

method is one of the student-centered technologies, ways of organizing independent activities of students, aimed at solving the problems of an educational project, integrating the problem approach, group methods, reflexive, research and other techniques.

The practical topics "Heat engines", "Heat phenomena", "Electric current in various environments" are studied in the form of mini – projects which allow reducing the time for their study and improving its quality by several times.

Any laboratory work can become a mini - project if we do not conduct under a detailed instruction, behind which the meaning of the work is sometimes lost, but give students only a task for which they themselves should choose equipment, develop a work plan, conduct an experiment on their own and draw a conclusion. With this performance, as a rule, students better understand what they are doing, better absorb the material [5].

Physics classes structured in such a way contribute to the formation of students' over-subject competencies.

I want to write these words again:

"Tell me and I forget. Teach me and I remember. Involve me and I learn." These words were modern in the ancient China and they are priceless in the modern world.

References:

1 Ruzakhodzhaeva, G.A., & et.al (2015). Sushchnost i sodержaniie kompetentnostnogo podkhoda [The essence and content of the competence approach]. Education and science: theoretical and meth-

odological aspects. *Mezhdunarodnaia nauchno-prakticheskaia konferentsiia. - International scientific and practical conference.* (pp. 127-130). Moskva [in Russian].

2 Khutorskoy, A.V. (2002). Kliuchevyie kompetentsii i obrazovatelnyie standarty [Key competencies and educational standards]. *Eidos: Internet-Journal.* Retrieved from: <http://www.eidos.m/journal/2002/04-23.htm> [in Russian].

3 Aleksandrov, I.V., Afanasieva, A.M., & Strokina, I.V. (2008). Kompetentnostnyi podkhod i otsenka kachestva yestestvennonauchnoi podgotovki v inzhenernom obrazovanii [Competence approach and quality assessment of natural science training in engineering education]. School and University: achievements and problems of continuous physical education. *Rosiiskaya nauchno-metodicheskaiia konferentsiia - Russian scientific and methodological conference.* (pp. 9-12). Yekaterinburg [in Russian].

4 Ponomarenko, Ye.V. (2013). Analiz sovremen-nogo sostoiianiia metodiki prepodavaniia fiziki v vysshei shkole [Analysis of the current state of physics teaching methods in higher education: competence approach.]. *Mezhdunarodnyi zhurnal eksperimentalnogo obrazovaniia - International journal of experimental education, 10, 207-210* [in Russian].

5 Kasenova, L.G. (2017). Virtualnyi laboratornyi praktikum po fizike dlia distantsionnoi formy obucheniia studentov [Virtual laboratory workshop on physics for distance learning students]. *Vestnik Karagandinskogo universiteta - Bulletin of the Karaganda university, 3 (87), 76-81* [in Russian].

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ДВУХМОДОВОМ ВОЛОКОННОМ СВЕТОВОДЕ

DOI: [10.31618/ESU.2413-9335.2019.5.62.119](https://doi.org/10.31618/ESU.2413-9335.2019.5.62.119)

Насиров Т.З.

кандидат физико-математических наук,

доцент кафедры лазерных технологий и оптоэлектроники

Ташкентский государственный технический университет имени И. Каримова

Юсупов Д.Б.

доктор физико-математических наук,

профессор кафедры лазерных технологий и оптоэлектроники

Ташкентский государственный технический университет имени И. Каримова

Хожиев Фаррух Анварович

магистрант

Ташкентский государственный технический университет

INVESTIGATION OF DISTRIBUTION OF LASER RADIATION IN THE TWO MODE OPTIC FIBER

Nasirov T.Z.

doctor of philosophy in physics and mathematics,

professor of department laser technologies and optoelectronics

Tashkent State technical University named after I. Karimov

Yusupov D.B.

doctor of science in physics and mathematics,

professor of department laser technologies and optoelectronics

Tashkent State technical University named after I. Karimov

Khojiyev Anvar Anvarovich

magister

Tashkent State technical University named after I. Karimov

АННОТАЦИЯ.

Представлены результаты исследования распределения интенсивности гелиево-неонового лазера в двухмодовой оптической кабеле. Показано, что формы интенсивностей мод LP_{01} и LP_{02} напоминают гауссово распределение со строгим пиком в самом центре волокна, а форма моды LP_{11} хотя по краям волокна напоминает гауссово распределение, однако внутри него имеет синусообразную картину, причем, в отличие от мод LP_{01} и LP_{02} , в самом центре волокна интенсивность практически равна нулю. Отсюда следует, что если по данному волокну излучение гелиево-неонового лазера использовать в целях передачи, обработки и приема сигналов, то несущие сигнал моды LP_{01} и LP_{11} можно использовать одновременно, а моды LP_{01} и LP_{02} смешивать, т.е. использовать одновременно не целесообразно.

ABSTRACT.

The results of investigations on distribution intensity of from He-Ne laser in the two mode optic fiber have been presented. It has been shown that the LP_{01} and LP_{02} modes intensities shapes similar to the Gauss distribution having the strict peak in the fiber center, and LP_{11} mode shape although on the fiber boundaries is similar to Gauss distribution, but in its interior parts has sinus like picture which unlike from LP_{01} and LP_{02} modes the intensity in the fiber center practically equals to zero. It follows from ones if we use radiation of He-Ne laser for transmission, processing and receiving signals then LP_{01} and LP_{02} modes as signal carriers can be used simultaneously, at the same time using LP_{01} and LP_{02} modes have not been recommended.

Ключевые слова: двухмодовое оптическое волокно; распределение интенсивности; гауссово распределение

Keywords: two mode optic fiber; intensity distribution; Gauss distribution

Постановка проблемы

Как известно, что в настоящее время оптические волокна (ОВ) широко применяются для передачи, обработки и приема сигналов, в которых в качестве несущих информацию волн применяются инфракрасные и видимые лучи. Распространяясь по волокнам, теряется часть мощности входящего излучения. В связи с этим представляет широкий интерес исследовать количественно степень распределения интенсивности излучения по поперечному сечению при распространении оптического излучения через волокна.

Анализ последних исследований и публикаций

В последнее время среди ОВ предпочтень стали отдавать [1, с. 247; 2, с. 225] маломодовым ОВ по причине того, что последние имеют ряд преимуществ по сравнению с их предшественниками: в них можно масштабировать около 50 мод; диаметр внутренней оболочки стандартный – 125 мкм; имеется возможность производить сварку с помощью традиционных аппаратов, легко приспособить к ним традиционные оптические компоненты стандартных оптических систем.

В работах [3, с. 289; 4, с. 727] было исследовано влияние линейного смещения сигналов на проявление Керр-нелинейностей при одновременной передаче трех модовых каналов в одном волокне на одной же длине волны и было показано, что при использовании в качестве несущей информацию нескольких мод одной длины волны может происходить межмодовая интерференция, которая впоследствии будет негативно влиять на целостность и качество передающегося сигнала.

При монтаже любых прокладок ОВ и при передаче по ним сигналов нужно учитывать [5, с. 28; 6, с. 8] стойкость ОВ к механическим и климатическим воздействиям, а также возможную генерацию высших гармоник [7, с. 60]. Кроме этого, всегда имеется потеря мощности излучения, характеризующаяся коэффициентом затухания. В работах [8, с.

51; 9, с. 70] было установлено, что коэффициент затухания изогнутого участка ОВ возрастает с увеличением длины волны оптического сигнала, с уменьшением радиуса изгиба, с уменьшением радиуса сердцевины оптического волокна и с уменьшением высоты профиля показателя преломления.

Для передачи мощного оптического излучения в работе [10, с. 91] было предложено воспользоваться оптическим металлизированным волокном, выполненным по коаксиальной структуре. Там же отмечается, что данная конструкция обладает минимальной дисперсией, минимальными нелинейными эффектами и выдерживает повышенные тепловые нагрузки, сопровождающие распространение мощного оптического излучения, а также позволяет увеличивать числовую апертуру и передавать повышенную мощность излучения.

В целях проведения более точных и наглядных исследований распространения оптического излучения через ОВ необходимо включить в экспериментальную установку элемент, обеспечивающий разделение (фильтрацию) оптических мод. В работе [11, с. 3] для этой цели было предложено использовать электрически управляемое жидкокристаллическое устройство, которое в нужный момент позволяет переключить моды лазерного излучения.

К настоящему моменту **не решена задача исследования распределения интенсивности по поперечному сечению волокна.**

Целью настоящей работы является экспериментальное исследование зависимости мощности оптического излучения при выходе из оптического волокна от мощности входного излучения в это же волокно по поперечному сечению волокна.

Методика исследований и экспериментальная установка

В эксперименте в качестве источника оптического излучения был использован гелиево-неоновый лазер. Рабочая длина волны была установлена на 632,816 нм. При этом для согласования излучения использовали собирающую линзу с фокусным

расстоянием 5 см. Эффективность ввода η излучения определяли как отношение мощности, введенной в световод P_{input} , к мощности $P_{radiation}$, излучаемой источником:

$$\eta = 10 \lg \frac{P_{input}}{P_{radiation}}. \quad (1)$$

Излучение в световод ввели методом соединения встык, т.е. торец оптического волокна максимально приблизили к излучающей поверхности источника.

Считая, что источник излучает равномерно по площади и симметрично относительно оптической оси, вводимую в световод мощность P_{input} рассчитали выражением:

$$P_{input} = 2\pi \frac{S_{overlap}}{S_{radiation}} \int_0^A I_{radiation}(\theta) \sin \theta d\theta, \quad (2)$$

где

$S_{overlap}$ – площадь перекрытия сердцевины световода;

$S_{radiation}$ – площадь излучающей поверхности гелиево-неонового лазера;

A – апертура волокна, радиан;

$I_{radiation}(\theta)$ – сила света источника в зависимости от направления, Вт/стерадиан;

θ – угол между направлением распространения излучения и оптической осью источника, радиан.

Считая излучение гелиево-неонового лазера ламбертовым:

$$I = I_0 \cos \theta,$$

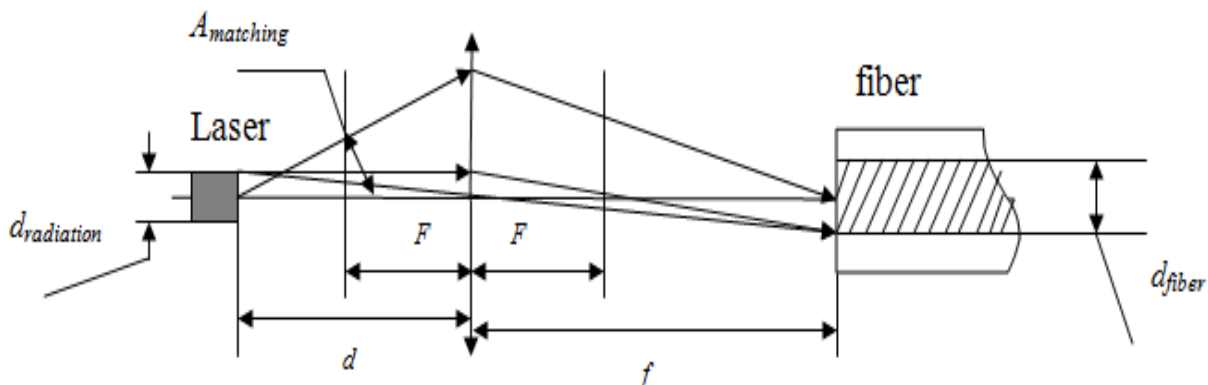


Рис. 1. Ввод излучения в волокно с помощью собирающей линзы

В таком случае торец волокна следует располагать на оптической оси линзы в месте, где формируется изображение излучателя:

$$f = F(K + 1)$$

Рассматривая изображение источника как источник, пристыкованный к сердцевине волокна, можно рассчитать вводимую в волокно мощность по формуле:

$$P_{input} = 2\pi \int_0^{A_{matching}} I_{radiation}(\theta) \sin \theta d\theta$$

Для исключения дополнительных потерь на диафрагмирование потока излучения от источника необходимо, чтобы диаметр линзы d_{lens} выбирался из условия:

можно определить эффективность ввода η из соотношения:

$$\eta = 10 \lg \left[(1 - \cos A) \frac{S_{overlap}}{S_{radiation}} \right] \quad (3)$$

Имеется возможность повышения эффективности ввода путем использования дополнительных оптических элементов. При расчете эффективности ввода излучения от гелиево-неонового лазера можно использовать упрощенные выражения, полученные с использованием законов геометрической оптики.

На рис.1 показан ход лучей от излучателя в световод для случая использования тонкой сферической линзы. В том случае, когда площадь излучающей поверхности лазера меньше площади торца сердцевины волокна использование линзы позволяет повысить эффективность ввода излучения благодаря согласованию апертуры волокна с диаграммой направленности излучателя. Для согласования излучатель располагают на таком расстоянии от линзы, при котором размеры изображения излучателя и размеры сердцевины волокна равны:

$$d = F \frac{K + 1}{K},$$

где

d – расстояние от излучающей поверхности до линзы;

F – фокусное расстояние линзы;

K – линейное увеличение линзы.

$$d_{lens} \geq 2f \operatorname{tg} A$$

Принципиальная схема экспериментальной установки представлена на рис.2. Данная установка представляет собой набор последовательно расположенных элементов: гелиево-неонового лазера – 1, собирающей линзы – 2, приспособления – 3 по разветвлению определенной поляризационной компоненты оптического излучения к оптическому волокну – 4, фотоэлемента – 5 и полупрозрачного экрана – 6, на котором можно наблюдать в увеличенном виде распределение интенсивности излучения, вышедшего из оптического волокна.

Эксперимент проводили на трех модах: LP₀₁, LP₁₁ и LP₀₂, которые были разветвлены поочередно с помощью приспособления 3.

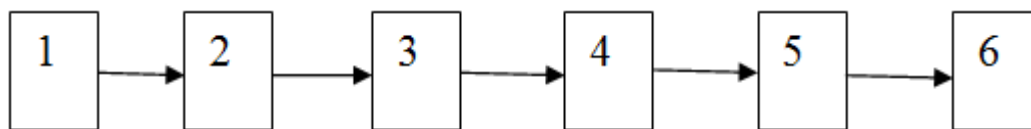


Рис.2. Принципиальная схема экспериментальной установки: 1 – гелиево-неоновый лазер; 2 – собирающая линза; 3 – поляризационный разветвитель для фильтрации определенной поляризационной компоненты оптического излучения; 4 – оптическое волокно; 5 – фотозлемент; 6 – экран.

Результаты исследований и обсуждение

В экспериментах использовали двухмодовый световод SF 8 10/125 с длиной 500 м, который был намотан на цилиндрический барабан с внешним диаметром 0.9 м. Диаметр оболочки самого волокна 125 мкм, диаметр сердцевины 8 мкм.

После установления максимальной яркости на экране сфотографировали, на основании которого построили зависимость интенсивности излучения при выходе из оптического волокна от расстояния от центра волокна. В целях получения сравнительной картины, используя данные всех этих снимков, построили зависимость интенсивности излучения при выходе из оптического волокна от расстояния от центра волокна на одном графике для трех мод (рис.3).

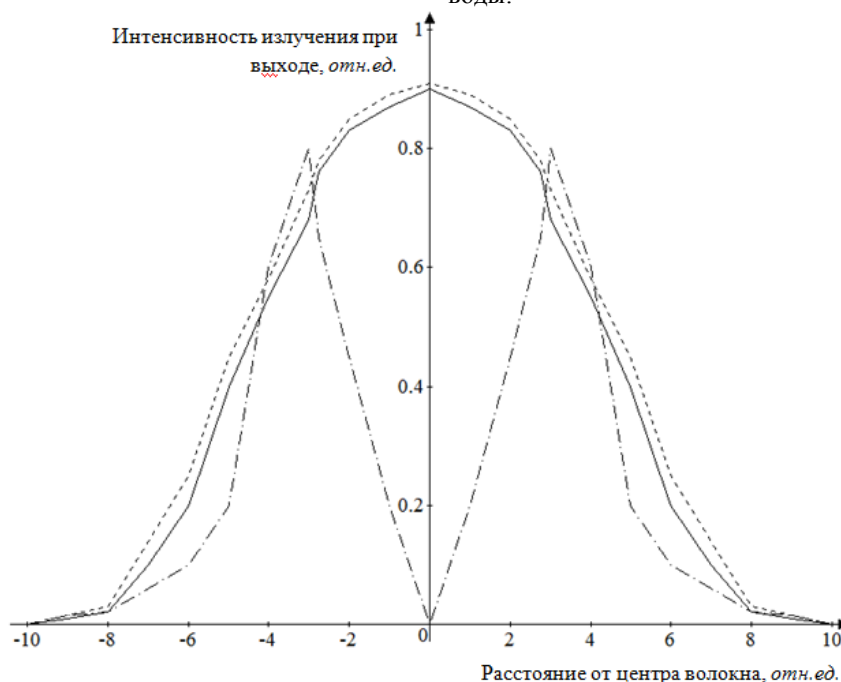


Рис. 3. Профили распределения излучения ψ в двухмодовом одноканальном световоде в модах LP_{01} (сплошная линия), LP_{11} (точечно-пунктирная линия) и LP_{02} (пунктирная линия).

Во первых, форма интенсивности моды LP_{01} напоминает гауссово распределение со строгим пиком в самом центре волокна. Отсюда следует, что хотя в эксперименте оптическое волокно было намотано на барабан с диаметром 0.9 м, оно достаточно хорошо пропускает световое излучение, причем оно распространяется очень хорошо по самому центру волокна.

Во-вторых, хотя форма интенсивности моды LP_{11} по краям волокна напоминает гауссово распределение, однако внутри него имеет синусообраз-

Из рисунка 3 видно, что для оптической моды LP_{01} получена зависимость, напоминающая гауссово распределение интенсивности, имеющая четкий пик в центре по поперечному сечению сердцевины ОВ. А мода LP_{11} имеет двух пиковых значений интенсивности, соответствующих примерно 1/3 и 2/3 частям отрезка по диаметру волокна. Что касается моды LP_{02} , то здесь интенсивность имеет практически одинаковую форму с модой LP_{01} .

Выводы исследований и перспективы

Итак, на основании результатов, полученных на проведенных экспериментах по изучению интенсивности излучения красного луча от гелиево-неонового лазера при выходе из двухмодового оптического волокна, можно сделать следующие выводы:

ную картину, причем, в отличие от моды LP_{01} , в самом центре волокна интенсивность практически равна нулю. Отсюда можно сделать вывод в том, что моды LP_{01} и LP_{11} внутри волокна не претерпевают явлению резонанса, т.е. могут распространяться практически независимо друг от друга.

В-третьих, мода LP_{02} имеет форму, практически совпадающую с модой LP_{01} . Это, видимо, связано с тем, что распространяясь по данному волокну, эти моды могут претерпевать явления резонанса.

Резюмируя вышесказанное можно заключить в том, что если данное волокно использовать для передачи, обработки и приема сигналов, то моды LP_{01} и LP_{11} можно одновременно использовать в качестве несущей волны, а моды LP_{01} и LP_{02} смешивать, т.е. использовать одновременно не рекомендуется.

Список литературы:

1. *Бурдин А.В.* Расчет параметров схемы прецизионного позиционирования каналов MDM на торце маломодового волоконного световода // Информационные технологии. –2016. –т. 14. –№ 3. –Сс. 247-258.
2. *Бурдин В.А., Бурдин А.В.* Моделирование протяженной волоконно-оптической линии передачи с двумодовыми оптическими волокнами // Сборник трудов III международной конференции «Информационные технологии и нанотехнологии». –Самара, 25-27 апреля 2017. –Сс. 225-230.
3. *Кутлюяров Р.В., Любопытов В.С., Султанов А.Х., Багманов В.Х.* Влияние линейного смешивания мод на нелинейные искажения сигналов в маломодовых оптических волокнах // Сборник трудов III международной конференции «Информационные технологии и нанотехнологии». –Самара, 25-27 апреля 2017. –Сс. 289-293.
4. *Кутлюяров Р.В., Любопытов В.С., Султанов А.Х., Багманов В.Х.* Метод определения принципиальных мод маломодового оптического волокна на основе применения многоканального ДОО // Компьютерная оптика. –2014. –т. 38. –№ 4. –Сс. 727-736.
5. *Боев М.* Исследование влияния внешних факторов на оптические кабели, подводящиеся в дом // Первая миля. –2012. –№ 1. –Сс. 28-31.
6. *Николаев А.В.* Отечественное оптическое волокно. Текущее состояние и перспективы // Наука и техника. –2016. –№ 4(359). –Сс. 8-11.
7. *Насиров Т.З., Юсупов Д.Б., Хожиев Ф.А., Маматкосимов М.А.* Эффективность генерации второй гармоники под действием солнечных лучей // “Universum”. Технические науки. –2018. –№ 8(53). –Сс. 60-67.
8. *Былина М.С., Халилов М.Н.* Теоретическое и экспериментальное исследование потерь в изогнутых оптических волокнах // Труды учебных заведений связи. –2017. –т. 3. –№ 2. –Сс. 51-59.
9. *Стенина Т.А.* Изучение влияния изгибов на оптическое волокно // Евразийский союз ученых. –2015. –№ 2(11). –Сс. 70-73.
10. *Сорокин Ю.В.* Экспериментальное оптическое волокно для передачи мощного лазерного излучения // Альманах современной науки и образования. –2011. –№ 6(49). –Сс. 91-95.
11. *Мельникова Е.А., Рушинова И.И.* Полное внутреннее отражение на границе двух ориентаций директора жидкого кристалла // Вестник БГУ. Серия 1. –2016. –№ 2. –Сс. 3-7.

УДК 531.552, 623.5, 519.24

ОБ ОЦЕНКАХ ВЕРОЯТНОСТИ ПОРАЖЕНИЯ ВЗРЫВНЫМИ УСТРОЙСТВАМИ

DOI: [10.31618/ESU.2413-9335.2019.5.62.118](https://doi.org/10.31618/ESU.2413-9335.2019.5.62.118)

Погодин Игорь Евгеньевич

Докт. физ.-мат. наук,

проф. каф. математики ВМПИ ВУНЦ ВМФ ВМА, радиофизик,

Полищук Геннадий Иванович

Канд. физ.-мат. наук, доц. каф. физики СПб ГЛТУ, радиофизик

АННОТАЦИЯ.

В качестве одной из прикладных задач научно-технической интеграции и информационной безопасности рассматриваются оценки вероятности А) подрыва человека, шагающего через заминированную площадку с заданными размерами. Задачу удалось обобщить также на случай Б) подрыва транспортного или плавсредства на заминированной поверхности, а также на случай В) поражения летательного аппарата, подвергающегося многочисленным одновременным разрывам в окружающей его части пространства. В основу алгоритма заложено сочетание геометрического определения вероятности и схемы независимых испытаний Бернулли. Предложенный алгоритм оценки вероятностей подрыва может представлять интерес для обеих противоборствующих сторон: он позволяет для различных объектов в различных условиях при любых заданных параметрах рассчитывать необходимые вероятности поражения объектов для оценки рисков одной стороны и для оптимизации расходов взрывчатых материалов с другой стороны. Показано, что при подрыве мины вероятности детонации соседних мин могут начать нарастать с ростом количества мин n , причем значительно быстрее, чем собственно вероятности подрывов, что ведет к нежелательным во многих случаях «ложным тревогам» с дополнительным расходом взрывчатых материалов.

ABSTRACT.

As one of the applied problems of scientific and technical integration and information security, estimations of the probability A) of undermining a person walking through a mined area with predetermined dimensions are considered. This task was also able to be generalized in case B) of a vehicle or floating device detonated on a mined surface, as well as in case C) of the destruction of an aircraft subject to numerous simultaneous breaks in the surrounding part of space. The algorithm is based on a combination of the geometric definition of probability and the Bernoulli independent events scheme. The proposed algorithm for estimating the probability of undermining may be of interest to both warring parties: it allows different objects in different conditions with any given parameters to calculate the necessary probabilities of damage to objects for assessing the risks for one side and for