

## ОТЗЫВ

**на автореферат диссертации Бельковича Игоря Викторовича  
«Применение векторов Римана-Зильберштейна для расчета  
электромагнитных полей зеркальных антенн и лучеводов»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-  
математических наук по специальности 05.12.07 – «Антенны, СВЧ-  
устройства и их технологии»**

Диссертационная работа И.В. Бельковича посвящена оптимизации радиотехнической эффективности больших зеркальных антенн и лучеводов с применением представления электромагнитного поля линейной комбинацией векторов электрического и магнитного поля.

В настоящее время создание антенн, обеспечивающих большую энергетическую эффективность, является актуальной задачей в связи с возрастающим интересом к освоению космического пространства. В рамках развития средств дальней космической связи создается 32-метровая антенна, работающая в X и Ka-диапазонах, с перспективной технологией применения в СВЧ-тракте лучевода. Вопросы упрощения представления электромагнитного поля и получения более точного по сравнению с классическими асимптотическими методами решения определенных задач также являются актуальными, поскольку в перспективе могут увеличить быстродействие проведения электродинамических расчетов, повысить эффективность создаваемых больших антенн, а также расширить круг прикладных задач, для которых возможно получение строгого решения.

В этих условиях тема диссертационной работы И.В. Бельковича, которая направлена на решение практической задачи создания высокоэффективных больших зеркальных антенн является **актуальной**.

**Научная новизна** полученных результатов заключается в представлении электромагнитного поля посредством соотношений, выраженных через векторы Римана – Зильберштейна, использовании метода разложения в ряд по собственным функциям уравнений Максвелла в специальных системах координат, в упрощении расчетных процедур при определении полного поля основной поляризации за счет использования одного вектора Римана – Зильберштейна, в получении методики синтеза двухзеркальных лучеводов, не вносящих искажения в распространяющиеся поля в геометрооптическом приближении.

В теоретической части диссертационной работы получены новые соотношения для электромагнитного поля, представленного векторами Римана – Зильберштейна, а также методов вычислительной электродинамики. В практической части исследуется влияние случайных коррелированных отклонений профилей зеркал от теоретических и кожуха лучевода на эффективность зеркальных антенн и лучеводов. Проводится полноценный векторный расчет и оптимизация 32-метровой зеркальной антенны с лучеводом, в том числе с учетом конструктивных факторов, искажающих структуру поля.

На основе проведенного анализа и численных расчетов разработана геометрия лучевода и зеркальной системы, обеспечивающая высокую эффективность. Антенна изготавливается в настоящее время, что отражает несомненную **практическую значимость** работы.

Результаты, полученные в диссертации, могут применяться на практике при разработке зеркальных антенн спутниковой связи, в частности, в системе спутниковой связи «Ямал». Особую ценность представляет возможность функционирования разрабатываемых приемопередающих антенных систем в Ка-диапазоне.

В качестве рекомендации можно отметить необходимость в последующем более детальной проработки вопросов, связанных с обеспечением точности выставления зеркал, наведения и управления лучеводом и большой зеркальной антенной.

Работа выполнена на высоком научном и практическом уровне. Основные материалы диссертации опубликованы в российских и зарубежных журналах, доложены на научных конференциях. Как следует из автореферата, диссертация И.В. Бельковича обладает научной новизной, представляет собой законченное целостное научное исследование, сочетающее теоретические расчеты с практической направленностью исследований, выполненное на высоком профессиональном уровне.

В целом диссертация И.В. Бельковича отвечает требованиям ВАК РФ, а соискатель заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.12.07 – «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии».

**Кандидат технических наук,  
секретарь научно-технического совета**

**В.А. Лазутин**

АО «Газпром космические системы»

Почтовый адрес: 141112, Российская Федерация, Московская область,  
ОПС Щелково-12, а/я 1860

Телефон: +7 (495) 504-29-06

Электронная почта: [info@gazprom-spacesystems.ru](mailto:info@gazprom-spacesystems.ru)

Подпись В.А. Лазутин заверяю.

Начальник отдела кадров,  
трудовых отношений и социальной политики –  
помощник генерального директора



**Е.В. Лисова**

02.07.2020 г.