

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты модельных расчетов показали, что метод обобщенной силы может использоваться для рутинных операций в задаче моделирования ионограмм наклонного зондирования. Представленный алгоритм показал свою работоспособность и достаточно высокую скорость вычислений на типовом персональном компьютере. При этом предложенный подход имеет большие возможности для дальнейшего развития. Например, использование алгоритмов с адаптивным шагом по частоте может снизить вычислительные нагрузки в простых линейных областях ионограмм и улучшить детализацию в области максимально применимой частоты. Скорость расчета как ионограмм в целом, так и лучевых траекторий в частности, также может быть значительно увеличена при использовании технологий параллельных вычислений на компьютерах с большой мощностью.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 23-77-10004).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Воронков В.А., Данилкин И.П. Простой практический метод расчета радиотрасс в ионосфере между

фиксированными точками вариационным способом // Калинингр. Гос.универс., деп. 29.07.85. 1985. Т. 5545–85 ДЕП.

Карпенко А.Л., Попов А.В. Метод установления для решения двухточечной траекторной задачи / В кн. Распространение радиоволн в ионосфере. 1986. С. 51.

Падохин А.М. и др. Моделирование лучевых траекторий КВ-радиоволн и ионограмм вертикального и наклонного зондирования в искусственно возмущенной ионосфере на основе данных радиотомографии // Вестник МГУ. 2019, №. 3. С. 57–64.

Coleman C.J. Point-to-point ionospheric ray tracing by a direct variational method // Radio Sci. 2011. V. 46, N 5. RS5016.

Krashennnikov I.V., Shubin V.N. Features of Forecasting the Operation of Ionospheric Radio Lines in Upper Rays Modes // Geomagn. Aeron. 2023. V. 63, N 4. P. 426–433.

Nosikov I.A. et al. Generalized force approach to point-to-point ionospheric ray tracing and systematic identification of high and low rays // IEEE Trans Antennas Propag. 2020. V. 68, N 1. P. 455–467.

Nosikov I.A. et al. An effective ray-tracing by homing-in method and direct approach in anisotropic inhomogeneous ionosphere // URSI AT-AP-RASC. IEEE, 2022. P. 1–4.

Pietrella M. et al. An Updating of the IONORT Tool to Perform a High-Frequency Ionospheric Ray Tracing // Remote Sens. 2023. V. 15, N 21. P. 5111.