

## 5. Голографические и интерференционные методы при формировании и приеме оптических вихревых пучков

*В. Венедиктов<sup>1,2</sup>, Д. Венедиктов<sup>3</sup>, К. Гаврильева<sup>1</sup>, А. Горелая<sup>1</sup>, А. Севрюгин<sup>1</sup>, И. Турсунов<sup>1</sup>, Е. Федоров<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина), Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

<sup>3</sup> Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, Санкт-Петербург, Россия

Развитие различных областей применения оптических пучков с ненулевым угловым орбитальным моментом, в частности, перспективы их применения в системах оптической связи по открытому пространству, диктуют необходимость в поиске новых эффективных средств экспресс диагностики и определения топологического заряда принимаемого вихревого оптического пучка, поскольку традиционные методы измерения топологического заряда с использованием двухлучевых интерферометров или систем на основе фазовых пластин оказываются в этом случае не вполне удобными для применения. В последнее время был предложен ряд схемных решений, обеспечивающих более удобный анализ приходящего излучения с точки зрения определения топологического заряда. К ним относятся, в частности, различные схемы автоинтерферометров (интерферометров сдвига), методы, основанные на голографической фильтрации волнового фронта (голографические датчики волнового фронта), а также новые подходы к расшифровке данных, получаемых с помощью датчиков Шака — Гартмана. В обзорном докладе дан сравнительный анализ указанных подходов, а также применения голограмм для формирования оптических вихрей, и представлены некоторые результаты наших экспериментов в этой связи.

*Ключевые слова:* Голография, Датчик волнового фронта, Оптические вихри.

*Цитирование:* **Венедиктов, В.** Голографические и интерференционные методы при формировании и приеме оптических вихревых пучков / В. Венедиктов, Д. Венедиктов, К. Гаврильева, А. Горелая, А. Севрюгин, И. Турсунов, Е. Федоров // HOLOEXPO 2019 : XVI международная конференция по голографии и прикладным оптическим технологиям : Тезисы докладов. — М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019. — С. 33–35.

Фотография искусственной атмосферной трассы представлена на рисунке 1. Она образована 16 высококачественными зеркалами с просветляющими покрытиями на длинах волн 1,06 и 0,53 мкм, апертура каждого зеркала составляет 500 мм. Зеркала расположены таким образом, что составляют два ряда, расстояние между которыми 40 м. ИАТ позволяет варьировать оптический путь луча в зависимости от количества зеркал, используемых в эксперименте. Для обеспечения стабильности и повторяемости атмосферных условий ИАТ помещали внутри здания и дополнительно закрывали металлической конструкцией в дверях, то есть дважды изолировали от внешней атмосферы. Несколько этапов экспериментов показали, что пара-

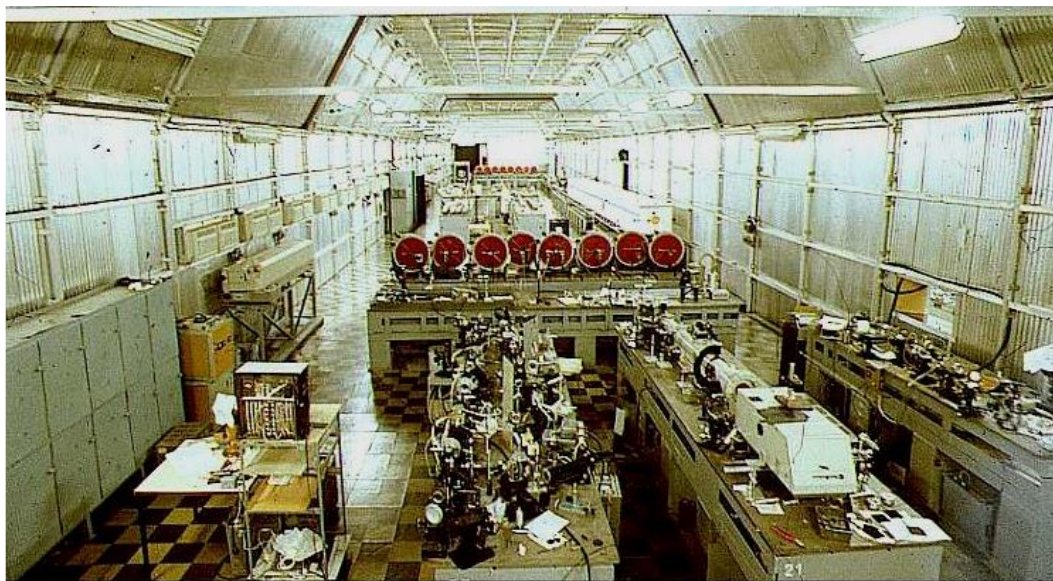


Рис. 1. Искусственная атмосферная трасса (ИАТ)

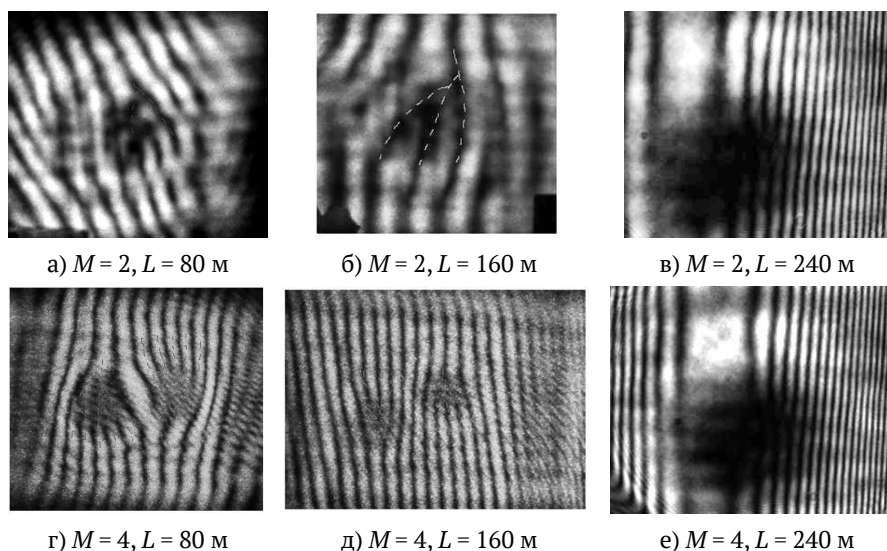


Рис. 2. Примеры интерференционной картины оптического вихря

метры внутренней атмосферы не меняются в зависимости от времени года или в зависимости от температуры наружного воздуха, давления или влажности. Вокруг ИАТ установлены специальные нагреватели и вентиляторы, чтобы обеспечить различные условия для эксперимента и поддерживать стабильный уровень турбулентности [1], но в экспериментах, о которых сообщалось, они не использовались.

На предварительном этапе мы оценили уровень остаточных искажений в такой схеме. Трудно представить эти искажения в параметрах, которые обычно представлены, когда речь идет о реальной атмосферной турбулентности. Показано, что при распространении пучка на расстоянии 160–320 м его волновой фронт накапливает случайные искажения с глубиной 0,1–0,2 мкм. Он медленно меняется и может быть легко исправлен даже при использовании относительно медленной адаптивной оптической системы с рабочей частотой в несколько десятков Гц.

Оптические вихри создавались из гауссова пучка (вторая гармоника Nd-YAG лазера,  $\lambda = 532$  нм) путем дифракции на синтезированных голограммах с асимметричным («сверкающим») краевым профилем [2]. Вихри распространялись вдоль пучка до расстояний  $L = 80$ – $240$  м и анализировались с помощью сдвиговых интерферометров [3]. На этом этапе эксперимента мы исследовали простые скалярные вихри с топологическим зарядом  $M = 2$ – $10$ . На рисунке 2 показаны полученные интерферограммы.

Наши эксперименты показали, что на указанных расстояниях сохраняется вихревая структура и топологический заряд пучков. Мы благодарны Министерству науки и образования Российской Федерации за финансирование в рамках Проекта № 8.1039.2017.

#### Список источников

- [1] **Venediktov, V.** In-door artificial atmospheric beamlet as a test-bed for adaptive optics / V. Venediktov, D. Dmitriev, I. Lovchiy, A. Gorelaya, E. Shubenkova, A. Tsvetkov // Proc. of SPIE. — 2014. — Vol. 9248. — P. 82480U.
- [2] **Аксенов, В. П.** Формирование оптических вихрей с помощью голограмм с асимметричным профилем полосы / В. Ю. Венедиктов, А. А. Севрюгин, И. М. Турсунов // Оптика и спектроскопия. — 2018. — Том 124. — № 2. — С. 273–277.
- [3] **Gavril'eva, K. N.** Detection of optical vortices using cyclic, rotational and reversal shearing interferometers / K. N. Gavril'eva, A. Mermoul, A. A. Sevryugin, E. V. Shubenkova, M. Touil, I. M. Tursunov, E. A. Efremova, V.Yu. Venediktov // Optics and Laser Technology. — 2019. — Vol. 113. — P. 374–378.