

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА



XXIII МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ
И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ
ПО ФУНДАМЕНТАЛЬНЫМ НАУКАМ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ МОЛОДЕЖНЫЙ НАУЧНЫЙ ФОРУМ

“ЛОМОНОСОВ-2016”

СЕКЦИЯ
“ФИЗИКА”

Сборник тезисов докладов
Том 2

ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ МГУ
2016

XXIII Международная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых по фундаментальным наукам «Ломоносов—2016». Секция «Физика». Сборник тезисов. Т. 2. — М. Физический факультет МГУ, 2016. 312 с.

ISBN 978-5-8279-0127-3

Оргкомитет секции:

Сысоев Н.Н. — декан физического факультета (председатель);
Федянин А.А. — заместитель декана (зам. председателя);
Федосеев А.И. — заместитель декана (зам. председателя);
Гапочка М.Г. — заместитель декана (зам. председателя);
Корнеева Ю.В. — председатель СМУ физического факультета
Лебедев А.С. — председатель профкома студентов физического факультета
Паршинцев А.А. — ответственный секретарь.

Экспертный совет секции:

Сысоев Н.Н. — профессор, декан физического факультета (председатель).	Пирогов Ю.А. — профессор;
Андреев В.Г. — доцент;	Плохотников К.Э. — ст. науч. сотрудник;
Бушуев В.А. — профессор;	Потанин С.А. — доцент;
Гордиенко В.М. — профессор;	Савельев-Трофимов А.Б. — профессор;
Доленко Т.А. — ст. науч. сотрудник;	Степанов М.Е. — доцент
Жуковский В.Ч. — профессор;	Твердислов В.А. — профессор;
Засов А.В. — профессор;	Тимошенко В.Ю. — профессор;
Зубов В.Е. — профессор;	Уваров А.В. — профессор;
Казанский А.Г. — профессор;	Форш П.А. — доцент;
Короленко П.В. — профессор;	Хомутов Г.Б. — профессор;
Кульбачинский В.А. — профессор;	Хохлова В.А. — профессор;
Максимочкин В.И. — профессор;	Чуличков А.И. — профессор;
Митрофанов В.П. — профессор;	Шалыгина Е.Е. — профессор;
Наний О.Е. — профессор;	Широков Е.В. — доцент;
Орешко А.П. — доцент;	Ягола А.Г. — профессор.
Ормонт М.А. — доцент;	

Подписано в печать 25.03.2016.
Объем 22,5 п.л. Тираж 120 экз.
Заказ №

Физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова
119991 ГСП-1. г. Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 2.
Отпечатано в отделе оперативной печати физического факультета.

ISBN 978-5-8279-0127-3

© Физический факультет МГУ, 2016

4. Руденко О.В., Чинь Ань Ву. Нелинейные акустические свойства контакта шероховатых поверхностей и возможности акустодиагностики статистических характеристик поверхностей. Акустический журнал, 1994. Т. 40, № 4. С. 668–672.
5. Коробов А.И., Ширгина Н.В., Кокшайский А.И. Влияние давления на нелинейное отражение упругих волн от границы двух твердых сред // Акустический журнал, 2015. Т. 61, № 2. С. 182–190.
6. Джонсон К. Механика контактного взаимодействия. М.: Мир, 1989. 509 с.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКРУЧЕННОГО УЛЬТРАЗВУКОВОГО ПУЧКА

Терзи М.Е., Цысарь С.А., Юлдашев П.В., Карзова М.М., Сапожников О.А.

МГУ им. М.В. Ломоносова, физический факультет, Москва, Россия

E-mail: me.terzi@physics.msu.ru

При распространении ультразвуковой волны происходит перенос энергии и импульса, а в случае закрученных (вортексных) пучков [1] — еще и момента импульса. Закрученные пучки не только дают на препятствия за счёт воздействия акустической радиационной силой, но и передают им вращающий момент. На этом явлении основано действие «ультразвуковых пинцетов»: пересечение двух встречных пучков позволяет захватить частицу и двигать её в нужном направлении. В медицинских приложениях данное устройство может быть использовано для доставки частиц лекарств или, например, для дистанционного перемещения почечных камней. В данной работе для создания фокусированного закрученного пучка в воде использовался фазовая пластина (рис. 1), а структура поля на различных расстояниях от экрана восстанавливалась методом акустической голографии.

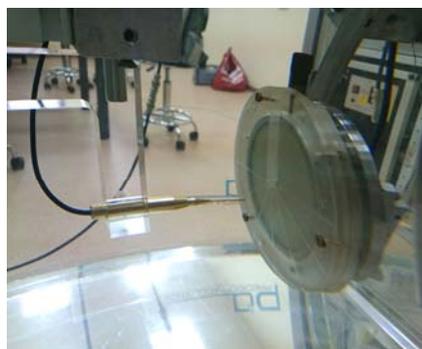


Рис. 1. Фазовая пластина.

В эксперименте ультразвуковой пучок частоты $f = 1.092$ МГц создавался в воде вогнутым пьезокерамическим преобразователем диаметром 10 см, сфокусированным на расстояние 10 см. Фазовая пластина (рис. 1) крепилась к поверхности излучателя и представляла собой круглый диск диаметром 12.9 см, изготовленный из оргстекла и разделенный на двенадцать плоскопараллельных секторных участков разной толщины. Толщины секторов увеличивались таким образом, чтобы волны, излучаемые 1-м и 12-м секторами, различались по фазе на 2π . Набег фаз между секторами возникал из-за разных значений скорости звука в воде и оргстекле (1500 и 2700 м/с, соответственно). Измерение акустического давления производилось в плоскости, отстоящей от центра излучателя на $z = 6$ см, с помощью миниатюрного гидрофона с диаметром чувствительного участка 0.5 мм (Precision Acoustics, США). Положение гидрофона задавалось трёхкоординатной системой позиционирования, управляемой компьютером. Измерения распределения акустического давления (голограммы пучка) проводились с пространственным шагом 0.5 мм в области размером 8×8 см. В каждой точке снимался профиль периодического сигнала, и с помощью прямоугольного преобразования Фурье (длина окна $10/f$) находились амплитуда и фаза волны (см. рис. 2).

Распределение амплитуды давления в плоскости измерения $z = 6$ см (рис. 2а) имеет вид колец, симметрия которых нарушается из-за различного поглощения пучка разными секторами экрана. Распределение фазы давления (рис. 2б) имеет вид спирали.

Далее восстановлением голограммы на любую плоскость параллельную исследуемой [3] можно получить распределение давления на произвольном расстоянии от исследуемой плоскости. Указанная процедура выполнялась численно на основе интеграла Рэлея:

$$p(\mathbf{r}_1) = \int_{\Sigma_2} p(\mathbf{r}_2) K_{pp}^{bwd}(\mathbf{r}_2, \mathbf{r}_1) d\Sigma_2, \quad (1)$$

где $K_{pp}^{bwd}(\mathbf{r}_2, \mathbf{r}_1) = \frac{1}{2\pi} \frac{z}{R} \left(\frac{ik}{R} + \frac{1}{R^2} \right) e^{-ikR}$, R — расстояние между точками 1-й и 2-й плоскостей, $p(\mathbf{r}_{1,2})$ — давление, $\mathbf{k} = \frac{\omega}{c}$ — волновое число, $\mathbf{r}_{1,2} (x_{1,2}, y_{1,2}, z_{1,2})$ — радиус-векторы точек соответственно 1-й (экранной) плоскости и 2-й (исследуемой) плоскостей. Результаты расчётов показаны на рис. 2.

На рис. 2б отчётливо видны сектора экрана тем более тёмные, тем толще сектор. Фаза (рис. 2д) по-прежнему закручена. Искажения в фазовом распределении связаны с конечностью области измерений. За фокусом (рис. 2в) наблюдается область минимума амплитуды в центре пучка, что характерно для вортиксов, а фаза (рис. 2е) остаётся спиралевидной, причём, искажения на этом расстоянии исчезают благодаря дифракции.

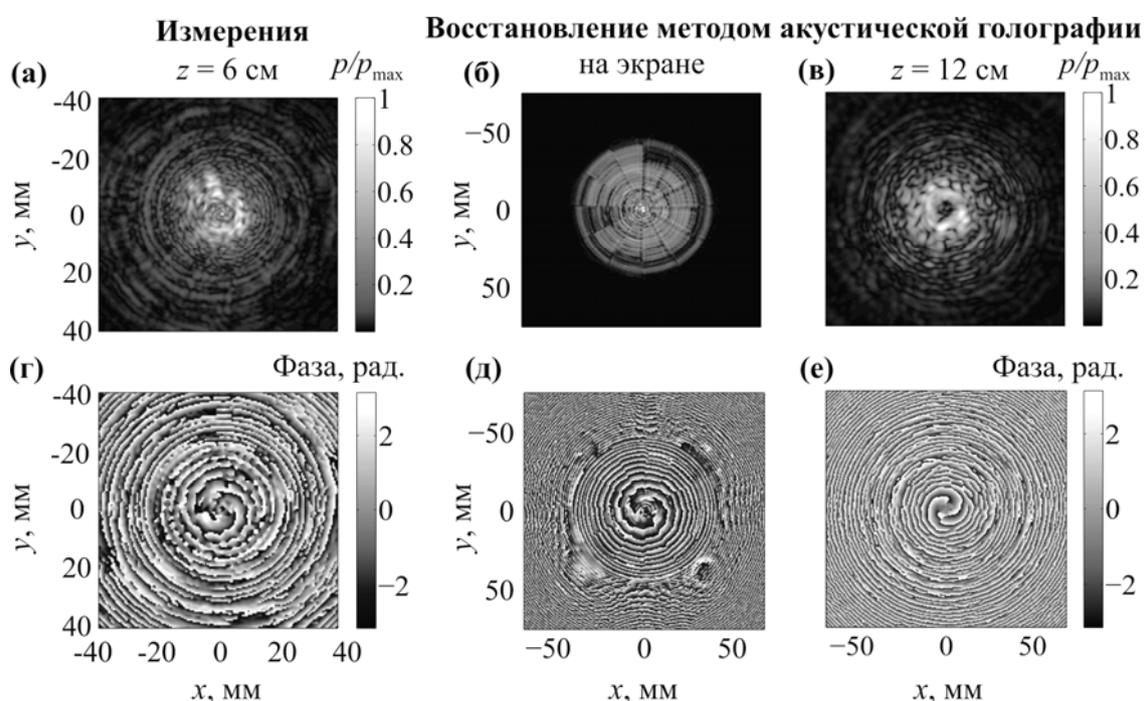


Рис. 2. Распределение амплитуды (а-в) и фазы (г-е) давления на разных расстояниях от излучателя.

Таким образом, пучок, созданный с помощью фазовой пластины, похож по амплитуде и фазе на вортиксный, что позволяет его считать действительно закрученным. Различия моделирования [3] и экспериментальных данных связаны с учётом поглощения вещества пластины, дифракции на краях секторов, конечность области измерений.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №14–02–00426.

Литература

1. Choe Y., Kim J.W., Shung K.K., Kim E.S. Microparticle trapping in an ultrasonic Bessel beam. – Applied Physics Letters, 2011, v. 99, 233704.
2. Sapozhnikov O.A., Tsysar S.A., Khokhlova V.A., and Kreider W. Acoustic holography as a metrological tool for characterizing medical ultrasound sources and fields. – JASA, 2015, v.138, pp.1528–1529.
3. Терзи М.Е., Юлдашев П.В., Сапожников О.А. Закрученные ультразвуковые пучки. — Сборник тезисов докладов XXII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных по фундаментальным наукам «Ломоносов-2015». Секция «Физика», Физический факультет МГУ Москва, с. 190–191.