

УДК. 621.43: 62-66: 62-62

**Е.В. Белоусов, канд. техн. наук**

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОПТОВОЛОКОННЫХ ДАТЧИКОВ ДЛЯ ИНДИЦИРОВАНИЯ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

### Актуальность проблемы

Одним из важнейших направлений на пути совершенствования системы эксплуатации двигателей внутреннего сгорания (ДВС) является разработка методов объективного контроля за характером протекания рабочего процесса в рабочем цилиндре. До недавнего времени, индицирование рабочего процесса, применялось только для исследовательских целей, в виду сложности используемого оборудования и трудностей, связанных с расшифровкой полученных индикаторных диаграмм. С развитием микропроцессорных технологий, процесс обработки информации значительно упростился, что позволяет уже сегодня на судовых двигателях устанавливать встроенную систему индицирования рабочего процесса. Более широкому внедрению систем контроля за характером протекания рабочего процесса препятствует отсутствие достаточно дешевых индикаторных датчиков, способных надежно работать в течение длительного времени без изменения своих характеристик.

### Анализ литературных источников

В настоящее время в измерительных комплексах для индицирования рабочих процессов ДВС доминирующее положение продолжают занимать электронные измерительные технологии, которые предполагают преобразование измеряемого параметра в электрический сигнал с последующим его усилением и обработкой. Для исследования различных процессов в ДВС наибольшее распространение получили диафрагменные датчики, применяющиеся при измерениях как статических, так и динамических давлений. Теоретическая база этих датчиков достаточно хорошо разработана [1, 2]. Для преобразования измерительного сигнала в электрический традиционно используются тензометрические, индуктивные, емкостные и пьезоэлектрические преобразователи [2]. Однако развитие оптоволоконных технологий, в течение последних десятилетий, привело к созданию целого класса датчиков, в которых измеряемый параметр преобразуется сначала в оптический, а за тем в электрический сигнал [3, 4]. Эти датчики отличаются высокой стабильностью, помехоустойчиво-

стью, высокой амплитудой сигнала. Некоторые иностранные фирмы приступили к выпуску оптоволоконных датчиков для индицирования ДВС, однако стоимость этих приборов остается высокой, а их использование требует сложной аппаратуры для обработки сигнала [5]. Наиболее простую конструкцию имеют амплитудные датчики, в которых перемещение диафрагмы модулирует интенсивность отраженной световой волны [3].

До настоящего времени остается не выясненным, как высокие температуры в месте крепления датчика влияют на его выходные параметры. Исследованию температурных характеристик оптоволоконных датчиков амплитудного типа посвящена данная работа.

### Решение проблемы

На основе принципа амплитудной модуляции оптического сигнала в лаборатории ДВС Херсонского факультета ХНАДУ был разработан оптоволоконный датчик для индицирования рабочего процесса. [6, 7]. Характеристики этого датчика приведены в таблице 1, общий вид датчика показан на рисунке 1.

Таблица 1. Характеристики амплитудного оптоволоконного датчика лаборатории ХФ ХНАДУ

Характеристики датчика	Парам.
Тип сигнала	аналоговый
Стабилизация температуры	Вод. охл.
Материал мембраны	сталь 18 ХГСА
Диам. незаземленной части мембраны, мм	12
Толщина мембраны, мм	0,39
Тип светоизлучателя и фотоприемника	
светодиод красного свечения	TLCR5100
фототранзистор	ФТ-3
Количество оптических волокон	
Частота собственных колебаний, кГц	>100
светопроводящих, шт.	30
светоотводящих, шт.	30
Диапазон измеряемого давления, МПа	0...12
Максимальная температура мембраны, °С	250
Температура в месте установки, °С	100
Нелинейность и гистерезис, %	±1...2,5
Температурный коэф. чувств. (40...60°С), %/°С	0,64

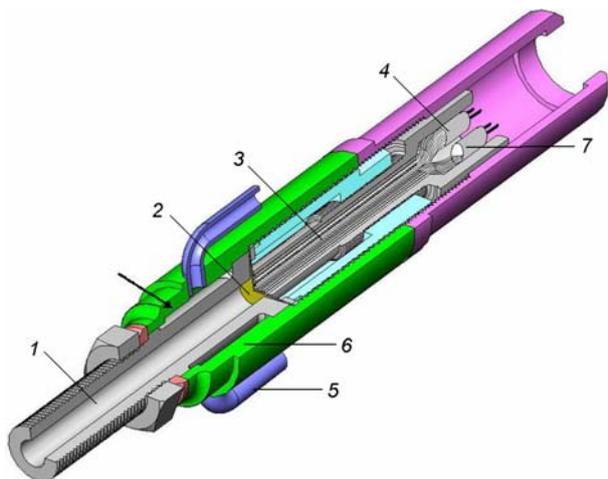


Рис. 1. Трехмерная модель датчика для индицирования ДВС лаборатории ХФ ХНАДУ

1 – соединительный канал; 2 – диафрагма; 3 – оптоволоконный жгут; 4 – светоизлучатель полупроводниковый; 5 – штуцер подвода охлаждающей жидкости; 6 – корпус датчика; 7 – фототранзистор

Особенностью датчиков данного типа является то, что в качестве излучателя, оптического приемника и усилителя в них использованы полупроводниковые приборы, которые изначально обладают низкой температурной стабильностью. Совершенно не выясненным является вопрос и температурной стабильности оптического волокна, во всяком случае, каких либо результатов исследований этого вопроса автору обнаружить не удалось. Более исследованным является влияние высоких локальных температур на характеристики диафрагмы, однако и в этом случае рассмотрены лишь некоторые частные случаи [1, 2]. Следует ожидать, что при изменении температуры характеристики различных элементов датчика будут накладываться друг на друга, создавая сложную температурную характеристику датчика в целом.

Изначально полагая, что потребуется стабилизация температурного режима датчика, в его конструкции была предусмотрена полость для циркуляции охлаждающей воды, показанная на рис. 1 стрелкой. Для исследования влияния температуры на выходные характеристики датчика был создан стенд, в котором через корпус датчика циркулировала вода, температура которой поддерживалась с помощью электрического подогревателя, включенного через термореле. В качестве чувствительного элемента термореле использовался контактный термометр. Ртутная колба термометра омывалась потоком жидкости сливаемой из корпуса датчика. Таким образом,

удалось свести к минимуму погрешности связанные с тепловыми потерями в подводящем и отводящем канале. Сам датчик был установлен на гидравлическое прессовое устройство позволяющее изменять давление на диафрагму в диапазоне 0...12 МПа. Общий объем воды в циркуляционной системе составлял 1 дм<sup>3</sup>, циркуляция обеспечивалась электрическим радиально-осевым центробежным насосом, скорость циркуляции составляла 0,5 дм<sup>3</sup>/мин.

Для каждого температурного диапазона делалось пять прогонов давления в интервале 0...12 МПа, с шагом 1 МПа, далее результаты обрабатывались. После очередного повышения температуры выдерживался интервал времени не менее 20 минут для выравнивания температур в элементах конструкции датчика. В качестве выходного параметра фиксировалось напряжение на усилителе сигнала встроенного в корпус датчика. Результаты исследования представлены на рис. 2. На рис. 3 представлены отдельные зависимости напряжения выходного сигнала от давления для температур 303, 333, 363 К.

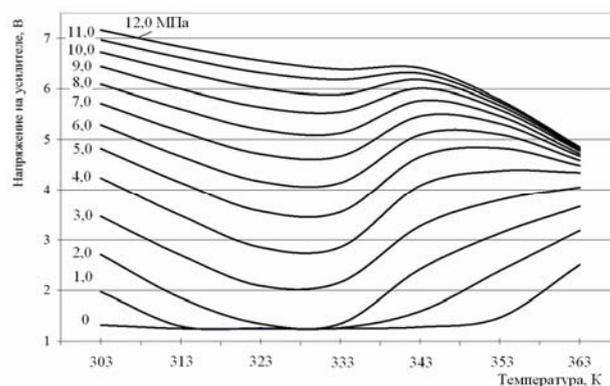


Рис. 2. Влияние температуры датчика на его выходную характеристику

Из представленных графиков видно, что при повышении температуры датчика свыше 303 К, происходит снижение его чувствительности в области низких давлений. В интервале температур 323...333 К, датчик практически не реагирует на изменения давления в интервале 0...2 МПа. В других диапазонах изменение выходного сигнала практически линейно температуре до 323 К. Если интерес представляет диапазон высоких давлений, связанных с концом сжатия и сгоранием топлива, давления в диапазоне температур 303...328К°С вполне могут быть

пересчитаны через температурные коэффициенты. При повышении температуры свыше 333 К, значительно падает чувствительность датчика

в области высоких давлений от 4,0...12,0 МПа, а также сокращается амплитуда выходного сигнала.

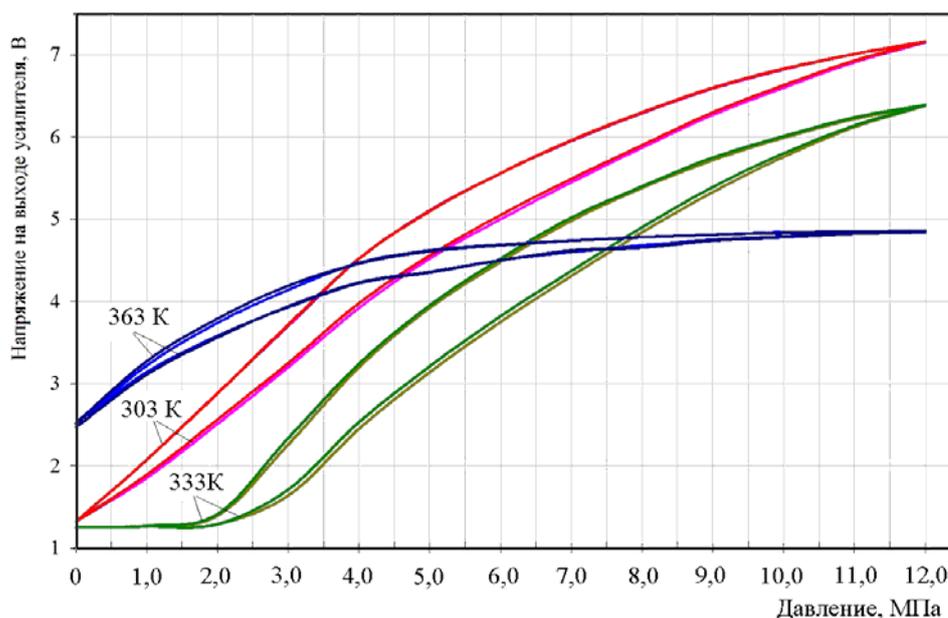


Рис. 3. Характер изменения выходного сигнала для температур 303, 333, 363 К

#### Выводы

Исходя из результатов исследования можно сделать следующие выводы:

- чтобы обеспечить достоверность индицирования рабочего процесса необходимо поддерживать температуру воды на выходе датчика не выше 303К.

- для диагностических целей, когда интерес представляет только область высоких давлений, так называемая гребенка, максимальная температура датчика может быть повышена до 323...333°С. Это позволит использовать для охлаждения датчика жидкость из циркуляционной системы охлаждения двигателя, предварительно понизив ее температуру в дополнительном теплообменнике.

#### Список литературы:

1. Розенблит Г.Б. Датчики с проволочными преобразователями для исследования двигателей внутреннего сгорания / Розенблит Г.Б., Виленский П.И., Горелик Я.И. – М.: «Машиностроение», 1966. – С. 30-38.

2. Стефановский Б.С. Испытание двигателей внутреннего сгорания / Стефановский Б.С., Доколин Ю.М., Сорокин В.П. – М.: «Машиностроение», 1972. – 357 с.

3. Overview of Fiber Optic Sensors. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.bluer.com/papers/Overview\\_of\\_FOS2.pdf](http://www.bluer.com/papers/Overview_of_FOS2.pdf).

4. Соколов А.Н. Волоконно-оптические датчики и системы: принципы построения, возможности и перспективы / А.Н. Соколов, В.А. Яцеев // LIGHTWAVE Russian Edition. – 2006. – №4 – С. 42-44.

5. Sensor Packages Options. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.optrand.com](http://www.optrand.com).

6. Белоусов Е.В. Опыт создания оптоволоконных датчиков для индицирования рабочего процесса двигателей внутреннего сгорания / Е.В.Белоусов, В.П.Савчук, А.Д.Штанько // Сборник научных трудов по материалам международной конференции «Двигатель 2007», посвященной 100-летию школы двигателестроения МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2007. – С. 131-135.

7. Белоусов Е.В. Опыт создания оптоволоконных датчиков для индицирования рабочего процесса двигателей / Е.В.Белоусов, В.П.Савчук, А.Д.Штанько // Грузовик & Строительно-дорожные машины, автобус, троллейбус, трамвай. – 2007. – №12. – С. 87-91.