ПОДХОД К МЕТРОЛОГИЧЕСКОМУ АНАЛИЗУ ВОЛОКОННОГО ОПТОЭЛЕКТРОННОГО ДАТЧИКА ДАВЛЕНИЯ С КОМПЕНСАЦИОННЫМ КАНАЛОМ*

М. М. Чукарева, И. Е. Славкин, А. В. Бадеев, Е. А. Полякова

Пензенский государственный университет, г. Пенза

Научный руководитель – Е. А. Бадеева, д.т.н., доцент

Надежность – один из главных критериев качества любого датчика, поэтому обеспечение метрологической и механической надежности является актуальной задачей. Грамотный подход к метрологическому анализу позволяет выявить возможные погрешности датчика и заранее предложить комплекс мер по их снижению или устранению.

Разработчики средств измерений еще на этапе проектирования проводят подробный метрологический анализ, позволяющий до момента изготовления учесть влияние возможных дестабилизирующих факторов на их функционирование, оценить возможные погрешности средств измерений и погрешности измерений, что с высокой долей вероятности позволит снизить различные составляющие погрешности [1].

В работе [2] предложен принципиально новый волоконный оптоэлектронный датчик давления (ВОЭДД), включающий два измерительных канала: рабочий и компенсационный. Рассмотрим структурную схему данного датчика (рис. 1).

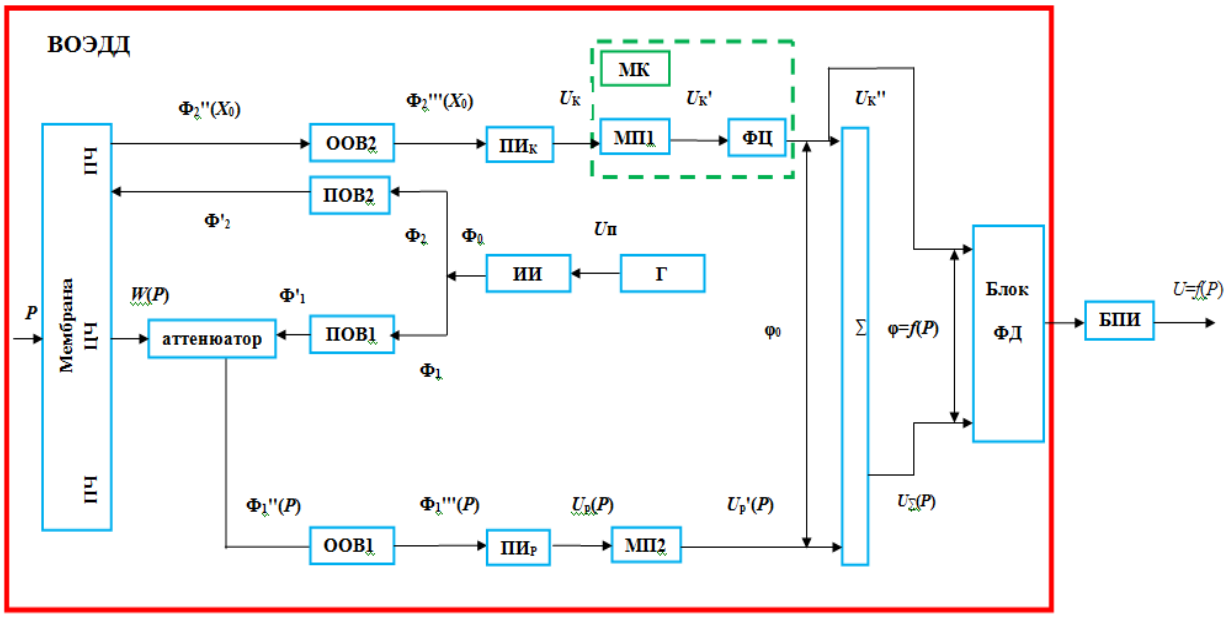

Рис. 1. Структурная схема ВОЭДД с компенсационным каналом:
Г – генератор; ИИ – источник излучения; ПОВ1, ПОВ2 – подводящие оптические волокна; ЦЧ – центральная часть мембраны; ПЧ – периферийная часть мембраны; ООВ1, ООВ2 – отводящие оптические волокна; Пик – компенсационный приемник излучения; Пир – рабочий приемник излучения; МП1, МП2 – масштабирующие преобразователи; ФЦ – фазосдвигающая цепь; МК – масштабирующий контур; ∑ – сумматор; ФД – фазовый детектор; БПИ – блок преобразования информации

На основе структурной схемы [3, 4] построена функциональная схема ВОЭДД с компенсационным каналом (рис. 2) и определена последовательность преобразования оптических и электрических сигналов (рис. 3).

* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-38-00196.

Номинальная функция преобразования ВОЭДД в общем случае:

$$U_{\text{н}} = \Phi(P)k, \tag{1}$$

где k – коэффициент преобразования оптико-механической системы.

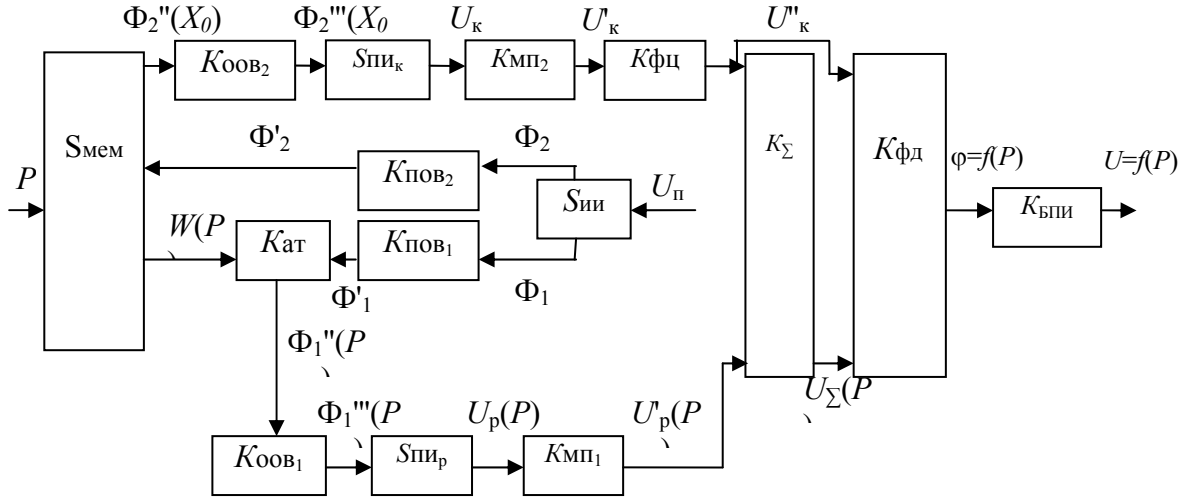

Рис. 2. Функциональная схема ВОЭДД с компенсационным каналом
$S_{\text{ИИ}}$ – чувствительность источника излучения; $K_{\text{ПОВ1}}$ и $K_{\text{ПОВ2}}$ – коэффициенты передачи 1-го и 2-го оптических каналов «источник излучения – подводящее оптическое волокно»; $K_{\text{ат}}$ – коэффициент передачи тракта «подводящее оптическое волокно – аттенюатор – отводящее оптическое волокно»; $S_{\text{мем}}$ – чувствительность мембраны; $K_{\text{ООВ1}}$ и $K_{\text{ООВ2}}$ – коэффициенты передачи 1-го и 2-го оптических каналов «источник излучения – отводящее оптическое волокно»; $S_{\text{ПИ1}}$ и $S_{\text{ПИ2}}$ – чувствительность приемников излучения; $K_{\text{МП1}}$ и $K_{\text{МП2}}$ – коэффициент преобразования масштабирующего преобразователя; $K_{\text{ФЦ}}$ – коэффициент преобразования фазосдвигающей цепи; K_{Σ} – коэффициент преобразования сумматора; $K_{\text{ФД}}$ – коэффициент преобразования фазового детектора; $K_{\text{БПИ}}$ – коэффициент преобразования блок преобразования информации;

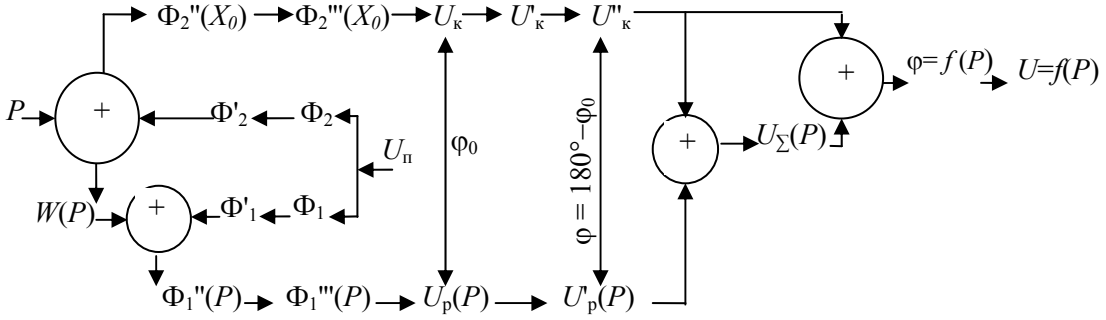

Рис. 3. Последовательность преобразования оптических и электрических сигналов ВОЭДД

Однако в реальных условиях эксплуатации на результат измерения влияет множество факторов: погрешности изготовления отдельных структурных элементов, внешние влияющие факторы, помехи, возникающие в самом датчике. Поэтому реальная функция преобразования, учитывающая влияние перечисленных факторов примет вид:

$$U_{\text{р}} = \Phi(P, \xi_{\text{i}}, q_i, \nu_{\text{i}}) \cdot k, \tag{2}$$

где P – измеряемое давление; ξ_{i} – погрешности изготовления отдельных структурных элементов ВОЭДД; q_i – внешние влияющие факторы; ν_{i} – помехи возникающие в ВОЭДД; k – коэффициент преобразования оптико-механической системы.

Далее для нахождения зависимостей, определяющих реальную функцию преобразования необходимо составить метрологическую модель ВОЭДД и провести полный метрологический анализ.

Таким образом, правильная постановка задачи, учет всех возможных влияющих факторов и условий эксплуатации будущего устройства, рационально выбранный порядок преобразования сигнала датчика все это является сложной и одновременно актуальной инженерной задачей. Грамотный подход к метрологическому анализу любого датчика дает возможность подобрать такие методы проектирования и конструктивно-технологические решения, которые позволят сделать надежное средство измерения с высокими метрологическими характеристиками.

Список литературы

1. Шлыков, Г. П. Статические предельные метрологические модели линейных измерительных преобразователей / Г. П. Шлыков. Сер.: Метрология. – Вып. 1: Лекция. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2003. – 24 с.
2. Чукарева, М. М., Волоконный оптико-электронный датчик давления информационно-измерительной системы мониторинга северного ледовитого океана / М. М. Чукарева, Е. А. Бадеева, И. Е. Славкин, Е. А. Дудоров // Труды Международного симпозиума Надежность и качество. – 2018. – Т. 2. – С. 99–102.
3. Обоснование возможности амплитудно-фазового преобразования сигналов в волоконно-оптических датчиках давления / М. М. Чукарева, Е. А. Бадеева, А. В. Мотин, И. Е. Славкин, Т. И. Мурашкина, Т. В. Истомина, В. В. Истомин // Приборы. – 2017. – № 11 (209). – С. 11–15.
4. Intellectual measuring system based of fiber optic sensors / T. I. Murashkina, T. V. Istomina, I. E. Slavkin, M. M. Chukareva, E. A. Badeeva, A. V. Motin // Information Innovative Technologies: Materials of the International scientific – practical conference ; ed. S. U. Uvaysov, I. A. Ivanov. – M. : Association of graduates and employees of AFEA named after prof. Zhukovsky, 2018. – P. 459–465.