

УДК 658.5

**Т.П. Троегубова, А.Н. Рогожникова**

**T.P. Troegubova, A.N. Rogozhnikova**

Пермский национальный исследовательский политехнический университет  
Perm National Research Polytechnic University

## **УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВОЛОКОННОЙ КАТУШКИ**

### **IMPROVING THE QUALITY OF MANUFACTURING OF THE FIBER COIL**

Представлены описание и анализ процесса изготовления оптического волокна и волоконной катушки на предприятии ОАО «ПНППК». Приведены разработанные мероприятия по улучшению качества производства волоконной катушки, а также анализ их результативности.

**Ключевые слова:** волоконно-оптический гироскоп, элемент чувствительный, волоконная катушка, оптическое волокно типа Панда, поляризация,  $h$ -параметр, брак.

The paper presents a description and analysis of the existing process of manufacturing optical fiber and fibers coil in the JSC "PNPPK". Activities of improvement the quality of manufacturing of the fibers coil are designed. The impact of the developed activities is analyzed.

**Keywords:** fiber-optic gyroscope, the sensitive element, fibers coil, optical fiber type Panda, the polarization,  $h$ -parameter, defect.

В XXI веке прогресс не стоит на месте, происходит совершенствование и развитие всех составляющих военной техники, в том числе гироскопов.

Гироскоп – это устройство, которое выполняет функции детектора угловой скорости в инерциальном пространстве и по праву может называться абсолютным тахометром, являясь структурным элементом инерциальной навигационной системы, обрабатывающей информацию о местонахождении самолета или судна с целью выведения его на курс.

На сегодняшний день наибольшее применение нашли волоконно-оптические гироскопы (ВОГ), появлению которых способствовало развитие волоконной оптики. Важнейшим элементом ВОГ является элемент чувствительности, в состав которого входит волоконная катушка (ВК), представляющая собой каркас и намотанное на него оптическое волокно (ОВ) типа Панда (рис. 1).



Рис. 1. Состав волоконной катушки

Оптическое волокно – нить из оптически прозрачного материала (стекла, пластика), используемая для переноса света внутри себя посредством полного внутреннего отражения [1].

Наибольшее применение в волоконно-оптических системах передачи информации, устройствах и датчиках получило ОВ на основе кварцевого стекла, работающее от УФ-диапазона до ближнего ИК-диапазона, причем в настоящее время имеющее наименьшие потери ( $\sim 0,2$  дБ/км на  $\lambda = 1,55$  мкм). Специфика этого применения требует создания ОВ с особыми свойствами. К числу таких оптических волокон, формируемых в основном на базе высококчистого кварцевого стекла, относятся в первую очередь те, которые сохраняют поляризацию [1].

Сегодня известно, что видимый свет представляет собой электромагнитные волны с определенной длиной волны. Опыты, в которых была открыта поляризация света, указывают на их поперечность. При распространении электромагнитной волны в ней совершают колебания вектор напряженности электрического поля  $\mathbf{E}$  и вектор магнитной индукции  $\mathbf{H}$  (рис. 2), которые всегда взаимно перпендикулярны и лежат в плоскости, перпендикулярной распространению волны. Если колебания вектора  $\mathbf{E}$  происходят в одной плоскости, то говорят, что свет плоскополяризован (или линейно-поляризован), а саму плоскость называют плоскостью поляризации. Векторы  $\mathbf{E}$  и  $\mathbf{H}$  могут вращаться относительно направления распространения света, в этом случае световая волна обладает сложной поляризацией (круговой или эллиптической) [2].

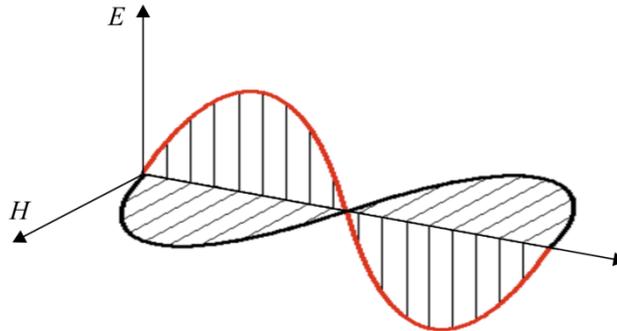


Рис. 2. Распространение электромагнитной волны

Поляризация света – процесс упорядочения колебаний вектора напряженности электрического поля световой волны при прохождении света сквозь некоторые вещества (преломлении) или при отражении светового потока [2].

Оптическая характеристика оптоволокну, которая обозначает степень несохранения поляризации, называется  $h$ -параметр.

Среди волокон с устойчивой поляризацией, обладающих одновременно низкими потерями мощности и малыми перекрестными помехами, известно оптическое волокно типа Панда (рис. 3) [3].

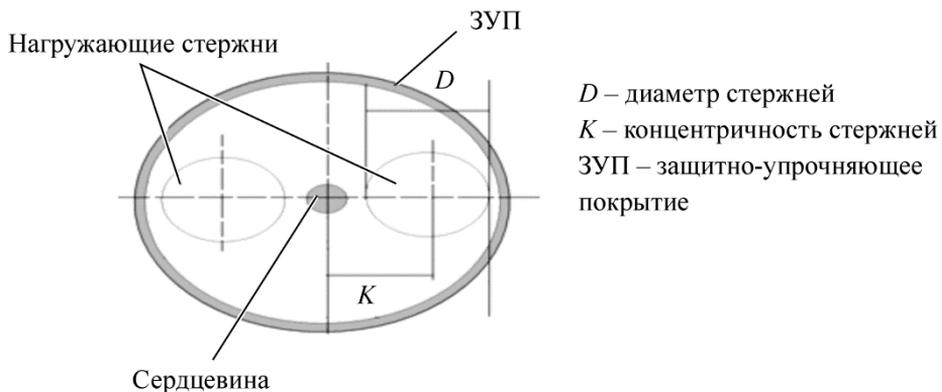


Рис. 3. Эскиз волокна типа Панда

Только годное ОВ передается для намотки на каркас волоконной катушки, после чего она проходит термостабилизацию и измеряется на  $h$ -параметр. Выход годных ВК по  $h$ -параметру непосредственно оказывает влияние на качество конечного изделия.

После анализа данных измерения ВК по  $h$ -параметру в 2012–2014 годах были получены следующие результаты (рис. 4).

Из рис. 4 видно, что в исследованные годы происходило постепенное увеличение брака волоконных катушек по  $h$ -параметру.

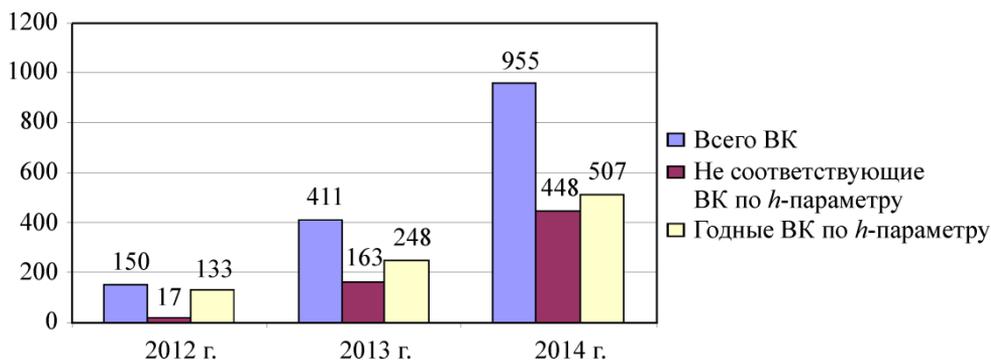


Рис. 4. Увеличение брака ВК по  $h$ -параметру, шт.

В результате проведенного анализа возможных причин увеличения брака ВК по  $h$ -параметру были предложены мероприятия по улучшению их качества, связанные, например, со структурой волокна, режимами его вытяжки, процессом термостабилизации.

После анализа результативности предложенных мероприятий рекомендовано:

- проведение дальнейшего анализа влияния каркасов с отклонениями на  $h$ -параметр (изучение характера отклонений);
- проводить намотку ВК на станках с автоматизированной системой натяжения волокна;
- дальнейшее применение соотношения диаметров ЗУП  $d_1$  и  $d_2$ , равного 50%/50%;
- применение более продолжительной (свыше 1 месяца) вылежки волокна с ЗУП.

### Список литературы

1. Бурков В.Д., Иванов Г.А. Физико-технологические основы волоконно-оптической техники. – М.: Изд-во Моск. гос. ун-та леса, 2007. – 222 с.
2. Электромагнитные волны. Поляризация света [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.b-i-o-n.ru/theory/elektromagnitnye-volny/poljarizacija-sveta> (дата обращения: 25.03.2015).
3. Small form-factor PANDA type HiBi fiber for sensing applications [Электронный ресурс] / M. Alam, D. Guertin, J. Farroni [et al.]. – URL: <http://www.nufern.com/library/item/id/49> (дата обращения: 22.03.2015).

Получено 02.06.2015

**Троегубова Татьяна Петровна** – доцент кафедры металлорежущих станков и инструментов, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, механико-технологический факультет, e-mail: troegubovatp@gmail.com.

**Рогожникова Анна Николаевна** – студентка, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, механико-технологический факультет, гр. УК-10-1с, e-mail: nyuta.rogozhnikova@mail.ru.