



ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ  
Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ



Студенттер мен жас ғалымдардың  
«ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ БІЛІМ - 2014» атты  
IX халықаралық ғылыми конференциясы

IX Международная научная конференция  
студентов и молодых ученых  
«НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ - 2014»

The IX International Scientific Conference for  
students and young scholars  
«SCIENCE AND EDUCATION-2014»

2014 жыл 11 сәуір  
11 апреля 2014 года  
April 11, 2014



**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ  
Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ**

**Студенттер мен жас ғалымдардың  
«Ғылым және білім - 2014»  
атты IX Халықаралық ғылыми конференциясының  
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ  
IX Международной научной конференции  
студентов и молодых ученых  
«Наука и образование - 2014»**

**PROCEEDINGS  
of the IX International Scientific Conference  
for students and young scholars  
«Science and education - 2014»**

**2014 жыл 11 сәуір**

**Астана**

**УДК 001(063)**  
**ББК 72**  
**Ғ 96**

Ғ 96

«Ғылым және білім – 2014» атты студенттер мен жас ғалымдардың IX Халықаралық ғылыми конференциясы = IX Международная научная конференция студентов и молодых ученых «Наука и образование - 2014» = The IX International Scientific Conference for students and young scholars «Science and education - 2014».  
– Астана: <http://www.eni.kz/ru/nauka/nauka-i-obrazovanie/>, 2014. – 5831 стр.  
(қазақша, орысша, ағылшынша).

ISBN 978-9965-31-610-4

Жинаққа студенттердің, магистранттардың, докторанттардың және жас ғалымдардың жаратылыстану-техникалық және гуманитарлық ғылымдардың өзекті мәселелері бойынша баяндамалары енгізілген.

The proceedings are the papers of students, undergraduates, doctoral students and young researchers on topical issues of natural and technical sciences and humanities.

В сборник вошли доклады студентов, магистрантов, докторантов и молодых ученых по актуальным вопросам естественно-технических и гуманитарных наук.

**УДК 001(063)**  
**ББК 72**

ISBN 978-9965-31-610-4

©Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық  
университеті, 2014

## НОВЫЙ ТИП РАДИОВОЛН С НЕНУЛЕВЫМ ОРБИТАЛЬНЫМ УГЛОВЫМ МОМЕНТОМ

Бегимова Асель Женисбеккызы

[aselya\\_-92@mail.ru](mailto:aselya_-92@mail.ru)

Студентка группы «Радиотехника, электроника и телекоммуникации»

ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

Научный руководитель – Сауытбеков С.С.

### Аннотация

В этой статье рассматриваются свойства и применения радиоволн с ненулевым орбитальным угловым моментом для передачи информации на диэлектрической антенне.

### Введение

До настоящего времени считалось, что орбитальный угловой момент может быть только у света. И его исследования не выходили за рамки оптики. Но в последние несколько лет были проведены ряд некоторых исследований, где орбитальный угловой момент был применен относительно радиоволн.

Сравнительно недавно в 2012 году ученые передали данные с помощью мультиплексирования луча с орбитальным угловым моментом, что увеличивает пропускную способность и спектральную эффективность передаваемой информации [1]. Скорость передачи данных составляла 2,56 Терабита/с на высоте 1 метр в свободном пространстве.

Свойства и методы получения орбитального углового момента не изучались подробно до 1992 года. В 1992 году Л. Аллен выяснил что все спирально фазированные лучи имеют орбитальный угловой момент и их можно получить в лаборатории с помощью цилиндрически преобразующих линз из мод Эрмита-Гаусса [2]. В этом же году исследователи использовали раздвоенные дифракционные решетки чтобы получить винтовые пучки с оптическим вихрем [3]. А 1995 году исследователи Фризе, Хэкенберг и Рубенштейн-Данлоп провели эксперимент с лучом имеющий орбитальный угловой момент, где они вращали микроскопические частицы [4]. Излучая микрочастицы со спирально фазированными лучами они заметили, что направление вращения микрочастиц зависит от направления закрученности лучей с орбитальным угловым моментом. Таким образом, они доказали, что орбитальный угловой момент несет энергию, которая действует на излучаемые объекты. 2004 году Г. Гибсон, Дж. Кортил, В. Пасько и др. продемонстрировали оптическую связь с лучами с орбитальным угловым моментом в свободном пространстве [5].

### Актуальность статьи

Разумеется, для того чтобы, быть закрученными, фотоны не обязаны принадлежать оптическому диапазону. Вопрос только в том, как эти закрученные фотоны создать за пределами оптического диапазона. Длинноволновое электромагнитное излучение, как радиоволны создавать и закручивать несложно. Например, в нашумевшей статье New J. Phys. 14, 033001 (2012), в которой сообщалось об использовании закрученных радиоволн для передачи на одной несущей частоте сразу нескольких каналов (разновидность мультиплексирования), закручивание осуществлялось с помощью простейшего устройства — обычной параболической «тарелки», которую разрезали по радиусу, а затем отогнули кромки так, чтоб получился как раз один шаг спирали [6].

Длинные радиоволны тоже несложно закручивать — например, с помощью специально настроенных фаз и мощностей фазированной антенной решетки. Такие эксперименты делались на американской станции HAARP, которая занимается облучением ионосферы радиоволнами и наблюдением за возникающим из-за этого свечением. В 2009 году эта группа исследователей опубликовала статью «Radio Pumping of Ionospheric Plasma with Orbital Angular Momentum» (2009) [7], в которой сообщается о накачке ионосферы радиоволнами с ненулевым орбитальным угловым моментом и наблюдением кольцеобразного свечения. Таким образом выясняется, что можно передавать радиоволны с ненулевым орбитальным угловым моментом при помощи параболических, и дифракционных антенн. Я предлагаю новый подход, использовать диэлектрическую антенну как прибор для передачи радиоволн с ненулевым орбитальным угловым моментом. Ниже представлены основные характеристики такой антенны.

## Экспериментальная часть

### Общий вид и структура новой диэлектрической антенны

Принцип действия диэлектрической антенны основан на явлении полного внутреннего отражения электромагнитных волн от границ раздела диэлектрических сред. В обычных случаях диэлектрический стержень антенны можно рассматривать как отрезок диэлектрического волновода [8], в нашем случае диэлектрический стержень состоит из конического рупора и изогнутого спирального диска из диэлектрического материала. Ниже на рис. 1 показан общий вид антенны и его структура. Модель антенны была создана на программе CST DESIGN ENVIRONMENT.

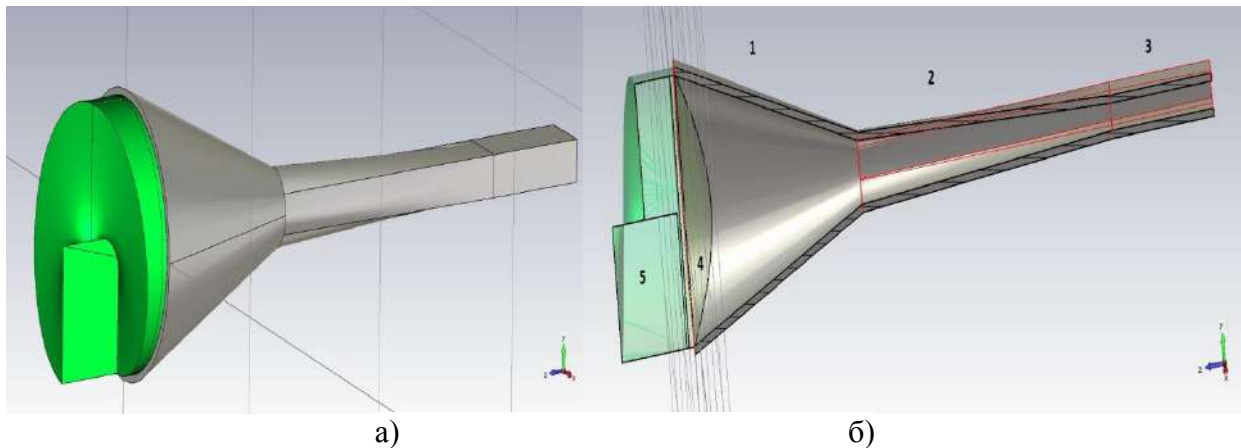


Рис. 1. а) общий вид диэлектрической антенны; б) 1- конический рупор, 2-переход, 3- прямоугольный волновод, 4- диэлектрическая линза, 5- диск изогнутый как спираль.

Конический рупор соединяется при помощи перехода с прямоугольным волноводом. В раскрыт рупора вставлена диэлектрическая линза, для фокусирующей на цели. К ней прикреплен диэлектрический диск с изогнутой по спирали верхней кромкой. (рис. 3) Волновод возбуждается гауссовым импульсом в диапазоне частот 30-50 ГГц на основной моде ( $E_y = 0$ ). Сигнал на входе порта показан на рис. 2,а.

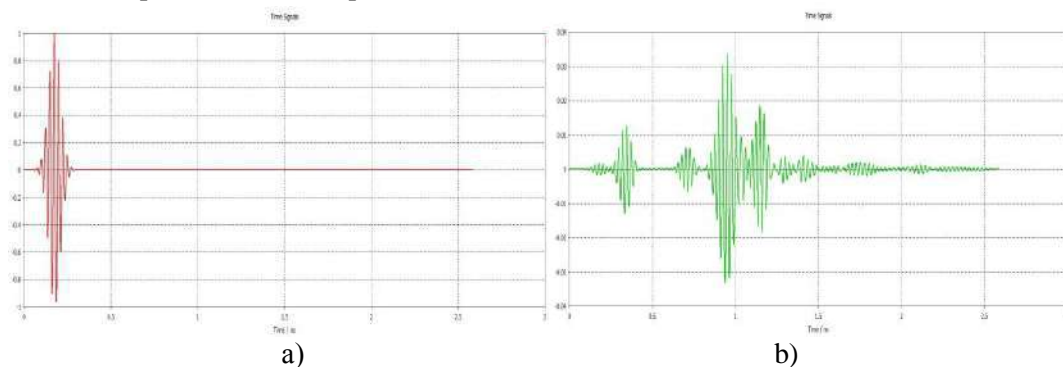


Рис. 2. а) сигнал в порту на входе волновода, б) отраженный сигнал.

Сигнал отражается от структуры менее 3,5%. Отраженный сигнал показан на рис. 2,б Коэффициент отражения от структуры зависит от частоты следующим образом:

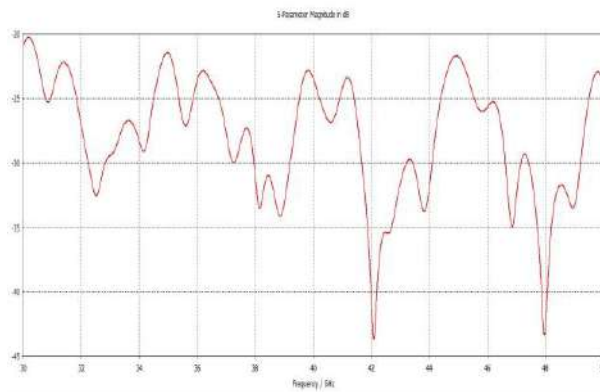


Рис. 3. Зависимость коэффициента отражения от структуры от частоты.

После прохождения диэлектрической линзы получаем плоскую волну.  
Пример для поля  $E_y$  на частоте 40 ГГц - длина волны  $\approx 7,5$  мм.

Фаза волны  $0^\circ$

Фаза волны  $90^\circ$

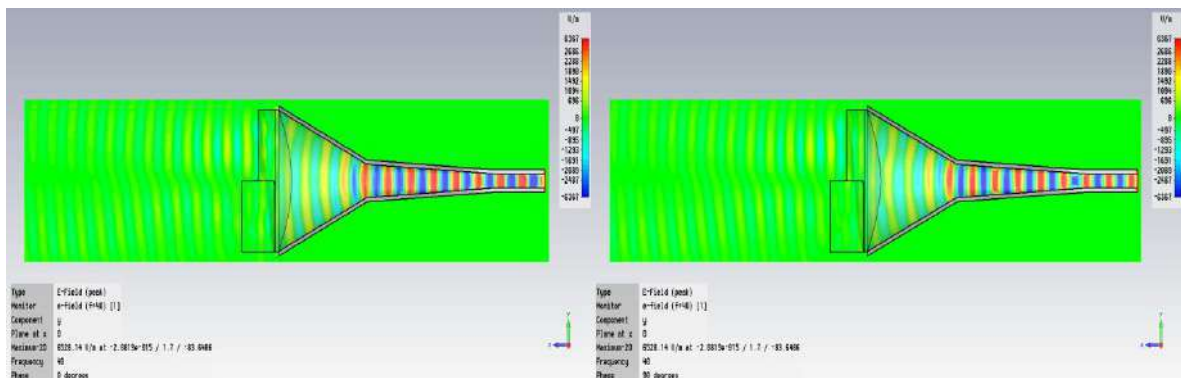


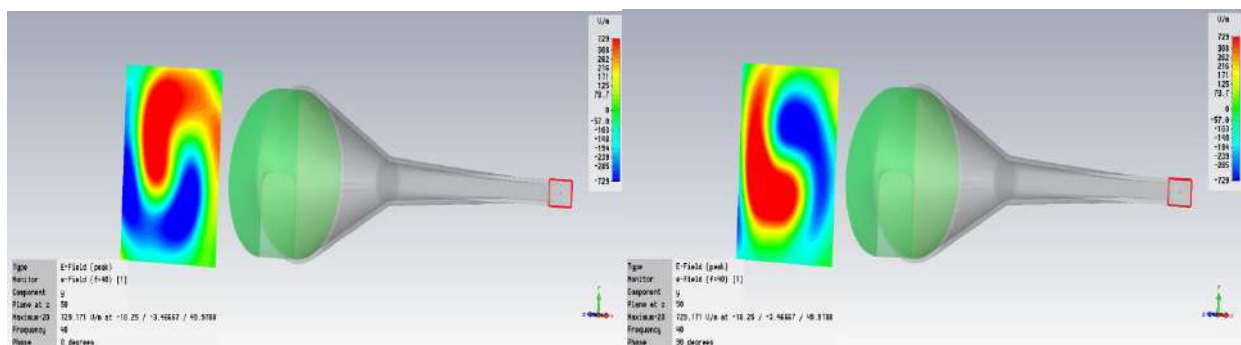
Рис. 4. Плоская волна на выходе антенны

При прохождении антенны длина волны уменьшается в двое, т.е. в области  $-20 < y < 20$  мм помещается целая волна.

Пример поля  $E_y$  на частоте 40 ГГц в плоскости  $x_0y$  при  $z=50$  мм приведен на рис. 5.

Фаза волны  $0^\circ$

Фаза волны  $90^\circ$



Фаза волны  $180^\circ$



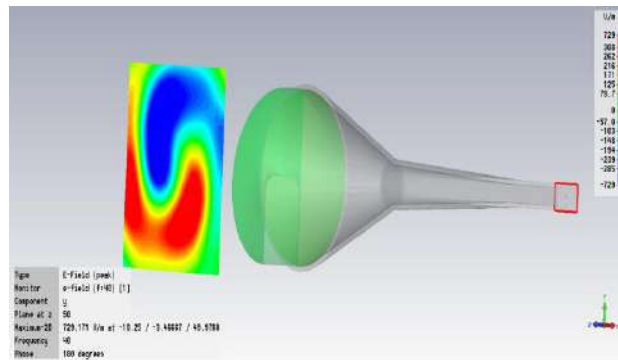


Рис. 5. Вращение поля после прохождения через антенну.

Диаграмма направленности диэлектрической антенны

Диаграмма направленности имеет выраженный основной лепесток и много боковых разной формы (рис. 6).

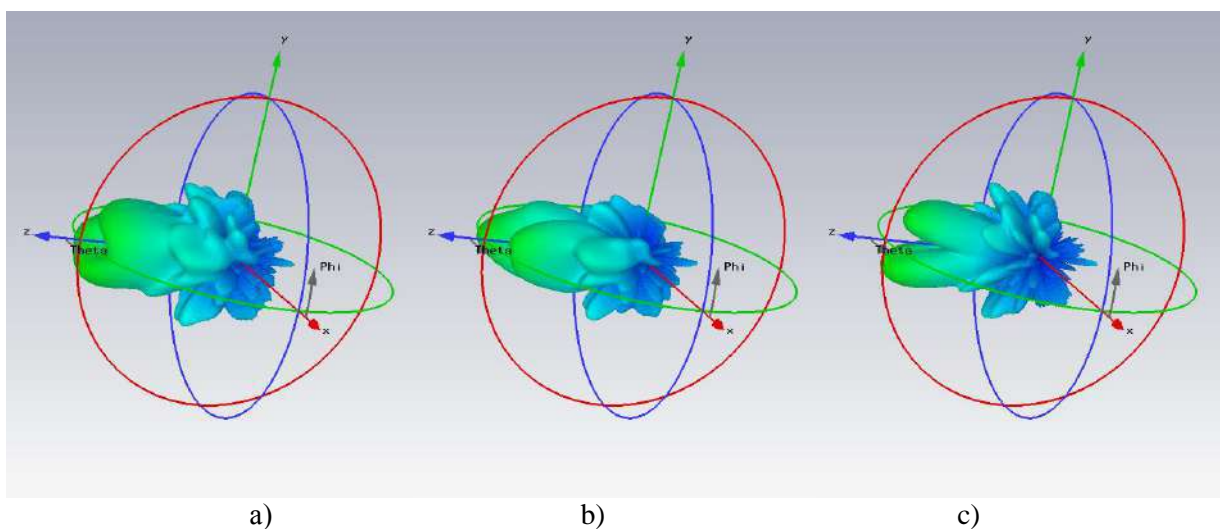


Рис. 6. Диаграмма направленности: а) общий вид; б) для  $E_{\phi}$ ; в) для  $E_{\theta}$ .

Таким образом, из расчетов следует, что предложенная нами диэлектрическая антенна способна излучать и принимать радиоволны с ненулевым орбитальным угловым моментом.

### Заключение

В этой статье описывались основные свойства и особенности радиоволн с ненулевым орбитальным угловым моментом и новая диэлектрическая антенна которая может передавать их. Изучая новый тип антенны мы привели данные, которые доказывают способность диэлектрической антенны передавать скрученные радиоволны, которые имеют большие перспективы в будущем, так как они могут обеспечить эффективную связь и экономически выгодные условия в телекоммуникации. Передаваемые такой антенной скрученные радиоволны имеют такие преимущества как: высокая емкость данных, возможность дальше усовершенствоваться, так как можно еще увеличить информационную емкость используя методы мультиплексирования, а также что немаловажно они имеют повышенную безопасность данных. Это также потенциальные источники новых прикладных методов исследования и, возможно, новых технологий..

### Список использованных источников

1. An article «Terabit free-space data transmission employing orbital angular momentum multiplexing» Jian Wang, Jeng-Yuan Yang, Irfan M. Fazal, Nisar Ahmed, Yan Yan, Hao Huang, Yongxiong Ren, Yang Yue, Samuel Dolinar, Moshe Tur, Alan E. Willner Nature Photonics 6, 488–496 (2012)

2. L. Allen, M. W. Beijersbergen, R. J. C. Spreeuw, and J. P. Woerdman, "Orbital angular-momentum of light and the transformation of Laguerre–Gaussian laser modes," Phys. Rev. A 45, 8185–8189 (1992).
3. V. Yu. Bazhenov et al. 1992. "Screw dislocations in light wavefronts." Journal of Modern Optics 39.5 Forked diffraction grating produces screwed wavefronts with optical vortex at the center
4. Direct Observation of Transfer of Angular Momentum to Absorptive Particles from a Laser Beam with a Phase Singularity Phys. Rev. Lett. 75, 826 – Published 31 July 1995 H. He, M. E. J. Friese, N. R. Heckenberg, and H. Rubinsztein-Dunlop.
5. Gibson, Graham, et al. 2004. "Free-space information transfer using light beams carrying orbital angular momentum." Opt. Express 12.22.
6. New Journal of Physics 14 (2012) 033001 (17pp) An article - Encoding many channels on the same frequency through radio vorticity: first experimental test - Fabrizio Tamburini, Elettra Mari, Anna Sponselli, Bo Thidé, Antonio Bianchini and Filippo Romanato
7. Phys. Rev. Lett. 102, 065004 An article - Radio Pumping of Ionospheric Plasma with Orbital Angular Momentum – Published 12 February 2009 T. B. Leyser, L. Norin, M. McCarrick, T. R. Pedersen, and B. Gustavsson.
8. Кочержевский Г.Н. Антенно-фидерные устройства. –М.:Радио и связь, 1972 (с.145...154).

УДК 537.86/.87

## **ЖАЗЫҚ БЕТКЕ ЖАҚЫН ОРНАЛАСҚАН ЗОММЕРФЕЛЬД СӘУЛЕЛЕНДІРГІШ ЕСЕБІНІҢ ШЫҒАРУ ӘДІСІН ЖАЛПЫЛАУ**

**Даулетиярова Гүлжазира Талғатқызы**

[jazi\\_93\\_01\\_01@mail.ru](mailto:jazi_93_01_01@mail.ru)

Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия Ұлтық Университеті студенті, Астана, Қазақстан

Ғылыми жетекші – Сауытбеков.С.С

### **Аннотация**

Қысқа толқын диапазонында электромагниттік толқын таралуын есептеуде Фурье түрлендіруіне негізделген Зоммерфельд сәулелендіргіш есебін шешудің жаңа әдісі ұсынылады. Сонымен қатар толқындық аймақта стационарлы фаза әдісімен асимптотикалық формулалар табылды.

### **Кіріспе**

Зоммерфельд сәулелендіргіш есебі - сымсыз байланыс облысындағы жер бетімен өшу немесе жұтылу болатын радиотолқын таралу есебінің шешімі болып табылады [1,2]. Зоммерфельд сәулелендіргіш есебінің классикалық шешімінде «Герц потенциалы» қолданылады және есеп кәдімгі дифференциалдық теңдеулер жүйесіне келтіріледі. Бірақ та, аналитикалық шешімде интегралдарды алу күрделі болғандықтан, шешімді практика жүзінде қолдану қиынға соғады. К.Нортон [3] жоғарыда көрсетілген есепті жазық жер бетінде радиотолқын таралуында маңызды рөл атқаратын «әлсіреу коэффициенті» деп аталатын техникада, сымсыз байланыс жүйесінде қолданылатын жеткілікті алгебралық өрнекпен бейнеленетін осы есеп шешімімен анықтады. Бұл жұмыста жоғары және төмен кеңістіктегі электр және магнит өрістерін алу үшін интегралдық өрнектер алынады, мұндағы интегралдау  $k_p$  цилиндрлік координаталар бойынша жүреді.

Онда, Зоммерфельд сәулелену есебінің классикалық шешімін жер бетімен өшу немесе жұтылу болатын  $\omega$  бұрыштық жиілігінде вертикальды дипольды момент сәулеленуімен де шешуге болады. Стационарлы фаза әдісі көмегімен  $k_p$  цилиндрлік координаталар бойынша интегралдау орындалады және берілген мәліметтер бойынша алыс зонадағы электр және магнит өрісін алу үшін аналитикалық шешімнің жабық формасы алынады [4,5]. Ең соңында аналитикалық шешімнің жабық формасының физикалық мағынасы ұсынылады.

### **Есептің қойылуы**

Электромагниттік өріс үшін Максвелл теңдеулері былай жазылады: