

## **ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**

о диссертации Федосеевой Елены Валерьевны на тему  
«Методы компенсации влияния внешних помеховых факторов в  
радиотеплолокационном контроле метеопараметров»,  
представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по  
специальности 05.11.13 – «Приборы и методы контроля природной среды,  
веществ, материалов и изделий»

### **Актуальность темы диссертационного исследования**

При решении задач контроля параметров атмосферы в области метеорологических наблюдений и в научных исследованиях используется широкий набор средств и технологий, которые можно разделить на контактные и дистанционные. Контактные методы позволяют достаточно точно измерить метеопараметры в определенных условиях при заданном расположении датчиков. Их применение позволяет точно произвести оценки параметров атмосферы. Для непрерывной оценки высотных профилей метеопараметров требуются существенные материальные затраты и алгоритмические решения по координатной привязке для восстановления высотных профилей измеряемых параметров.

Дистанционные методы в данном случае позволяют получать данные о контролируемых параметрах атмосферы в более оперативном режиме. При этом измеряются интегральные величины, что обусловлено принципом формирования входного сигнала и конечной пространственной разрешающей способностью систем. Технические возможности проведения измерений при дистанционном зондировании позволяют получить информацию по пространственным вариациям и временным изменениям метеопараметров. Поэтому системы дистанционного контроля метеобстановки занимают важное место в общей структуре измерительных комплексов оценки состояния атмосферы. Особое значение они приобретают в условиях решения задачи оперативного отслеживания быстроразвивающихся атмосферных



процессов при реализации их в виде мобильных систем, адаптированных к изменению окружающей обстановки.

Среди систем дистанционного контроля метеопараметров в настоящее время особое место занимают СВЧ радиотеплолокационные системы. В них производится измерение собственного радишумового излучения атмосферы, по интенсивности которого оцениваются физические параметры путем решения обратных задач. Преимущества таких систем в пассивном режиме зондирования – режиме измерения при отсутствии электромагнитного излучения большой мощности, что определяет возможность их широкого применения для получения оперативной информации, что, в свою очередь, имеет большое хозяйственное значение при решении задач оперативного предупреждения об опасных природных явлениях.

На данный момент СВЧ радиотеплолокационные системы позволяют с достаточно высокой степенью точности восстанавливать высотные профили температуры и влажности безоблачной атмосферы при приеме радишумового излучения в частотной области, соответствующей линиям поглощения кислорода и водяного пара (0,5 см и 1,35 см, соответственно). При наличии облаков и осадков большой водности уровень шумового сигнала на частотах миллиметрового и короткой части сантиметрового диапазона достаточно быстро достигает режима насыщения, в этом случае более точную оценку временных вариаций параметров облаков можно получить при переходе в длинноволновую часть сантиметрового диапазона. При таком переходе снижается пространственная селективность антенн, и большее значение приобретает задача исключения влияния окружающего пространства на результаты первичных измерений. Решение указанной задачи расширит функциональные возможности СВЧ радиотеплолокационных систем по контролю метеопараметров.

Таким образом, тема диссертационного исследования имеет важное значение и является актуальной для применения на практике в Росгидромете в целях получения оперативной и достоверной информации населением и объектами хозяйственной деятельности.

Актуальность выполняемых исследований подтверждается также финансовой поддержкой по грантам РФФИ.

### **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций**

Основные научные положения, выводы и рекомендации диссертации Федосеевой Е.В. получены с помощью теоретических исследований и подтверждены экспериментально. Для их обоснования соискателем корректно используются методы теории оценки погрешности экспериментальных исследований, методы оценки параметров сигнала радиосистем, математический аппарат электродинамики, методы анализа поля излучения антенн.

Теоретическая обоснованность работы подтверждается соответствием полученных результатов известным, полученным ранее отечественными и зарубежными специалистами, а также результатами электродинамического моделирования.

Работа имеет практическую значимость, которая заключается в следующем:

1. Получены численные оценки влияния фоновых шумов на результаты радиотеплолокационного контроля метеопараметров при проведении измерений в условиях однородной слоисто-облачной атмосферы и при наличии кучевой облачности.

2. Для реализации предложенного метода компенсации фоновых шумов выполнена разработка двухканальной двухмодовой антенны со специальным устройством деления сигналов, выполнены численное моделирование и экспериментальные оценки эффективности антенны для задач компенсации фоновых шумов.

3. Разработаны принципы компенсации мультипликативных внешних помеховых факторов, связанных с наличием слоя осадков на поверхности зеркальной антенны, путем введения тестового шумового сигнала.



4. Разработана система, реализующая как разностный алгоритм приема при компенсации влияния фоновых шумов, так и относительно-разностный алгоритм при комплексной компенсации внешних мультипликативных и аддитивных помех.

Возможности реализации разработанных методов подтверждаются патентом на изобретение и патентами на полезные модели, зарегистрированными в Федеральной службе по интеллектуальной собственности, а также актами внедрения результатов на ОАО «Муромский завод радиоизмерительных приборов» и ОАО «НПП «Радар ммс».

### **Оценка новизны и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций**

Научная новизна работы характеризуется следующими результатами.

1. На основе базовых положений радиофизики по формированию радиощумового излучения природных сред и соотношений радиотеплолокации по составу входного сигнала – уравнению антенного сглаживания – предложен метод оценки влияния внешних помеховых факторов на характеристики и параметры радиотеплолокационных систем. Впервые представлены выражения для основных параметров и характеристик радиотеплолокационных систем – отношения сигнал-шум, чувствительности, пространственной разрешающей способности, погрешности, в которых учтены составляющие, обусловленные ненулевым приемом фоновых шумов, что позволяет использовать их для систем с различными по направленности антеннами и алгоритмами выделения полезной составляющей входного сигнала радиометров.

2. В отличие от известного подхода к оценке погрешности косвенных измерений радиояркостной температуры атмосферы в основных способах контроля метеопараметров, в котором пренебрегалось влиянием фоновых шумов на результаты измерений, в диссертационной работе представлен метод, учитывающий это влияние, и выполнены численные оценки погрешности, обусловленной таким влиянием. На основе полученных



результатов показано, что при современных тенденциях существенного снижения шумовых параметров приемной аппаратуры, составляющая погрешности, связанная с приемом фоновых шумов, может иметь преобладающее значение и определять потенциальные границы повышения точности систем радиотеплокационного контроля.

3. Новым результатом работы можно считать также разработанные методы оценки погрешностей известных способов компенсации влияния фоновых шумов. Ранее применение методов на основе углового, поляризационного и пространственного разрешения не оценивалось с точки зрения точности компенсации влияния внешних помех. Предложенный метод позволит выполнять предварительные оценки точности компенсации и решать задачу оптимального выбора способа компенсации в зависимости от условий проведения измерений и параметров антенны и системы в целом.

4. В работе предложен новый подход к формированию сигнала компенсации и на его основе разработан метод компенсации влияния фоновых шумов. Его преимущество состоит в одновременном с основным получением сигнала оценки помеховой составляющей входного сигнала системы при формировании на апертуре антенны двух диаграмм направленности специальной формы. В пределе данный метод позволяет выполнить компенсацию влияния фонового шума независимо от условий проведения измерений, от способа контроля метеопараметров и однородности атмосферы.

5. Особо необходимо отметить предложения по реализации разработанного метода компенсации внешних помех в радиотеплокационных системах контроля – новые решения по исполнению антенн, реализующих двухканальный прием, и радиометров, в которых обеспечивается выполнение алгоритмов компенсации.

Новизна предложенных решений подтверждена патентами на изобретение и полезные модели.

Таким образом, в диссертационной работе предложены новые подходы и решения в области повышения точности и расширения функциональных возможностей радиотеплокационных систем контроля метеопараметров,



что позволит на государственной наблюдательной сети с большей достоверностью определять диагноз и прогноз погоды.

### **Стиль изложения, отражение результатов в научных изданиях**

Автор показал научно обоснованные подходы к решению поставленных в диссертационном исследовании задач. Диссертация написана грамотно, логично, содержит корректные ссылки на работы других авторов, но есть небольшие стилистические ошибки.

Автореферат соответствует основным положениям диссертации, правильно и достаточно полно передает ее содержание, оформлен в соответствии с действующими требованиями. Стиль представления материала в автореферате позволяет ясно представить сформулированные в диссертации задачи исследования, основное содержание и идеи работы, а также выводы и рекомендации.

Основные положения диссертационной работы апробированы на научных конференциях международного и всероссийского уровня, а также опубликованы в рецензируемых научных изданиях, в том числе в 23 статьях в журналах, рекомендованных ВАК.

### **Замечания по диссертационной работе**

1. В диссертационной работе своими исследованиями автор показал научное достижение в области повышения точности и расширения функциональных возможностей систем дистанционного контроля метеопараметров, но в работе нет ссылок на возможность использования данных достижений в целом для Государственной наблюдательной сети.

2. В работе не рассмотрено вписывание радиотеплолокационных средств контроля в общую систему обеспечения единства измерений (система эталонирования, передачи размеров единиц, процедур поверки и т.д).

3. В главе 6 (п. 6.4) рассматривая предложение по реализации цифровой обработки сигналов и формирования сигналов управления в системах с компенсацией мультипликативных и аддитивных внешних помех, автор не



приводит данные по практической реализации и экспериментальной проверке работоспособности системы.

4. В диссертации не рассмотрена возможность применения разработанных методов компенсации фоновых шумов в радиотеплолокационных системах контроля метеопараметров при выполнении измерений с космических аппаратов гидрометеорологического назначения.

5. В диссертации много внимания уделяется вопросам метрологического обеспечения радиотеплолокационных измерений и автору целесообразно было бы опубликоваться в основных рецензируемых метрологических журналах, таких как «Измерительная техника», «Метрология» и т.п.

### **Заключение**

Отмеченные недостатки не сказываются на общей оценке качества выполненной работы, обоснованности и достоверности полученных в ней результатов. Разработанные методы оценки помехового влияния внешних факторов при работе радиотеплолокационных систем контроля метеопараметров, а также методы компенсации указанных помеховых воздействий позволяют повысить точность и расширить функциональные возможности радиотеплолокационных методов контроля и исследования атмосферы при построении пространственных и высотных профилей ее параметров – водозапаса облаков, водности облаков и осадков, а также оперативного отслеживания их временных трендов развития.

На основании изложенного диссертационная работа Федосеевой Е.В. «Методы компенсации влияния внешних помеховых факторов в радиотеплолокационном контроле метеопараметров» является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения и показана практическая реализация методов учета влияния внешней среды на характеристики радиотеплолокационных систем и методов компенсации этого помехового влияния в радиотеплолокационном контроле, совокупность

которых можно рассматривать как научное достижение (п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842).

Диссертация Федосеевой Е.В. по степени новизны и практической значимости результатов соответствует также паспорту специальности 05.11.13 (п. 1 «Научное обоснование новых и усовершенствование существующих методов аналитического и неразрушающего контроля природной среды, веществ, материалов и изделий»).

Федосеева Елена Валерьевна заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.11.13 – «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий».

Официальный оппонент

доктор технических наук по специальности 05.11.13 – «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий», доцент, заместитель директора по научной работе ФГБУ «ИПГ»

 Минлигареев Владимир Тимурович

18 марта 2015 г.

Адрес: 129128, г. Москва, ул. Ростокинская, 9.

Тел.+7(499)181-39-66

E-mail: metrologgeo@mail.ru

Подпись Минлигареева В.Т. заверяю

Ученый секретарь ФГБУ «ИПГ»

 Хотенко Е.Н.



М.П