



СПЕЦИАЛЬНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ
ТЕХНИЧЕСКОЕ БЮРО ЭЛЕКТРОНИКИ,
ПРИБОРОСТРОЕНИЯ И АВТОМАТИЗАЦИИ

ООО «СКТБ ЭлПА»



ДАТЧИКИ ДЛЯ ПРЕЦИЗИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

ДАВЛЕНИЕ

Разрешающая способность – 0,0005% ВПИ

Точность – 0,025% ВПИ

Диапазон давлений от 0 до 140 МПа

Диапазон рабочих температур от -60 до +250°C

ТЕМПЕРАТУРА

Разрешающая способность – 0,003°C

Точность – 0,05°C

Диапазон температур от -196 до +320°C

- Высокая долговременная стабильность
- Частотный или цифровой выходной сигнал
- Низкое энергопотребление
- Низкая стоимость по сравнению с зарубежными аналогами
- Радиационная стойкость

ООО «СКТБ ЭлПА»,

152613, Ярославская обл., г. Углич, Рыбинское шоссе, 20-Б

тел./факс: (48532) 5-46-74, 5-33-53

e-mail: info@sktbelpa.ru

<http://sktbelpa.ru>

Динамические характеристики кварцевых скважинных датчиков давления ПДС

при изменении давления и температуры



ООО «Специальное конструкторское техническое бюро электроники, приборостроения и автоматизации» (ООО «СКТБ ЭлПА») внесло ряд изменений в конструкцию своих кварцевых скважинных датчиков давления ПДС, что позволило улучшить их динамические характеристики. В статье сравниваются модели ПДС-Р-П-Т-Н-32 и ПДС-Р-П-Т-Н-32М с аналогичным зарубежным оборудованием.

ООО «СКТБ ЭлПА», г. Углич

Введение

Кварцевые манометрические резонаторы-сенсоры обладают относительно небольшой температурной зависимостью, но, так как в последнее время требуются высокие точности измерения давления, а диапазон рабочих температур может достигать 200 °С, в датчиках ПДС установлен термочувствительный резонатор-сенсор, с помощью которого производится компенсация дополнительной температурной ошибки манометрического резонатора-сенсора.

При градуировке датчики подвергаются пошаговому воздействию температуры в рабочем диапазоне, на каждом шаге температуры произво-

дится измерение частоты в зависимости от давления в рабочем диапазоне.

Так как при градуировке необходимо достичь стабильных значений воздействующих факторов температуры и давления, то перед началом измерений производится выдержка на каждом температурном шаге (не менее 2 ч при использовании воздушной камеры холода/тепла) и на каждом шаге давления (не менее 2 мин).

Такая методика градуировки кварцевых датчиков давления, применяемая в СКТБ ЭлПА, позволяет получить в статике погрешность измерения давления до $\pm 0,03\%$ ВПИ во всем диапазоне рабочих температур. Но при быстром изменении давления (Р) на

величину более 1,0 МПа/с и изменении температуры (Т) со скоростью более 0,1 °С/мин может возникать тепловой градиент, дающий дополнительную динамическую погрешность измерения давления, которая зависит от величины и скорости изменения воздействующего фактора (Р или Т, или Р и Т), а также реакции датчика (которая обусловлена его конструкцией).

В статье приведены данные динамических характеристик датчиков давления с малогабаритным резонатором кварцевым манометрическим объемного сжатия РКМА-Р-ОС-21 (брусоч 4,5 × 4,5 × 16 мм, рис. 1), далее по тексту – ЧЭ, кварцевым термо-

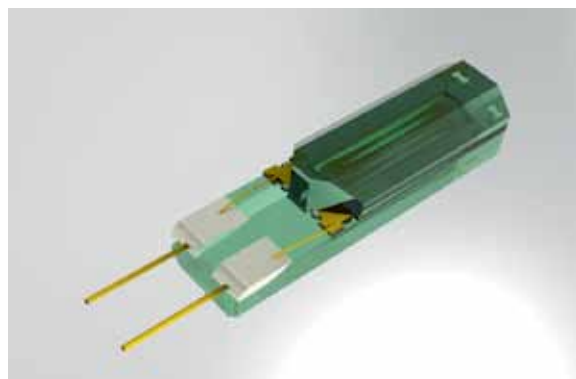


Рис. 1. Резонатор кварцевый манометрический объемного сжатия РКМА-Р-ОС-21: 3D-модель



Рис. 2. Цифровой датчик давления и температуры кварцевый ПДС-60,0-0,06-125-Н-32-Ц4: внешний вид

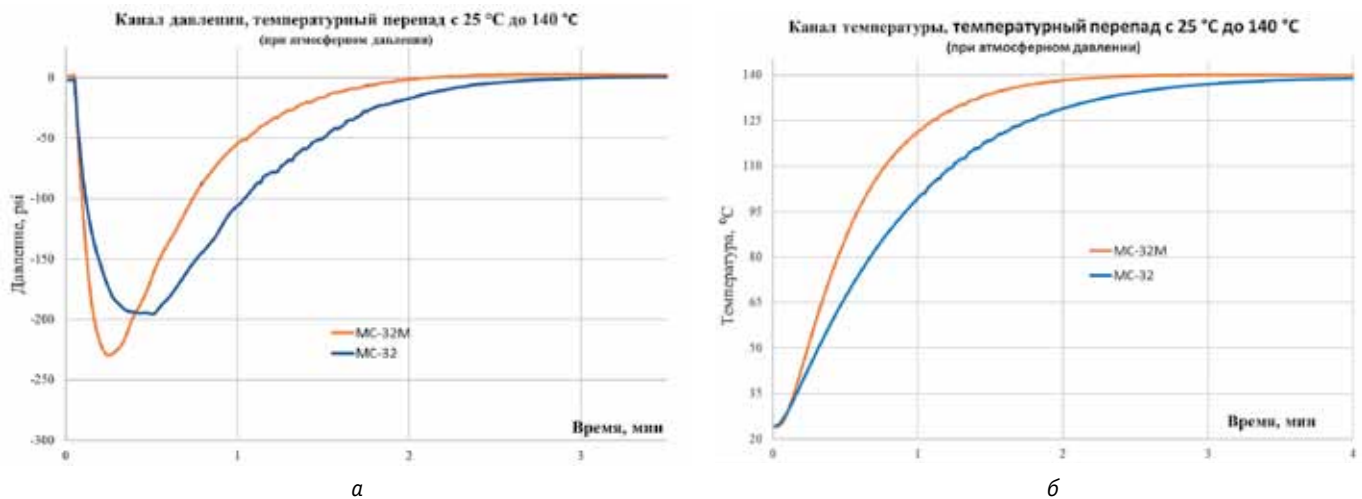


Рис. 3. Графики зависимости показаний датчиков давления и датчиков температуры ООО «СКТБ ЭлПА» от времени после погружения в жидкостной термостат

чувствительным и кварцевым опорным резонаторами в цилиндрических корпусах $\varnothing 2 \times 6$ мм.

Сравниваются модель ПДС-Р-П-Т-Н-32 ($\varnothing 18 \times 160$, рис. 2) и новая разработка – модифицированная модель ПДС-Р-П-Т-Н-32М с теми же габаритными размерами. В этой модели были реализованы следующие технические решения:

- ▶ ЧЭ был перемещен из центральной части корпуса непосредственно в полость сильфона, что позволило уменьшить объем силопередающей жидкости и тепловую инерцию;
- ▶ отсутствие полости под ЧЭ в корпусе датчика позволило увеличить верхний предел измеряемого давления до 140 МПа с сохранением габаритных размеров и материала датчика;
- ▶ термочувствительный резонатор РКТВ206Б размещен в непосредственной близости к сильфону, что так-

же увеличило скорость реакции при изменении температуры.

Цель эксперимента

Целью проведения данного эксперимента является сравнение влияния конструкционных изменений, произведенных в кварцевых резонаторах-сенсорах и датчиках (производства ООО «СКТБ ЭлПА»), на их динамические характеристики, а также сопоставление с характеристиками зарубежных аналогов.

Для определения динамических характеристик датчиков ПДС-Р-П-Т-Н-32, ПДС-Р-П-Т-Н-32М и сравнения их с аналогами были выбраны виды воздействия и величины, близкие к значениям в экспериментах, представленных на сайте фирмы Quartzdayne (США), которая также выпускает прецизионные скважинные кварцевые датчики давления.

Необходимо учитывать, что реальные условия эксплуатации датчиков могут значительно отличаться от экспериментальных условий, которые созданы как некая шкала для сравнения датчиков разных конструкций и производителей.

Так как датчики измеряют абсолютное давление, на графиках за ноль взято атмосферное давление 14,7 psi.

Описание эксперимента

Эксперимент № 1

Воздействие резкого перепада температур (термоудар) при атмосферном давлении путем погружения датчика, который изначально имел комнатную температуру (+25 °С), в жидкостной термостат с заранее установленной в нем температурой (+140 °С). При этом важной характеристикой является теплопроводность теплоносителя

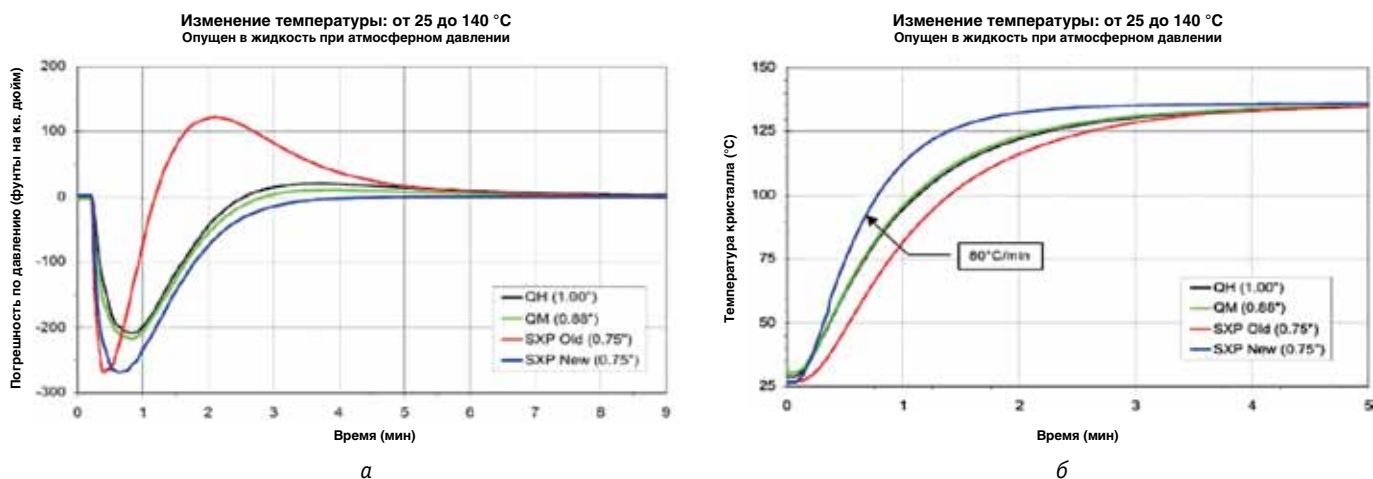


Рис. 4. Графики зависимости показаний датчика давления и датчика температуры Quartzdayne от времени после погружения в жидкостной термостат

в термостате. В данном эксперименте применялась кремнийорганическая жидкость ПМС-10 с коэффициентом теплопроводности 0,167 Вт/м·К. На рис. 3а и 3б представлены графики зависимости показаний датчиков давления и датчиков температуры (СКТБ) от времени после погружения в жидкостной термостат.

На рис. 4а и 4б представлены графики (с сайта www.quartzdayne.com)¹ зависимости показаний датчика давления и датчика температуры от времени после погружения в жидкостной термостат (теплопроводность используемого теплоносителя неизвестна).

Эксперимент № 2

Воздействие смены температуры от 20 до 90 °С с заданной скоростью.

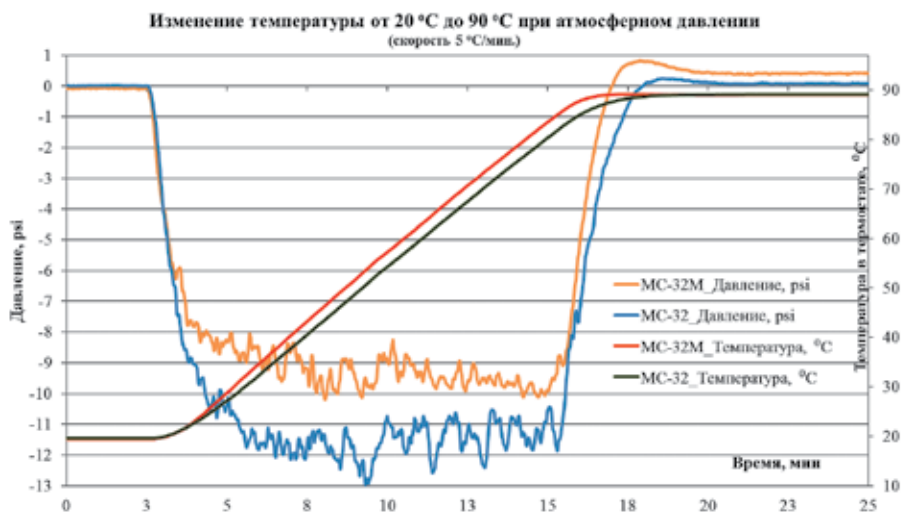
На рис. 5 представлены графики зависимости показаний датчиков давления и датчиков температуры (СКТБ) во время изменения температуры при атмосферном давлении:

- рис. 5а – скорость изменения температуры 5 °С/мин;
- рис. 5б – скорость изменения температуры 0,5 °С/мин.

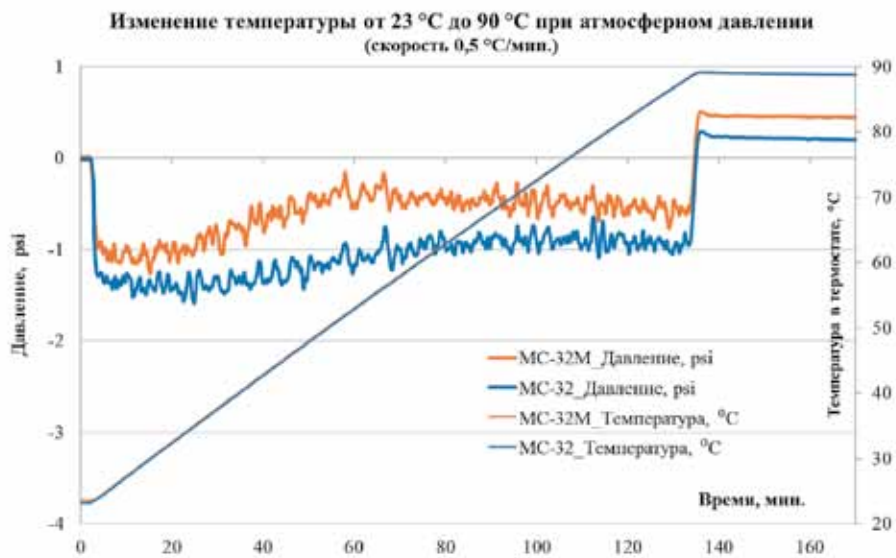
На рис. 6 представлены графики (с сайта www.quartzdayne.com) зависимости показаний датчиков давления и датчиков температуры во время изменения температуры от 40 до 60 °С с заданной скоростью 0,8 °С/мин при давлении 2000 psi.

Эксперимент № 3

Воздействие быстрого перепада давления. В лабораторных условиях наиболее быстрый перепад можно получить при сбросе давления, открыв кран, связывающий систему коллектора и подачи давления грузопоршневого манометра с атмосферой. Выбран перепад давления равный 35,0 МПа (5000 psi). На рис. 7а приведены графики показаний датчиков (СКТБ), вкрученных в общий коллектор, которые были помещены в воздушную камеру тепла/холода с установленной температурой 40 °С. На рис. 7б представлены графики показаний датчиков (с сайта www.quartzdayne.com), которые размещались в жидкостном термостате с установленной температурой 40 °С.



а



б

Рис. 5. Графики зависимости показаний датчиков давления и датчиков температуры (СКТБ) во время изменения температуры при атмосферном давлении

Изменение температуры от 40 до 60 °С
При постоянном давлении 2 тыс. фунтов на кв. дюйм

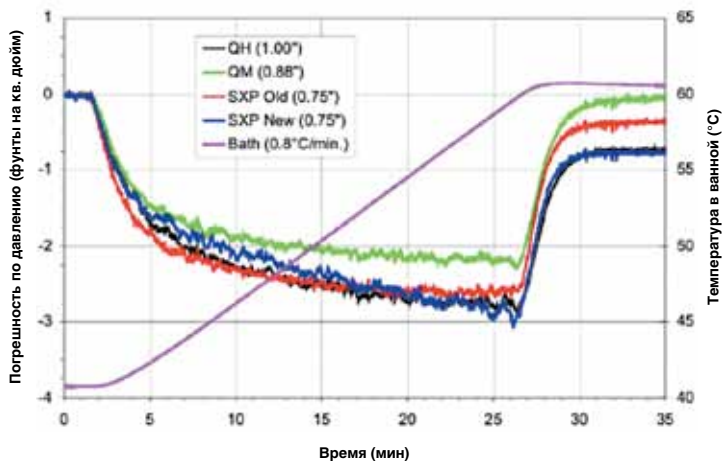
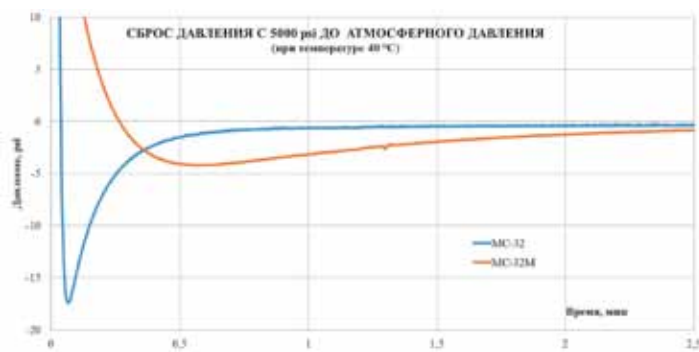
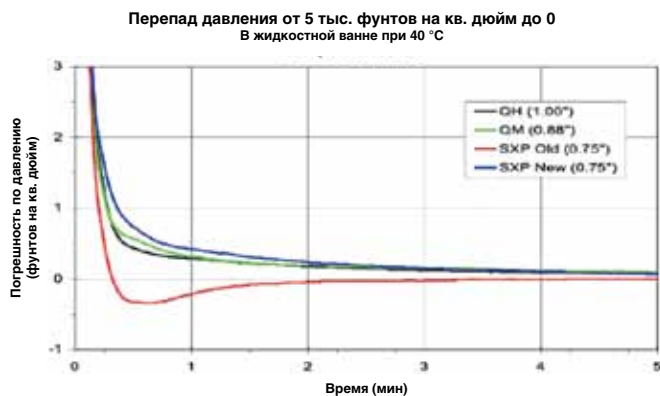


Рис. 6. Графики зависимости показаний датчиков давления и датчиков температуры Quartzdayne во время изменения температуры

¹ Перевод на русский язык графиков с сайта компании Quartzdayne выполнен авторами статьи. – Ред.

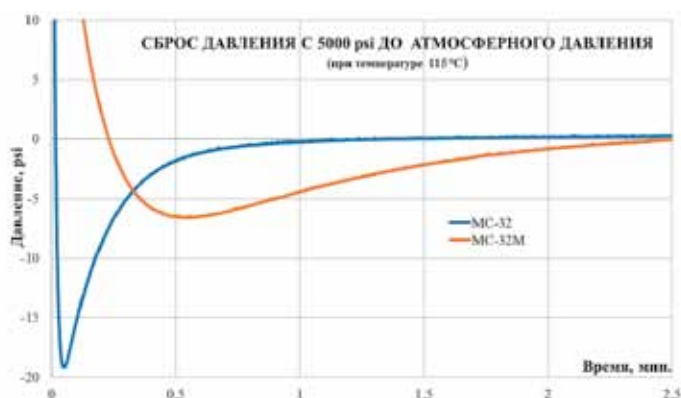


а

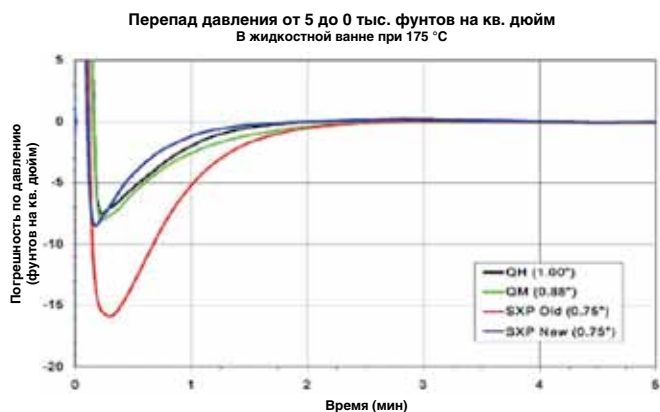


б

Рис. 7. Показания кварцевых датчиков при перепаде давления: а – датчики СКТБ ЭлПА; б – датчики Quartzdyne



а



б

Рис. 8. Показания кварцевых датчиков при перепаде давления и высокой температуре: а – датчики СКТБ ЭлПА; б – датчики Quartzdyne

На рис. 8а приведены графики показаний датчиков (СКТБ), вкрученных в общий коллектор, которые были помещены в воздушную камеру тепла/холода с установленной температурой 115 °С. На рис. 8б представлены графики показаний датчиков (с сайта www.quartzdyne.com), которые размещались в жидкостном термостате с установленной температурой 175 °С.

На момент проведения эксперимента № 3 (быстрого сброса давления) ООО «СКТБ ЭлПА» при градуировке в качестве задачника температуры использовало воздушную камеру холода/тепла. А так как теплопроводность воздушной камеры на порядок меньше теплопроводности жидкостного термостата, то можно ожидать уменьшения времени реакции датчиков про-

изводства СКТБ ЭлПА при размещении их в жидкостном термостате.

Выводы

Введенные изменения в конструкцию кварцевых ЧЭ и датчиков ПДС-Р-П-Т-Н-32М обеспечили уменьшение времени реакции и (или) уменьшение изменения показаний датчика во время динамического воздействия давления и (или) температуры.

Низкочастотные кварцевые резонаторы-сенсоры при равных метрологических характеристиках имеют меньшие габаритные размеры по сравнению с высокочастотными резонаторами-сенсорами, которые применяет фирма Quartzdyne в датчиках, участвовавших в экспериментах (информация взята с сайта www.quartzdyne.com), это позволило внести изменения в кон-

струкцию корпуса датчика ПДС-Р-П-Т-Н-32М и уменьшить постоянную времени по сравнению с датчиком ПДС-Р-П-Т-Н-32. В результате чего были получены те же или лучшие показатели в экспериментах динамического воздействия давления и (или) температуры по сравнению с кварцевыми датчиками фирмы Quartzdyne.

А. В. Поляков, директор,
Ю. В. Галактионов, к. т. н.,
зам. директора по науке,
С. Н. Иванов, инженер
по измерению электрофизических
параметров,
ООО «СКТБ ЭлПА», г. Углич,
тел.: +7 (48532) 546-74,
e-mail: info@sktbelpa.ru,
сайт: www.sktbelpa.ru