

УДК 681.7

Е.М. Силутина

РАЗРАБОТКА СТЕНДА ДЛЯ КАЛИБРОВКИ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ ДЕФОРМАЦИИ КРУЧЕНИЯ

Предложен стенд, который может быть использован для калибровки волоконно-оптических тензодатчиков. Проведен экспериментальный анализ его работы.

Техническому прогрессу в машиностроении способствовало широкое использование современных методов и средств тензометрии, которые позволили на высоком уровне решать задачи, связанные с созданием новых машин. Сложность конструктивных форм узлов и деталей современных машин, многообразие действующих на них нагрузок в подавляющем большинстве случаев не позволяют определять напряженное состояние расчетным путем или моделированием при создании машин новых конструкций; иными словами, новые машины не могут быть правильно спроектированы и выполнены без проведения экспериментальных исследований механических напряжений, развиваемых в отдельных узлах машины.

Так как традиционные датчики деформаций имеют определенные недостатки [1], то актуальной является задача поиска новых физических принципов и конструктивных решений для создания тензодатчиков новых типов.

Одним из таких типов первичных тензопреобразователей могут служить волоконно-оптические датчики для измерения различных физических величин [2, 3].

При наличии большого количества разнообразных конструкций волоконно-оптических датчиков постоянно проводится поиск новых физических эффектов и конструкций таких датчиков. В настоящее время такие исследования направлены на использование наведенной анизотропии в волоконных световодах [4], применении дифракционных решеток, образованных в световедущей сердцевине волоконного световода [5] и использовании специальных оптических волокон [6].

В [7] отмечается, что для измерения деформации кручения удобно использовать простой по конструкции волоконно-оптический датчик разрывного типа, содержащий два отрезка волоконного световода, один из которых является источником излучения, а второй – приемником. Но возникает задача калибровки таких датчиков. Для решения этой задачи в работе предлагается использовать разработанный стенд, схема которого приведена на рис. 1.

Основу стенда составляет деформируемый вал 1, который жестко закреплен в опоре 2. Второй конец вала имеет возможность вращаться свободно в опоре 3. Опоры 2, 3 жестко закреплены на основании 4. Для деформации вала применяется набор грузов, которые укладываются поочередно на площадку 5. Грузы через рычаг 6 воздействуют на деформируемый вал через диск 7, жестко соединенный с валом 1. Для измерения угла поворота вала используется индикатор часового типа 8, на подвижный шток которого передается движение вала через толкатель 9.

Волоконно-оптический датчик состоит из двух отрезков волоконных световодов, закрепленных в металлических иглах. В один из отрезков световода 10 вводится излучение полупроводникового лазера 11, а из второго отрезка световода 12 излучение выводится на фотоприемное устройство 13, в качестве которого используется ваттметр поглощаемой мощности оптический ОМЗ-66.

Принцип работы используемого волоконно-оптического датчика заключается в том, что излучение из световода 10, играющего роль источника излучения, частично

вводится в отрезок световода 12, играющий роль приемника излучения. Доля введенного излучения определяется величиной деформации кручения. Для определения динамического диапазона деформаций, измеренных с помощью датчиков с различными параметрами используемых световодов, были проведены модельные эксперименты. К примеру, на рис. 2 приведена экспериментальная зависимость выходного сигнала датчика деформации кручения при расстоянии 112 мкм между осями излучающего и приемного световодов. В экспериментах использовались кварц-полимерные световоды с диаметром световедущей сердцевины 200 мкм. Нулевая точка соответствует совпадению осей световодов.

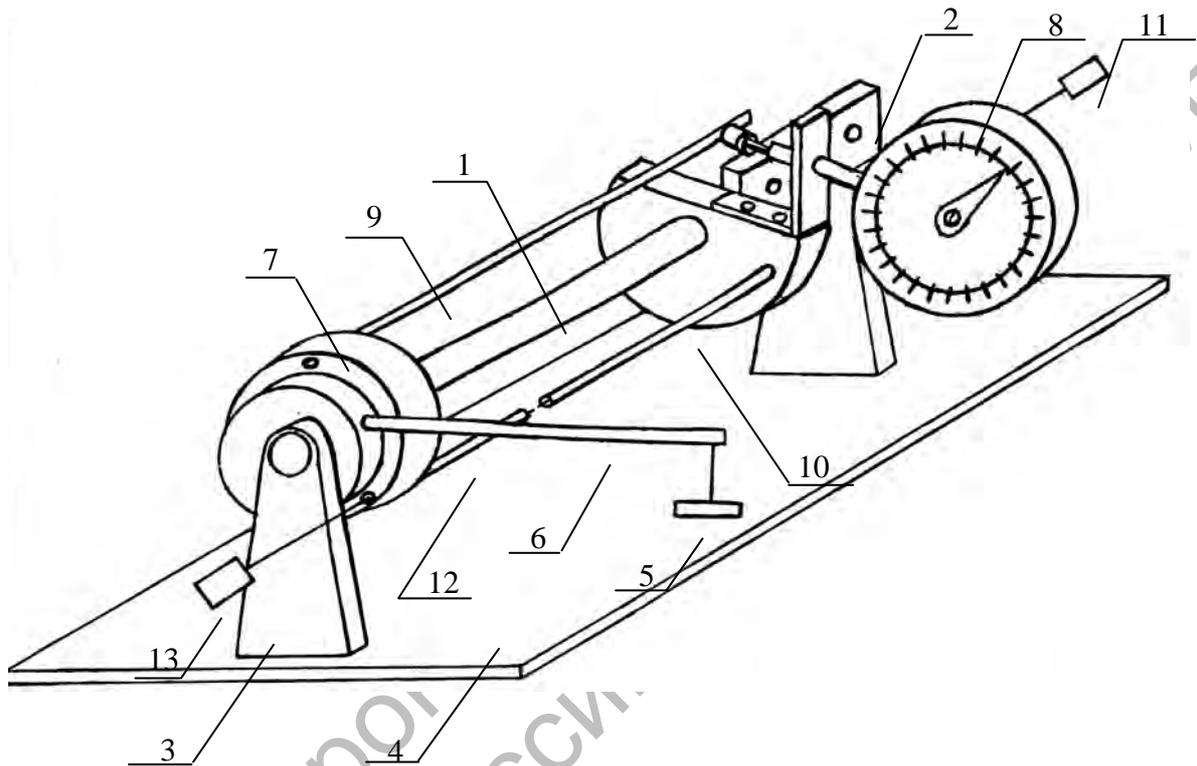


Рис. 1. Схема измерительного стенда: 1 – деформируемый вал; 2, 3 – опоры; 4 – основание; 5 – площадка для укладывания грузов; 6 – рычаг; 7 – диск; 8 – индикатор часового типа; 9 – толкатель; 10 – отрезок волоконного световода, в который вводится излучение; 11 – источник излучения; 12 – отрезок волоконного световода, из которого выводится излучение; 13 – фотоприемное устройство

Из приведенного рисунка видно, что зависимость носит практически линейный характер и диапазон измеряемой деформации определяется диаметром световедущей сердцевины световода.

Полученные аналогичные зависимости для величины зазора между торцами световодов 87 и 125 мкм полностью совпадают с зависимостью, приведенной на рис. 2.

Несколько иной характер носят градуировочные зависимости при использовании в датчике кварц-кварцевых световодов с диаметром световедущей сердцевины 50 мкм, диаметром кварцевой оболочки 125 мкм и диаметром полимерной защитной оболочки 300 мкм. Эти зависимости для разных расстояний между торцами излучающего и приемного световодов приведены на рис. 3.

Из приведенных зависимостей видно, что наблюдается небольшое изменение градуировочных зависимостей для разных расстояний между торцами световодов дат-

чика. Поэтому можно сделать вывод, что для построения волоконно-оптических датчиков деформации кручения необходимо использовать многомодовые световоды с большим диаметром световедущей сердцевины; зазор между торцами излучающего и приемного отрезков световода может быть в пределах радиуса световедущей сердцевины используемых световодов.

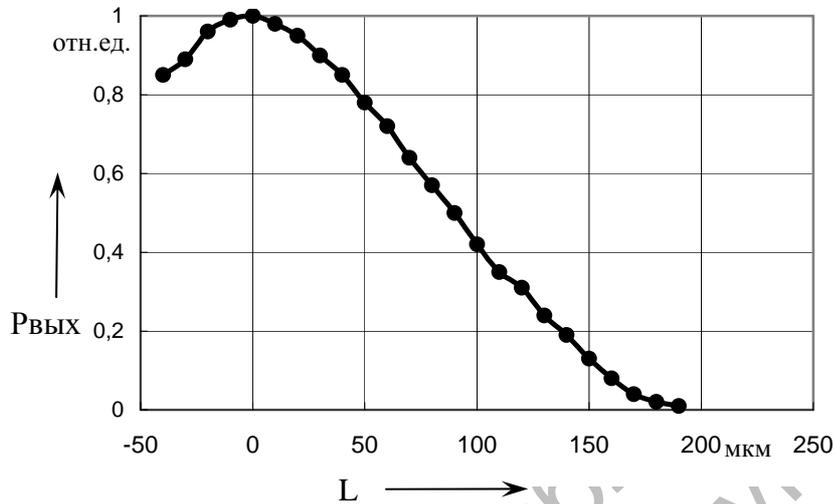


Рис. 2. Экспериментальная градуировочная характеристика для волоконно-оптического датчика деформации кручения на основе кварц-полимерного волоконного световода

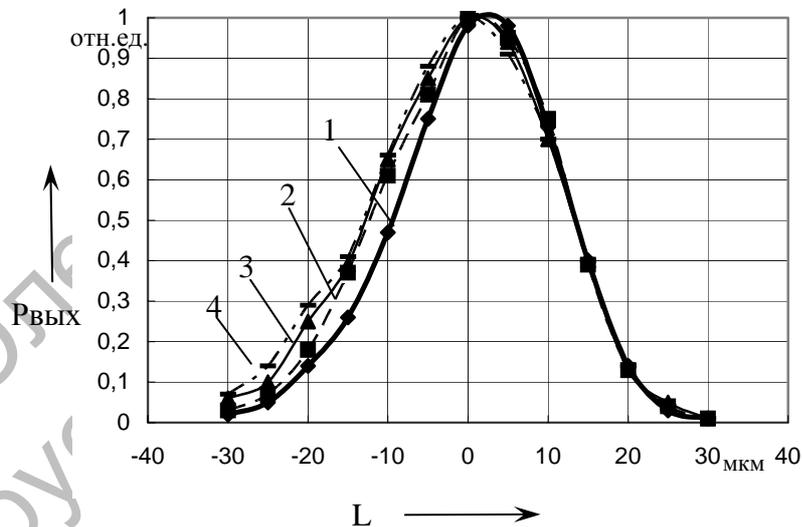


Рис. 3. Экспериментальные градуировочные характеристики для волоконно-оптического датчика деформации кручения при различных расстояниях между торцами излучающего и приемного отрезков кварц-кварцевого волоконного световода: 1 – 100 мкм; 2 – 112 мкм; 3 – 125 мкм; 4 – 137 мкм

Для калибровки датчика на основе кварц-полимерного световода измерялась зависимость показаний индикатора от величины нагрузки, которая приведена на рис. 4. Видно, что эта зависимость носит линейный характер при нагрузке более 0,5 кг.

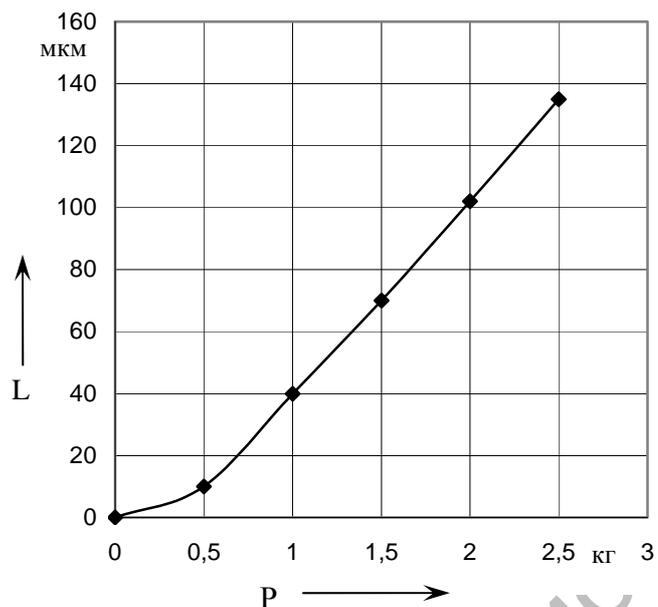


Рис. 4. Зависимость показаний индикатора от нагрузки

Аналогичная зависимость сигнала датчика от величины нагрузки приведена на рис. 5, где видно, что она носит достаточно линейный характер.

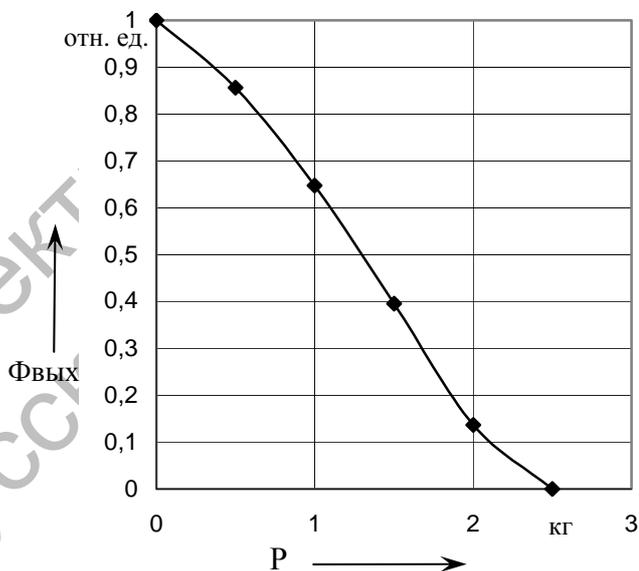


Рис. 5. Зависимость выходного сигнала датчика от нагрузки

Из анализа полученных зависимостей, приведенных на рис. 4 и 5, была получена градуировочная характеристика используемого датчика кручения, которая приведена на рис. 6. Эту характеристику можно использовать для определения деформации кручения вала.

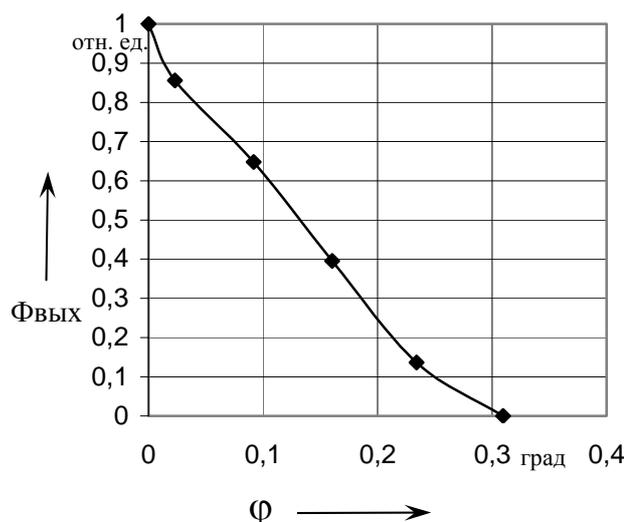


Рис. 6. Зависимость выходного сигнала датчика от деформации кручения

Полученные зависимости использовались для расчета модуля сдвига материала, из которого изготовлен вал. Расчеты дали величину модуля, соответствующую табличным данным.

Таким образом, разработан стенд, который может быть использован для калибровки волоконно-оптических тензодатчиков и может применяться для проведения лабораторных работ по дисциплине “Сопротивление материалов”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тензометрия в машиностроении : справ. пособие / Под ред. Р. А. Макарова. - М. : Машиностроение, 1975. – 288 с.
2. **Окиси, Т.** Волоконно-оптические датчики / Т. Окиси, К. Окамото, М. Оцу ; под ред. Т. Окиси. – Л. : Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1990. – 256 с.
3. **Красюк, Б. А.** Оптические системы связи и световодные датчики. Вопросы технологии / Б. А. Красюк, Г. И. Корнеев. – М. : Радио и связь, 1985. – 192 с.
4. **Park, Y.** Determination of stress-induced intrinsic birefringence in single-mode fiber by measurement of two-dimensional stress profile / Y. Park, U-C. Park, D. Y. Kim // Opt. Lett. – 2002. – Vol. 27, № 15. – P. 1291-1293.
5. Dispersion effect in a highly birefringent fiber laser sensor with fiber Bragg-grating reflector / K. Herond [etc.] // Opt. Lett. – 2002. – Vol. 27, № 11. – P. 897-899.
6. Differential birefringence in Bragg gratings in multicore fiber under transverse stress / M. Silva-Lopez [etc.] // Opt. Lett. – 2004. – Vol. 29, № 19. – P. 2225-2227.
7. **Борисов, В.И.** Волоконно-оптический датчик деформации кручения / В. И. Борисов, И. М. Кузменко, Е. М. Силутина // Вестн. МГТУ. - 2004. – № 2. - С. 25-29.

Белорусско-Российский университет
Материал поступил 25.11.2005

E.M. Silutina
Development of the stand calibration
of fibre-optical torsional strain gauges
Belarusian-Russian University

The stand which can be used for calibration of optical fibre strain gauges is proposed. The experimental analysis of his work is carried out.