозондов (АРЗ), регистрирующих в атмосфере температуру, влажность, давление с одновременным измерением координат АРЗ (дальность, угол места, азимут) и вычисления по ним скорости и направления ветра [1].

В состав аэрологической наблюдательной сети Росгидромета входит 115 аэрологических станций, из которых 111 входят в состав региональной опорной синоптической сети [2]. В настоящее время на сети Росгидромета находятся в эксплуатации 48 АРВК «Вектор-М» производства АО «Уральское производственное предприятие «Вектор» и по проекту «Росгидромет-2» в 2019 г. осуществляется поставка еще 4-х станций.

По регламенту Всемирной метеорологической организации СР дважды в сутки осуществляют радиозондирование атмосферы шар-пилотным способом. Результаты наблюдения за состоянием атмосферы формируются в виде трех групп данных: данные на стандартных изобарических поверхностях; данные на стандартных высотах в приземном слое над поверхностью Земли и над уровнем моря; данные на уровнях особых точек в вертикальном распределении температуры, влажности, скорости и направления ветра. Информация передается по электронной сети в виде телеграмм КН-04(FM36) и в формате международной кодировки BUFR (FM 94).

Отличительная особенность СР типа АРВК «Вектор-М» – использование угломерно-дальномерного метода определения текущих координат АРЗ, при котором измерение угла места и азимута проводится методом конического сканирования диаграммы направленности антенны в виде фазированной антенной решетки (ФАР). Измерение наклонной дальности проводится в активном режиме РЛС радиоимпульсным методом, когда работает сверхрегенеративный приемопередатчик – ответчик (СПП) АРЗ. Сверхрегенеративный приемопередатчик – ответчик обладает высокой чувствительностью к запросному сигналу СР, позволяет определять наклонную дальность и скорость движения АРЗ при импульсной мощности передатчика порядка 100 Вт при оперативном радиусе действия СР до 250 км и высоте подъема АРЗ до 40 км. Ответный сигнал АРЗ по дальности формируется в виде короткой паузы в излучении длительностью порядка 0,7 мкс, что позволяет использовать временное стробирование в канале измерения дальности.

сти. Периодическое измерение угловых координат АРЗ и наклонной дальности позволяет расчетным способом измерить направление, скорость ветра, высоту подъема АРЗ. При этом СПП обеспечивает прием и передачу координатно-телеметрической информации для РЛС на несущей частоте  $1680 \pm 8$  МГц.

АРВК «Вектор-М» предназначен для проведения радиозондирования атмосферы с помощью радиозондов типа РЗМ-Ц, РЗМ-2, МРЗ-3А, МРЗ-3АМ, МРЗ-3МК, АК2-02 с несущей частотой  $1680 \pm 8$  МГц, обеспечивает автоматическое сопровождение АРЗ в полете, прием и обработку координатно-телеметрической информации. При разработке АРВК учитывались требования к типам используемых радиозондов, поляризации, непрерывной мощности, длительности зондирующего сигнала, частоты повторения импульсов, частоты сканирования, полосы пропускания приемника. Учитывались средне-статистические данные по динамической и статической погрешностям сопровождения АРЗ по угловым координатам, дальности, спектральной плотности помех/шума, влияния на СР внешних помех от базовых станций мобильной связи.

Программное обеспечение АРВК обеспечивает регистрацию и документирование координатно-телеметрической информации для последующей обработки данных в части формирования телеграмм, вертикальных профилей метеопараметров, наклонной дальности, угловых координат АРЗ. С помощью ПО «АРХИВ» разработки ГУ «ЦАО» [3] контролируются временные профили координатно-телеметрических данных: периоды следования импульсов телеметрического сигнала, угла места и азимута ФАР, горизонтальная траектория полета АРЗ, его высота и вертикальная скорость подъема.

Анализ графической и табличной информации позволяет: анализировать качество и выявлять срывы сопровождения АРЗ по дальности и углам; делать выводы по правильности наполнения оболочки, устойчивости сопровождения АРЗ радиолокатором; анализировать качество захвата АРЗ после выпуска или его поиска, выявлять срывы сопровождения, сбой работы телеметрического канала АРЗ и нарушение канальной синхронизации; характеризовать качество работы канала угловой автоматики; судить о качестве ориентирования и горизонтирования антенной колонки; оценивать влияние подстилающей поверхности и помех на качество сопровождения АРЗ.

В ходе приемочных испытаний на ряде аэрологических станций была проведена оценка влияния ограждения на электрические характеристики ФАР и даны рекомендации по их переоборудованию. В процессе доработок АРВК проведена модернизация модуля синхронизатора в части введения режима калибровки СР калибровочными зондами типа РЗМ-2 с целью оперативной отбраковки АРЗ с чувствительностью ниже -60 дБ.

Перспективными направлениями развития АРВК «Вектор-М» является введение пакетного режима передачи данных с АРЗ на РЛС и режима радионавигации в полосе частот 400 – 406 МГц. Реализация радионавигационного режима с пакетной обработкой информации предполагает использование когерентной обработки сигналов в СР и использование преимуществ отечественной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС.

В результате выполнения перспективных работ возможно создание многофункциональной высокотехнологичной цифровой СР атмосферы, отвечающей требованиям ВМО. Разрабатываемые модернизированные цифровые АРЗ типа РЗМ-Ц под радионавигационный канал (типа РЗМ-ЦН) обеспечат расширение дополнительных возможностей измерения параметров атмосферы, что будет способствовать повышению точности прогнозов погоды и климата. В частности, предполагается, что АРЗ типа РЗМ-ЦН будет иметь повышенную чувствительность в когерентном режиме на 15 дБ выше, чем у серийных АРЗ типа МРЗ-3. Это обеспечит существенное повышение надежности радиозондирования отечественных СР и позволит измерять мгновенную скорость ветра, что значительно повлияет на качество метеопрогнозов.

### Литература

1. Иванов В.Э., Гусев А.В., Игнатков К.А. и др. Современное состояние и перспективы развития систем радиозондирования атмосферы в России // Успехи современной радиотехники, 2015, № 9, с. 3-43.
2. <http://www.meteorf.ru/press/releases/16101/> (О деятельности Росгидромета в 2017 году и задачах на 2018 год. Итоговый доклад).
3. Кац А.П. Анализ координатно-телеметрических данных современных систем радиозондирования (методическое пособие). – Долгопрудный, ГУ «ЦАО», 2011.  
Размещено на <http://cao-ntcr.mipt.ru/monitor/rawdoc/rawdoc.htm>.

## EXPERIENCES IN DESIGNING, MANUFACTURING AND PUTTING INTO OPERATION OF VECTOR-M AEROLOGICAL RADAR COMPUTER SYSTEM (ARCS)

**Ponomarev O.P.<sup>1</sup>, Petrov R.A.<sup>1</sup>, Lutsenko A.V.<sup>1</sup>, Samofeev A.A.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> – *VECTOR Ural Manufacturing Enterprise JSC, Ekaterinburg, RF [ponomarev7713@mail.ru](mailto:ponomarev7713@mail.ru)*

**Abstract.** Concepts, performance, and experiences in operation of Vector-M ARCS have been discussed. Modernization trends for Vector-M ARCS have been determined as regards enhanced receiver sensitivity, jamming protection and introduction of a radio navigation channel.

**Key words:** radiosounding system, radiosonde.