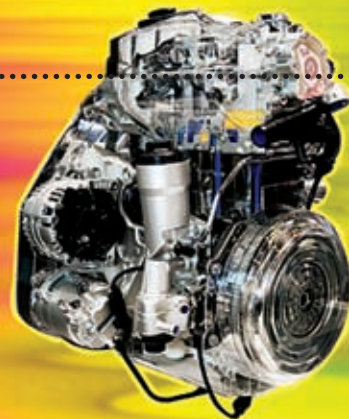


# ДАТЧИКИ ДИНАМИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ: ПРОДУКЦИЯ КОМПАНИИ "ГЛОБАЛТЕСТ"



Одна из сфер применения датчиков динамического давления – системы диагностики двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Среда, в которой проводятся измерения, характеризуется давлением от 0 до 16 мПа и температурой от 20 до 2 000°К, причем эти параметры изменяются с частотой до 100 Гц. Поэтому датчики для измерения давления в ДВС должны обладать чувствительным элементом, способным работать при высоких температурах, а также выдерживать большие механические и термические напряжения корпусных элементов, изменяющиеся с большой частотой и амплитудой. Такие датчики разрабатывают и производят в компании "ГлобалТест".

## ТИПЫ ДАТЧИКОВ

На сегодняшний день модельный ряд датчиков динамического давления ООО "ГлобалТест" включает два типа пьезоэлектрических датчиков. Они различаются наличием усилителя, который преобразует заряд на пластинах пьезоэлектрического чувствительного элемента в напряжение. В датчиках первого типа – с зарядовым выходом PS01, PS01-01, PS02, PS02-01 (рис.1а-в, табл.1) – нет встроенного усилителя. Поэтому для их подключения к измерительной аппаратуре нужен внешний усилитель заряда с входным сопротивлением не менее  $10^{12}$  Ом (например, AP5000 и AQ02 производства "ГлобалТест"). Датчик второго типа – PS2001 (рис.1г, табл.2) – содержит встроенный усилитель заряда. К измерительной аппаратуре он подключается через специализированные блоки питания (например, AS01). Наличие встроенного усилителя в датчике PS2001 обеспечивает большую помехозащищенность по сравнению с датчиками с зарядовым выходом. За счет этого он может работать с линиями связи длиной до 500 м.

В конструкции датчиков применяются оригинальные технические решения, которые обеспечивают хорошую ли-

А.Кирпичев, к.т.н., А.Симчук, Ю.Тищенко  
mail@globaltest.ru

нейность характеристики (нелинейность не более 2% во всем диапазоне измерения). Наличие кварцевого чувствительного элемента гарантирует высокую и долговременную стабильность в рабочем диапазоне температур.

Датчики давления, производимые "ГлобалТест", по своим техническим характеристикам не уступают зарубежным аналогам фирм AVL, PCB, Kistler. В этом можно убедиться на примере типовых индикаторных диаграмм ДВС Камаз-5320, полученных с помощью датчика PS01 и датчика GM12D фирмы AVL GmbH (Австрия), специализирующейся на испытаниях двигателей (рис.2, 3).

Данные получены с помощью измерительной системы "Алмаз", которая применяется в исследовательском боксе моторных испытаний ОАО "Язда" (изготовитель ЗАО "Локомотив"). Измерения проводились синхронно. Датчики устанавливались непосредственно в камеру сгорания дизеля с помощью специальных адаптеров. Для проведения измерений использовалось специальное отверстие в камере сгорания двигателя – индикаторный канал, который снаб-

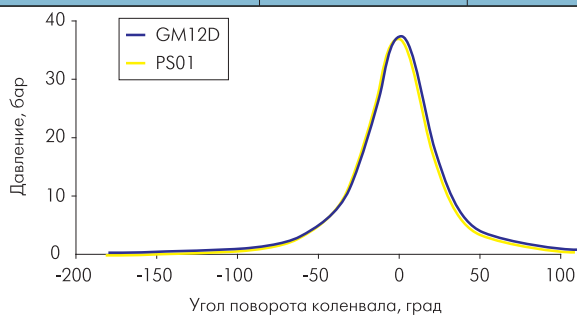


**Рис. 1. Датчики динамического давления: а – PS01, б – PS01-01, в – PS02, г – PS2001**



**Таблица 1. Параметры датчиков без встроенных усилителей заряда**

Параметр	PS01 (PS01-01)	PS02 (PS02-01)
Чувствительность ( $\pm 20\%$ ), пКл/бар	20	4
Измеряемый диапазон, бар	0,1–250	1–2500
Резонансная частота, кГц	>120	>200
Нелинейность, % от полной шкалы	$\leq 2$	$\leq 2$
Чувствительность к ускорению, бар/г	< 0,0015	< 0,001
Рабочий диапазон температур, °С	-50...200	-50 ...200
Полярность	Положительная	Положительная
Электрическая ёмкость, пФ	7–11	20
Сопротивление изоляции в нормальных условиях, Ом	$\geq 5 \cdot 10^9$	$\geq 5 \cdot 10^9$
Чувствительный элемент	Кварц	Кварц
Материал корпуса	Нержавеющая сталь	Нержавеющая сталь
Материал мембраны	Нержавеющая сталь	Нержавеющая сталь
Тип соединителя	10-32 UNF или BNC	10-32 UNF или BNC
Масса (без кабеля и соединителя), г	35	12



**Рис.2. Индикаторные диаграммы двигателя Камаз-5320. Работа без подачи топлива на частоте 600 об/мин**

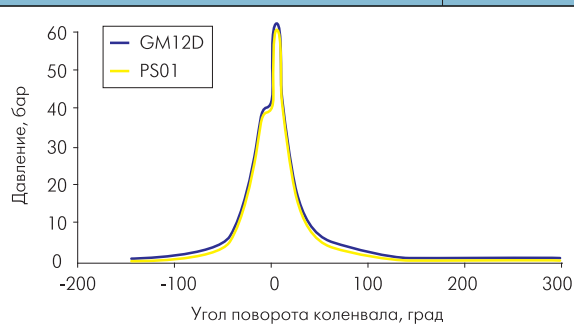
жен индикаторным краном, обеспечивающим открытие-закрытие доступа газов к датчику давления.

Наблюдается хорошее совпадение диаграмм, полученных при помощи датчиков PS01 и GM12D.

Датчики PS01 и GM12D не требуют системы водяного охлаждения, которую обычно применяют при высокотемпературных измерениях. Это делает их незаменимыми при проведении диагностических работ на ДВС. Однако использование

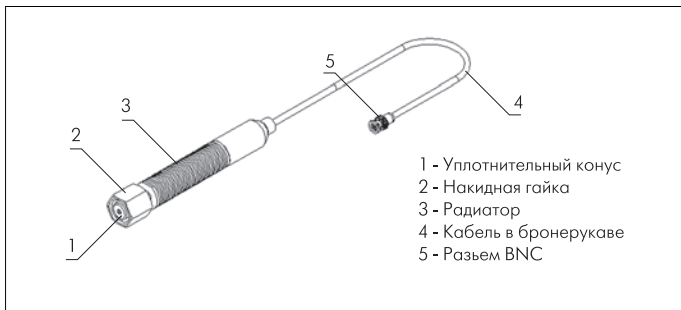
**Таблица 2. Параметры датчика PS2001 с встроенным усилителем заряда**

Параметр	Значение
Чувствительность ( $\pm 20\%$ ), мВ/бар	200
Измеряемый диапазон, бар	0,1 – 50
Резонансная частота, кГц	>120
Нелинейность, % от полной шкалы	$\leq 2$
Чувствительность к ускорению, бар/г	< 0,0015
Рабочий диапазон температур, °С	-40...125
Полярность	Положительная
Выходное сопротивление, Ом	<500
Питание:	
◊ напряжение, В	+ (15–30)
◊ ток, мА	2–20
Уровень постоянного напряжения на выходе, В	8–11
Материал корпуса	Нержавеющая сталь
Материал мембраны	Нержавеющая сталь
Тип соединителя	BNC
Масса (без кабеля и соединителя), г	40

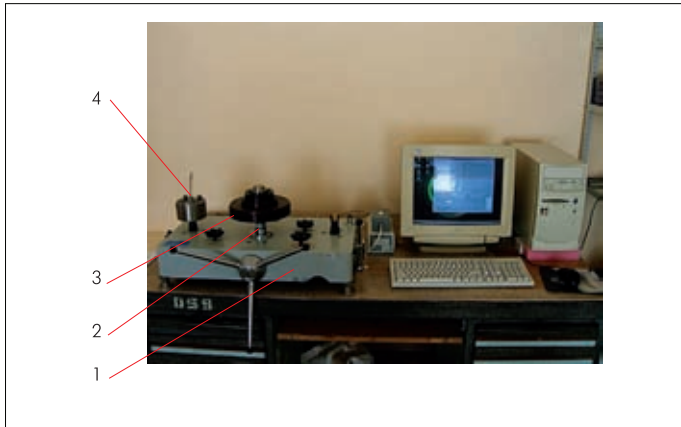


**Рис.3. Индикаторные диаграммы двигателя Камаз-5320. Работа с подачей топлива на частоте 600 об/мин**

датчиков в камерах сгорания при установке непосредственно в камеру или на индикаторные краны высокофорсированных дизелей требует специальных конструктивных решений: теплоизолятора, воздушного радиатора и гасителя пламени. Специальный адаптер для дизелей с индикаторным каналом разработан ЗАО "Локомотив" (рис.4). Такой адаптер позволяет эксплуатировать датчик при полной нагрузке высокофорсированного дизеля без ограничения времени его нагружения.



**Рис.4. Специальный адаптер для дизелей с индикаторным каналом, разработанный ЗАО "Локомотив"**



**Рис.5. Установка на базе грузопоршневого манометра МП-600: 1 – грузопоршневой манометр МП-600, 2 – колонка, 3 – прецизионные грузы, 4 – датчик**

Датчики PS01 успешно применяются в ЗАО "Локомотив" (г. Ярославль) для диагностики ДВС.

Помимо ДВС, датчик PS01 и его модификацию PS01-01 в герметичном исполнении с неразъемным кабелем используют при регистрации быстропротекающих импульсных процессов, в том числе под водой. Конструкция PS01-01 позволяет проводить измерения на глубине до 50 метров, притом что кабель (за исключением выходного разъема) находится в воде.

Датчик PS2001 в герметичном исполнении со встроенным усилителем также может быть установлен на глубине до 50 м.

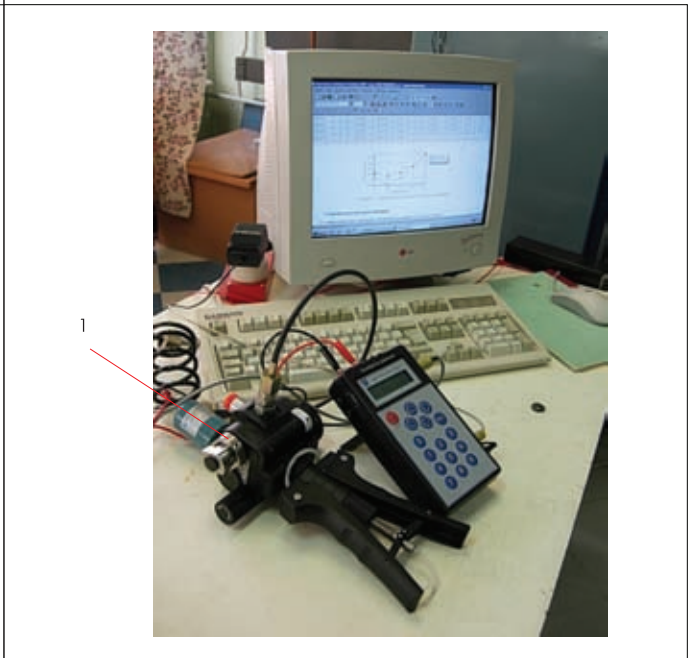
Сейчас завершается разработка и освоение производства датчика PS02 (PS02-01), рассчитанного на высокие давления – до 2 500 бар. Его предполагаемые сферы применения – контроль давления в топливной аппаратуре дизельных двигателей и регистрация высокоскоростных импульсных процессов детонационного типа. Испытания опытных экземпляров подтвердили заявленные технические характеристики (см. табл.1).

### КАЛИБРОВКА ДАТЧИКОВ

Калибровка датчиков динамического давления типа PS производится собственной метрологической службой ООО "ГлобалТест" с помощью нескольких видов оборудования.



**Рис.6. Импульсный калибратор 913B02 фирмы РСВ: 1 – станция, 2 – поршень, 3 – направляющая труба, 4 – эталонный датчик, 5 – калибруемый датчик**



**Рис.7. Установка низкого давления. 1 – датчик давления**

**Установка на базе грузопоршневого манометра МП-600.** Основой установки (рис.5) является грузопоршневой манометр МП-600 (класс точности 0,05). Статическое давление в диапазоне 1–600 бар реализуется нагружением гидравлической системы (касторовое масло) прецизионными грузами через колонку. Высокая точность давления – 0,05% – гарантируется прецизионной парой "поршень-цилиндр", а также подбором массы грузов с учетом местного значения ускорения силы тяжести.



**Таблица 3. Данные калибровки датчика PS01 №7003 с использованием манометра МП-600.**

Давление		Чувствительность		Сигнал, пКл		Нелинейность*
атм	бар	пКл/атм	пКл/бар	Измеренный (X <sub>и</sub> )	Аппроксимация (X <sub>а</sub> )	% от полной шкалы
25	25,3	19,6	19,3	490,0	519,3	-0,6
50	50,7	19,9	19,6	995,0	1038,6	-0,8
100	101,3	20,2	19,9	2020,0	2077,2	-1,1
150	152,0	20,5	20,2	3075,0	3115,7	-0,8
200	202,7	20,8	20,5	4160,0	4154,3	0,1
250	253,3	20,9	20,6	5225,0	5192,9	0,6

\* Нелинейность (%) =  $100 \cdot (X_i - X_a) / X_{max}$

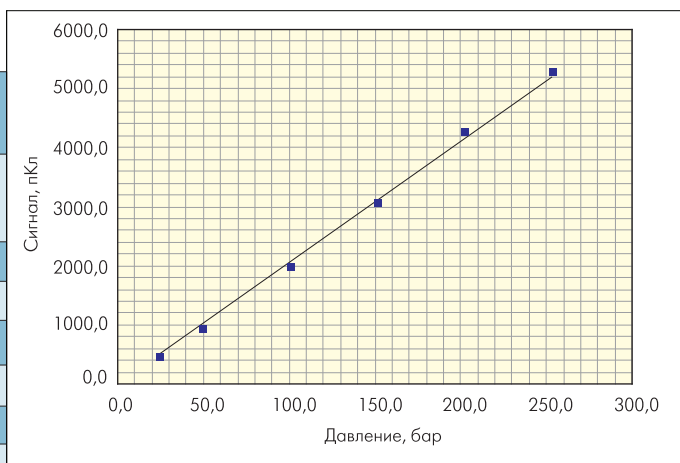
Динамическое нагружение обеспечивается методом сброса давления масла с помощью специального клапана. Калибруемый датчик устанавливают в специальный переходник. Установка оснащена компьютером с автоматизированной системой регистрации и программным обеспечением собственной разработки. Параметры установки: давление 1–250 бар; длительность импульса 1 мс; точность калибровки 2%.

#### Импульсный калибратор 913B02 фирмы РСВ.

Калибратор (рис.6) состоит из размещенного на станине пистона, на котором расположена направляющая труба. В пистон, заполненный силиконовой жидкостью, устанавливают эталонный и калибруемый датчики. Груз сбрасывается с различной высоты и ударяет по поршню, создавая в пистоне импульсное давление. Калибровка производится методом сличения с показаниями эталонного датчика. В калибраторе используется турмалиновый эталонный датчик 136А фирмы РСВ с чувствительностью 3 пКл/бар, динамическим диапазоном 1400 бар и нелинейностью характеристики менее 0,5%. Параметры установки: давление 10–1400 бар; длительность импульса 5–6 мс; точность калибровки 2%.

**Установка низкого давления.** Установка низкого давления (рис.7) состоит из задатчика давления, который обеспечивает точную установку статического давления газа, специального приспособления с одноразовой разрывной мембраной и персонального компьютера с программным обеспечением. Измерения производятся абсолютным методом. Динамическое давление обеспечивается путем разрыва мембраны, которая может состоять из различных материалов – в зависимости от величины давления. Параметры установки: давление 0,01–30 бар; длительность импульса 3–15 мс; точность калибровки 2%.

Результаты калибровки (табл.3, рис.8) наглядно демонстрируют хорошую линейность характеристики датчика динамического давления.



**Рис.8. Калибровочная кривая датчика PS01 №7003**

При необходимости возможно проведение прецизионной (до долей процента) калибровки в нужном амплитудном диапазоне.

В дальнейшем компания "ГлобалТест" планирует разработку и производство новых конструкций датчиков динамического давления с соответствующим расширением метрологической базы. Также компания продолжает поиск новых сфер применения датчиков в соответствии с потребностями заинтересованных предприятий. ○