

## Отзыв

официального оппонента доктора физико-математических наук, профессора  
Горобца Николая Николаевича  
на диссертацию Логвинова Юрия Федоровича «Распространение радиоволн  
над взволнованной водной поверхностью при малых углах скольжения»,  
представленную на соискание ученой степени  
доктора физико-математических наук по специальности  
01.04.03 - радиофизика

### **Актуальность темы диссертации**

Исследования распространения радиоволн над морской поверхностью, проведенные как в нашей стране, так и за рубежом, установили существенное влияние шероховатой границы раздела на характеристики электромагнитного поля при его распространении над этой границей под скользящими углами. До недавнего времени при расчетах характеристик поля, рассеянного шероховатой поверхностью под малыми углами скольжения, применялась в основном отражательная трактовка. Она зачастую давала результаты, входящие в противоречие с экспериментальными исследованиями по распространению радиоволн в этих условиях. Необходимость создания радиотехнических и особенно радиолокационных средств, работающих в этих условиях, и несоответствие предсказаний теории эксперименту, настоятельно потребовало продолжение этих исследований.

Представленная диссертационная работа Ю.Ф. Логвинова является результатом переосмысления механизмов рассеяния радиоволн на неровностях поверхности в условиях малых углов скольжения. Вместо широко распространенного ранее метода касательной плоскости, предсказания которого, как показывает автор в диссертации, приводят к расхождению с результатами экспериментальных исследований, диссертант предложил применять метод последовательной дифракции на неровностях водной поверхности. Применение в теоретических исследованиях этого механизма распространения радиоволн устранило существующие противоречия между теорией и экспериментом и послужило основой для переосмысления влияния многих факторов, участвующих в формировании рассеянного поверхностью поля.

Диссертационная работа состоит из введения, шести разделов, выводов и списка использованных источников.

В Введении дана общая характеристика работы в требуемой правилами оформления диссертаций последовательности.

Раздел 1 представляет собой обзор литературы по исследуемым научным проблемам. В нем подробно проанализированы существующие противоречия между современной теорией явления распространения электромагнитных волн и выбраны направления и методы исследований.

В разделе 2 описаны используемые в диссертации методы исследований, указаны границы их применимости, приведены их достоинства и недостатки.

Раздел 3 посвящен моделированию ветрового волнения. Впервые автором

показана важность выбора верхней границы спектра, который описывает шероховатую поверхность. Здесь также получены характеристики освещенных элементов волнения, которые рассеивают падающее на них электромагнитное поле.

В 4-ом разделе проведены разносторонние исследования характеристик рассеянного поля при применении многократной дифракции на вершинах ветровых волн. Указаны доминирующие области трассы распространения, которые формируют зеркальную и диффузную компоненты поля. Подробно проанализировано влияние различных элементов поверхности на множитель влияния поверхности.

Раздел 5 посвящен исследованию угловых ошибок определения координат источника радиосигнала, расположенного на малой высоте над взволнованной водной поверхностью. В этом разделе автор тщательно проанализировал все факторы, влияющие на азимутальные и угломестные ошибки определения координат источника излучения. Полученные расчетные данные подтвердились при сравнении с данными эксперимента, что доказало правильность выбранного пути исследования распространения радиоволн над взволнованной водной поверхностью.

В разделе 6 рассмотрено и качественно оценено двукратное рассеяние электромагнитной волны на шероховатой водной поверхности как частный случай многократного рассеяния. Автор показал важные отличия при двукратном рассеянии электромагнитной волны для горизонтальной и вертикальной поляризаций, что обусловлено отличием в зависимостях коэффициентов отражений для этих двух поляризаций..

В выводах подтверждены достигнутые цели исследований и изложены основные результаты работы.

**Обоснованность и достоверность** научных результатов, сформулированных в диссертации не вызывает сомнений. Автор в своих исследованиях пользуется многократно проверенными методами расчета рассеянного поля. Постоянно проводит сравнительный анализ своих результатов с данными других исследователей, в том числе и с данными экспериментальных исследований. Результаты диссертационной работы доложены на многочисленных специализированных международных конференциях и опубликованы в 25 работах, две из которых являются монографиями.

#### **Научная новизна полученных результатов**

– Впервые показано, что в рассмотренных условиях малых углов скольжения на характеристики принятого сигнала влияют два основных механизма: отражение радиоволны от освещенного гребня морской волны и дифракция электромагнитного поля на этом же гребне, причем доминантным является дифракционный механизм рассеяния радиоволны, роль которого возрастает при уменьшении углов.

– Впервые разработан метод описания распространения радиоволн

над шероховатыми поверхностями в условиях сравнимости высот корреспондирующих пунктов с высотами неровностей поверхности.

– Впервые определены расчетные значения множителя влияния поверхности при многократной дифракции сигнала на гребнях ветровых волн.

– Впервые в условиях многократной дифракции электромагнитного поля на гребнях морских волн определены участки поверхности моря, которые имеют доминантное влияние на когерентную и дифракционную компоненты поля, а также на закон изменения поля в точке приема.

– Впервые оценены угловые ошибки определения координат целей при многократной дифракции радиоволны над морской поверхностью.

– Впервые проведена сравнительная оценка вклада двукратного взаимодействия радиоволны с подстилающей поверхностью на множитель влияния поверхности.

### **Практическое значение полученных результатов**

– Разработанный метод расчета характеристик электромагнитных полей при сильных затенениях и малых углах скольжения открывает путь создания эффективных радиолокационных систем, работающих в условиях малых высот над поверхностью моря.

– Разработанная методика расчета множителя влияния поверхности на распространение электромагнитного поля над шероховатой поверхностью раздела позволяет повысить точность определения энергетических характеристик морских радиолокационных систем.

– Разработанные методики определения линейных и угловых координат целей позволяют повысить точность определения координат радиолокационных целей.

– Впервые разработанная автором методика оценивания характеристик радиоволны при ее двукратном взаимодействии с подстилающей поверхностью позволит повысить точность прогноза распространения радиоволн над взволнованной морской поверхностью.

### **Замечания**

1. Автор оперирует терминами “множитель ослабления” и “множитель влияния поверхности”. Они определяют одно и то же понятие. И хотя оба термина являются общепринятыми в радиофизике, на мой взгляд, более правильным было бы использование термина “множитель влияния поверхности”.

2. Есть неточности в стиле изложения. Например, автор пишет о взаимодействии поля и поверхности раздела. На мой взгляд, это неточно. Есть явление изменения поля при падении на подстилающую поверхность. При этом поверхность не меняется.

3. Рисунки 4.2, 4.9, 4.17, 5.2б, 5.4б, 5.11, 5.13 явно перенасыщены информацией, что затрудняет восприятие материала, особенно если описание

кривых, приведенных на рисунках, находится в тексте диссертации (рис. 4.2).

4. Работа бы только выиграла, если бы автор добавил в нее раздел с исследованиями по перераспределению энергии между компонентами горизонтально и вертикально поляризованного поля при многократной дифракции. Такие исследования должны представлять значительный фундаментальный и практический интерес.

Приведенные замечания не меняют общую высокую оценку диссертации как законченной работы, в которой приведено решение актуальной научной проблемы – разработки метода описания распространения радиоволн в условиях малых углов скольжения и сравнимости высот коррелирующих пунктов с высотами неровностей поверхности, над которой происходит это распространение.

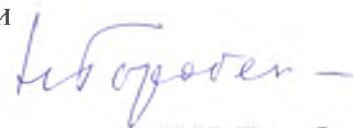
Материалы диссертации опубликованы в 2 монографиях и 23 статьях в отечественных и зарубежных журналах соответствующего уровня.

### **Заключение**

Считаю, что диссертационная работа является выполненным на высоком уровне законченным научным исследованием. Она удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.03 - радиофизика, а соискатель Юрий Федорович Логвинов заслуживает присуждения ему этой ученой степени.

Официальный оппонент

Заведующий кафедрой прикладной электродинамики  
Харьковского национального университета  
имени В. Н. Каразина  
доктор физико-математических наук, профессор



Н.Н. Горобец

Подпись Николая Николаевича Горобца заверяю.

Ученый секретарь Харьковского национального университета  
имени В. Н. Каразина  
кандидат политических наук, доцент



Н.А. Винникова