

## ПРОЕКТНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ УЧАЩИХСЯ СРЕДНИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

УДК 535.421

**Лазерная система для измерения диаметра микропроволок**<sup>1\*</sup> Варданян С. Т., <sup>2</sup> Старчик Ю. Ю.<sup>1</sup> ученик 10В класса ЧОУ «Гимназия №1», Новороссийск ул. Севрюкова 6<sup>2</sup> НФ БГТУ им. В. Г. Шухова, Новороссийск ул. Мысхакское шоссе 75email: \* [somilok12@gmail.com](mailto:somilok12@gmail.com), [starchik-yu-yu@nb-bstu.ru](mailto:starchik-yu-yu@nb-bstu.ru)

В настоящее время существует несколько известных способов измерения толщины медной проволоки: микрометром (штангенциркулем), с помощью навивки проволоки на круглый предмет и измерения длины намотки и деления на число витков, однако для проволок, диаметр которых менее 1 мм эти способы дают большие погрешности. Существует ещё один способ определения – проводящая способность жилы кабеля, но для этого нужно знать силу тока или мощность кабеля, затем рассчитать нагрузку, которую может выдержать провод. Мы предлагаем использовать лазерный дифракционный метод, для реализации которого необходимы лазер, дифракционная решетка, экран с миллиметровым масштабом, измерительная линейка.

*Ключевые слова:* лазер, проволока, дифракционная решётка, микрометр, погрешность.

Описываемый в статье способ позволяет измерять образцы различной толщины от 1 мм до 1 мкм достаточно точно и быстро [1]. Этот способ основан на явлении дифракции света. Явление дифракции света заключается в отклонении световой волны от прямолинейного распространения пути в случае прохождения света через малые отверстия или мимо малого непрозрачного экрана.

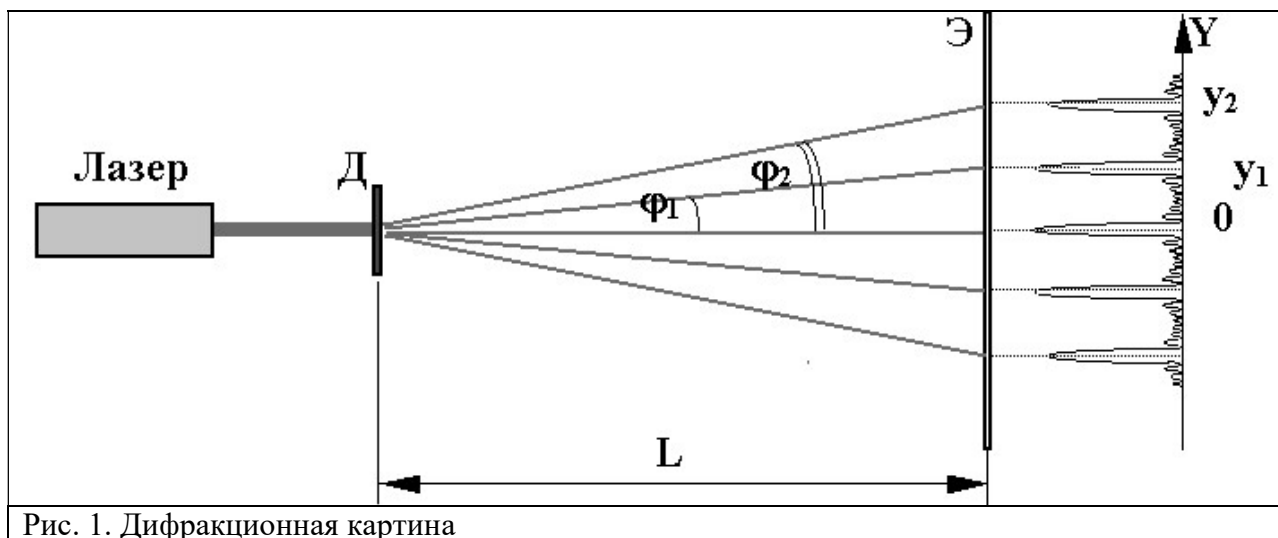
В оптически неоднородной среде дифракция практически наблюдается, если размеры препятствия одного порядка с длиной световой волны, или, если место наблюдения дифракции находится на большом расстоянии от отверстия или препятствия. Наиболее интересный случае дифракции реализуется при использовании дифракционных решеток. Простейшая дифракционная решетка представляет собой стеклянную пластинку, на которой с помощью точной делительной машины нанесены параллельные друг другу штрихи и оставлены узкие неповрежденные полосы. Штрихи непрозрачны для света, и световые волны, проходя решетку, их огибают. Принято называть периодом решетки или постоянной решетки ( $d$ ) сумму размеров прозрачной  $a$  и непрозрачной  $b$  полос:  $d = a + b$  [2].

Если осветить дифракционную решетку пучком когерентных параллельных лучей, падающих перпендикулярно к поверхности решетки, то наблюдаются следующие явления: в фокальной плоскости будет происходить сложение многочисленных пучков, приходящих в различные точки экрана с различными фазами колебаний.

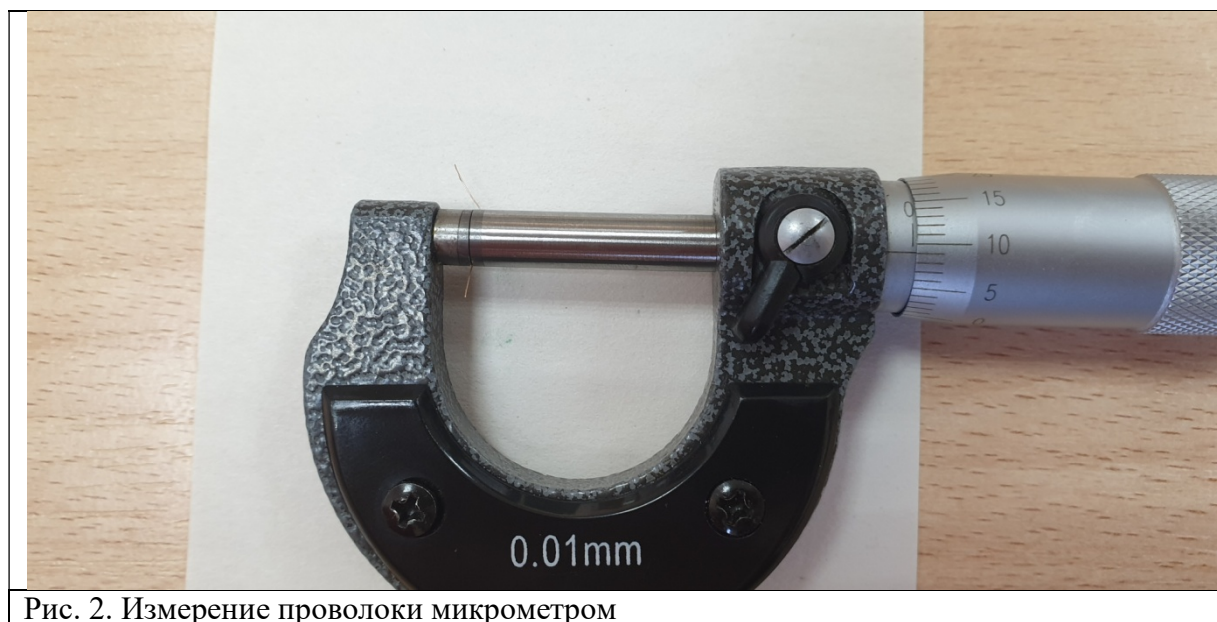
Если источник света испускает свет одной длины волны, то в результате интерференции на экране появится изображение щелей решетки, окрашенных в этот цвет. Роль линзы выполняет хрусталик глаза, который фокусирует параллельные лучи, полученные в результате дифракции. Например, лучи 1 и 2 на рис. 1, на сетчатой оболочке глаза. RR – дифракционная решётка, на которую падает параллельный пучок лазерного излучения [3].  $L$  – расстояние от дифракционной решетки до экрана, мм.  $x$  – расстояние между максимумами полос одного и того же для спектров 1-го, 2-го, 3-го и т. д. Для определения длины волны  $\lambda$  в формуле (1) необходимо знать  $\sin \varphi$ , т.к.  $L \gg x$ , то  $\sin \varphi \approx \operatorname{tg} \varphi$  и тогда  $\operatorname{tg} \varphi = x/2L$

Для нахождения длины волны:

$$\lambda = \frac{dx_{cp}}{2lk} \quad (1)$$



На оптической скамье установлен лазер красного излучения с длиной волны 632 нм, дифракционная решётка (0,01 мм), а также можно переключиться на пластину с закреплённой проволокой различных диаметров, а за ней устанавливается экран с миллиметровой бумагой для изображения дифракционной картины. Мы применили проволоку  $d = 90$  мкм, предварительно измерив её микрометром как показано на рис. 2.



В начале необходимо измерить расстояние от экрана до дифракционной решётки с помощью линейки или рулетки. В нашем случае это расстояние составляет  $L = 705$  мм (на рисунке 3 это расстояние  $b$ ). Расстояние между левым и правым порядками первого максимума  $r_k = 100$  мм (на рисунке 1 – расстояние  $a$ ).

Наша задача измерить расстояние от центра (нулевая полоса) до нескольких полос. Например, 3, 5 и 7 полосы. Мы получили значения  $l_1 = 15$  мм,  $l_3 = 25$  мм,  $l_7 = 36$  мм.

Затем мы определяем ширину между полосами по формуле

$$\Delta x = \frac{l_i}{N} \quad (2)$$

$N$  – число полос.

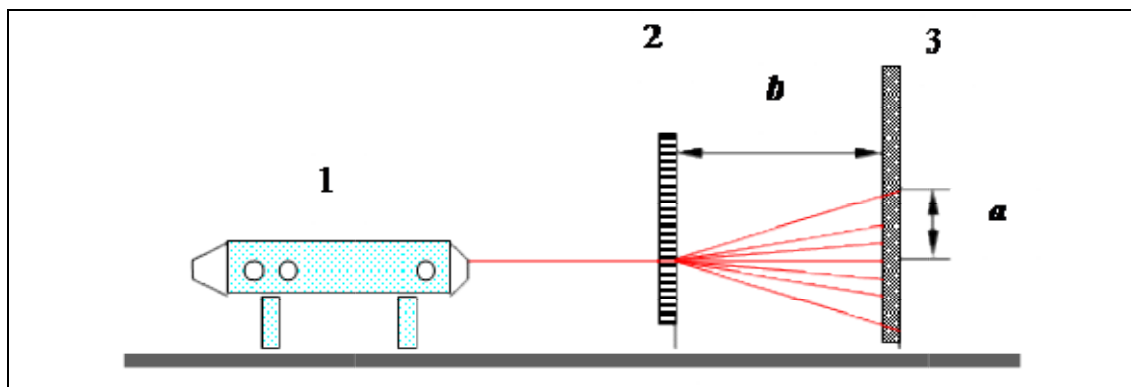


Рис. 3. Схема лабораторной установки.



Рис.4. Измерение расстояний между порядками первого, второго и третьего максимума дифракционной решетки



Рис. 5. Дифракционная картина от проволоки

Тогда диаметр проволоки будет вычислена по формуле:

$$b = \frac{\lambda \cdot l}{\Delta x} \quad (3)$$

Расчёты по формуле (3) дают среднее значение диаметра проволоки  $B = 88,35 \pm 0,87$  мкм, относительная погрешность

$$\delta = \delta_A = \frac{\Delta A}{A} \cdot 100\%. \quad (4)$$

то есть относительная погрешность наших измерений составляет 0,98 %.

Измерение круглых протяженных изделий (проволоки) в расходящемся световом потоке имеет ряд преимуществ по сравнению с другими методами: отсутствие зеркальной и линзовой оптики, а также подвижных оптических узлов, точность измерений и возможность использования для особо тонких проволок делает этот метод интересным для промышленного использования.

Экспериментально показано, что можно измерить диаметр круглой проволоки с относительной погрешностью менее 1 %.

Для промышленного использования этот метод требует доработок, но его идея измерения круглых образцов малого диаметра в настоящее время актуальна и может применяться не только для проволок, но и для круглых частиц при закреплении их на линзе и измерении диаметра частицы. Данные исследования актуальны и применимы в промышленности стройматериалов при измерении тонкости помола цемента или других тонкодисперсных порошков.

### Список литературы

1. Бабенко С.П. Дифракция световых волн [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Бабенко С.П.— Электрон. текстовые данные.— Москва: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2014.— 48 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/30871.html>.— ЭБС «IPRbooks»
2. Таксанц, М. В. Энергетические параметры и характеристики лазерного излучения: метод. указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Измерение и контроль параметров лазерного излучения» : учебное пособие / М. В. Таксанц, Л. Н. Майоров. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. — 49 с. — ISBN 978-5-7038-3847-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/58392>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Петров, В. М. Интерференция и дифракция для информационной фотоники : монография / В. М. Петров, А. В. Шамрай. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 460 с. — ISBN 978-5-8114-5151-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/133481>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### Laser system for measuring the diameter of microwires

<sup>1\*</sup> Vardanyan S. T., <sup>2</sup> Starchik Yu. Yu.

<sup>1</sup> student of the 10-th grade of CHOU "Gymnasium No. 1", 6 Sevryukova str., Novorossiysk,

<sup>2</sup> Novorossiysk Branch of Belgorod V G Shukhov State Technology University, 353919, Russia, Novorossiysk, Myskhakskoe shosse 75

email: \* [somilok12@gmail.com](mailto:somilok12@gmail.com), [starchik-yu-yu@nb-bstu.ru](mailto:starchik-yu-yu@nb-bstu.ru)

Currently, there are several known methods for measuring the thickness of copper wire: with a micrometer (caliper), by winding the wire on a round object and measuring the length of the winding and dividing by the number of turns, but for wires with a diameter of less than 1 mm, these methods give large errors. There is another way to determine the conducting capacity of the cable core, but for this you need to know the current or power of the cable, then calculate the load that the wire can withstand. We propose to use a laser diffraction method, which requires a laser, a diffraction grating, a screen with a millimeter scale, and a measuring ruler. This method allows you to measure samples of various thicknesses from 1 mm to 1 microns fairly accurately and quickly.

*Keywords:* laser, wire, diffraction grating, micrometer, error.