

## ЭЛЕКТРОДИНАМИКА И РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН

УДК 538.566.2;621.372.8

### ЛУЧЕВАЯ НАПРАВЛЕННОСТЬ ИЗЛУЧЕНИЯ МЕТАЧАСТИЦ ИМПУЛЬСНЫХ ВОЛНОВЫХ ПОЛЕЙ

© 2020 г. В. В. Шевченко\*

*Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН,  
ул. Моховая, 11, стр. 7, Москва, 125009 Российская Федерация*

\*E-mail: sto@cplire.ru

Поступила в редакцию 04.02.2020 г.

После доработки 04.02.2020 г.

Принята к публикации 10.02.2020 г.

Приведена и проанализирована оценка расстояния, при котором эффективный поперечный размер поля метачастиц, направленно излученного апертурным источником, сохраняется по порядку величины в процессе распространения метачастиц от апертуры источника. Таким образом сохраняется лучевая направленность поля излучения метачастиц.

DOI: 10.31857/S0033849420060261

1. В работах [1–4] теория метачастиц импульсных волновых полей развивалась в применении к проблеме импульсной передачи сигналов цифровой информации. В данном сообщении иллюстрируются примеры применения этой теории в области работ по передаче энергии на дальние расстояния, в частности при создании Солнечных космических энергосистем (СКЭС) [5].

2. При направленном излучении апертурным источником импульсного волнового поля в процессе его распространения продольный поток энергии поля метачастиц сохраняется, но при этом увеличивается эффективный поперечный размер поля метачастиц [4]. Однако на некотором расстоянии от апертуры источника все же сохраняется лучевая направленность потока энергии метачастиц, поскольку сохраняется порядок величины эффективного поперечного размера волнового поля метачастиц. Это имеет место [4] до тех пор пока выполняется условие

$$0 < z < S, \quad (1)$$

где

$$S = ka^2 = s/(\lambda/2), \quad (2)$$

$z$  – расстояние направленно излученного волнового поля от апертуры источника,  $k = 2\pi/\lambda$  ( $\lambda$  – длина волны излученного поля),  $a$  и  $s = \pi a^2$  – радиус и площадь круглой излучающей апертуры источника поля.

Следует отметить, что в соотношении (1) не входят импульсные свойства рассматриваемого излучения, поэтому непрерывное (не импульс-

ное) излучение, описываемое не метачастицами, а просто волновыми гауссовыми пучками [6–8], можно рассматривать как частный случай исследуемого направленного излучения.

3. Рассмотрим примеры результатов расчета наибольшего расстояния для передачи энергии при лучевой направленности излучения метачастиц и, в частности, волновых гауссовых пучков, для которого выполняется условие

$$z = S = 2\pi a^2/\lambda. \quad (3)$$

В работе [3] приведен пример передачи энергии поля от поверхности Земли на поверхность Луны нулевой метачастицей в режиме лучевой направленности излучения (3) на расстояние  $z \cong 400 \times 10^6$  м. Это можно сделать используя световое излучение с длиной волны  $\lambda = 0.4 \times 10^{-6}$  м и излучатель с радиусом апертуры  $a = 5$  м при эффективном излучении нулевой метачастицы или нулевого гауссова пучка [2].

На рис. 1 графически представлена функциональная зависимость расстояния  $z$  [4] для двух апертурных СВЧ переизлучателей солнечной энергии на Землю от СКЭС, расположенной на геостационарной орбите около Земли. Предполагается, что если переизлучатели работают на разных частотах с длинами волн  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$ , то они должны иметь апертуры с различными радиусами  $a_1$  и  $a_2$ , причем такими, чтобы для них выполнялось соотношение (3).

В статье [5] приводятся примеры предлагаемых параметров для работы переизлучателей

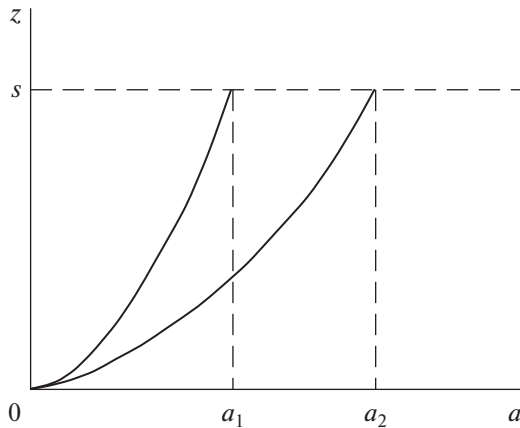


Рис. 1.

СКЭС:  $\lambda_1 = 5.17$  см,  $a_1 = 500$  м и  $\lambda_2 = 12.14$  см,  $a_2 = 775$  м, при расстоянии СКЭС от поверхности Земли  $z \cong 30 \times 10^3$  км. При этом отмечено, что для применения подбор параметров по первому варианту предпочтителен, поскольку для него требуется апертура переизлучателя меньшего размера, а по второму варианту – поскольку в этом случае на прохождение электромагнитных волн через ат-

мосферу Земли практически не влияют метеорологические условия: густая облачность и интенсивные осадки.

Подстановка приведенных параметров работы переизлучателей в соотношение (3) показывает, что оно выполняется.

#### ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа выполнена за счет бюджетного финансирования в рамках государственного задания по теме 0030-2019-0014.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шевченко В.В. // РЭ. 2018. Т. 63. № 9. С. 899.
2. Шевченко В.В. // РЭ. 2019. Т. 64. № 3. С. 265.
3. Шевченко В.В. // РЭ. 2019. Т. 64. № 11. С. 1122.
4. Шевченко В.В. // РЭ. 2020. Т. 65. № 4. С. 388.
5. Ванке В.А. Журнал радиоэлектроники. 2007. № 12. <http://jre.cplire.ru/jre/dec07/1/text.html>.
6. Квазиоптика: Сб. статей / Под ред. Каценеленбаума Б.З. и Шевченко В.В. М.: Мир, 1966.
7. Вайнштейн Л.А. Электромагнитные волны. М.: Радиосвязь, 1988.
8. Katsenelenbaum B.Z. High-frequency Electrodynamics. Weinheim: Wiley-VCH, 2006.