

УДК 551.46.08: 531.787.91
ИЗМЕРИТЕЛЬ АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ

ДЛЯ SVP-B ДРИФТЕРОВ

Лунёв Е.Г., Толстошеев А.П.

Морской гидрофизический институт НАН Украины
ул. Капитанская, 2, г. Севастополь, 99011

E-mail: marlin@alpha.mhi.iuf.net

Произведена количественная оценка температурного гистерезиса тензостойкости датчика атмосферного давления КРУ-53АК. Результаты анализа и экспериментальных исследований показали возможность применения измерителей на основе датчиков такого типа в составе SVP-B дрейфтеров.

Каналы измерения атмосферного давления SVP-B дрейфтеров [1] должны обеспечивать погрешность измерения не более 1,0 гПа, разрешение не более 0,1 гПа в диапазоне температур от минус 2 до +35°C при длительности автономной работы не менее одного года. Условия авиационного развертывания дрейфтеров предполагают воздействие температур от минус 20 до +50°C при значительных вибрационных и ударных нагрузках. Такие условия эксплуатации существенно ограничивают номенклатуру применяемых датчиков, главным образом, по причине дополнительной погрешности, обусловленной температурным гистерезисом. Оценка этой погрешности для относительно недорогих и широко распространенных датчиков типа МРХ2100 (Motorola) составляет несколько гектопаскалей, а известные способы её уменьшения (подогрев, активное термостатирование) энергоёмки и неприемлемы для автономных систем.

С целью решения этой проблемы были выбраны датчики давления

серии КРУ-50, выпуск которых малыми партиями начал фирмой

Siemens в 1999 году. По данным, приводимым фирмой-изготовителем,

датчики этой серии имеют меньшую погрешность, обусловленную

температурным гистерезисом, и более высокую линейность

характеристики преобразования. В отличие от МРХ2100 в датчиках

КРУ отсутствует пассивная термостабилизация тензомоста, а коррективка его термозависимости осуществляется с помощью терморезистора. Терморезистор выполнен на одном кристалле с тензомостом, что позволяет более корректно учитывать составляющую дополнительной погрешности измерения, обусловленную изменением температуры окружающей среды.

Приводимые фирмой-изготовителем основные технические характеристики датчиков (индивидуальные для каждого датчика) не позволяют в достаточной степени оценить дополнительные составляющие погрешности в интересующих условиях эксплуатации. Поэтому были проведены исследования, основной целью которых являлось получение количественных оценок составляющей погрешности, обусловленной температурным гистерезисом тензомоста датчика. Некоторые результаты этой работы представлены ниже.

В структурной схеме

измерителя (рисунок 1)

выходные информативные

сигналы датчика типа КРУ-

53АК непосредственно

подавались на входы

вторичного преобразователя, выполненного на основе многоканального

24-разрядного самокалибрующегося дельта-сигма АЦП ADS1213. Это

позволило практически исключить дополнительную составляющую

погрешности, обусловленную вторичным преобразованием. Кроме

того, такая структура содержит минимальное количество навесных

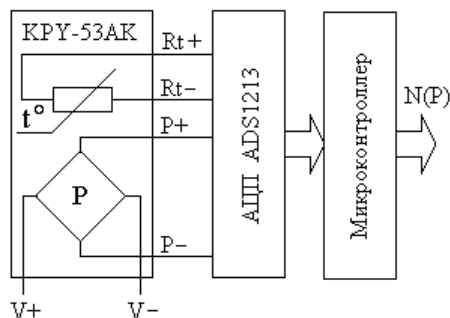


Рисунок 1 – Структурная схема измерителя атмосферного давления

элементов, что существенно повышает устойчивость характеристик измерителя к влиянию вибрационных и ударных воздействий.

Управление алгоритмом работы вторичного преобразователя, установка внутренней конфигурации АЦП (различной для каналов измерения давления и температуры) и первичная обработка выходных информативных сигналов осуществляется с помощью микроконтроллера, связанного с персональной ЭВМ для последующей обработки информации при помощи специально разработанного программного обеспечения. Применение микроконтроллера RISC-архитектуры с возможностью последовательной загрузки исполняемого кода во FLASH-память программ позволило оперативно выбирать конфигурацию АЦП, оптимальную с точки зрения реализации противоречивых требований к разрешению и стабильности характеристик преобразования измерителя, с одной стороны, и его энергетической экономичности, с другой.

С целью оценки характеристики преобразования измерителя была разработана методика испытаний, учитывающая режим работы прибора в реальных условиях эксплуатации. При этом в качестве образцового средства измерения атмосферного давления использовался комплект поверочный барометрический инспекционный БАР-II ААЕЛ.416123.004 № 06029 (свидетельство о государственной

метрологической аттестации № 39-278/00 от 14 июля 2000 г.).

Наибольшее значение абсолютной погрешности образцового средства

– не более 0,2 гПа.

Отсчёты значений образцового давления P_{ref} кодов каналов давления N_P и температуры N_T производились синхронно с дискретностью 1,0 с непосредственно после подачи питания. Такой алгоритм работы измерителя соответствует формату сообщения системы ARGOS, в которой работают SVP-B дрифтеры. Характеристика преобразования вида $P(N_P, N_T)$ измерителя оценивалась на основании данных, полученных при измерениях двух значений давления (около 1030 и 960 гПа) в каждой из четырёх точек заданного диапазона температур (около 0, 10, 20 и 30°C). В каждой точке снималось 30 синхронных отсчётов. Принимая во внимание нелинейный характер зависимостей выходного напряжения тензомоста и сопротивления терморезистора от температуры, полученные данные аппроксимировались полиномом вида:

$$P(N_P, N_T) = A + B \cdot N_T + C \cdot N_T^2 + D \cdot N_T^3 + E \cdot N_P + F \cdot N_P \cdot N_T + G \cdot N_P \cdot N_T^2.$$

Дополнительная составляющая погрешности измерения, обусловленная

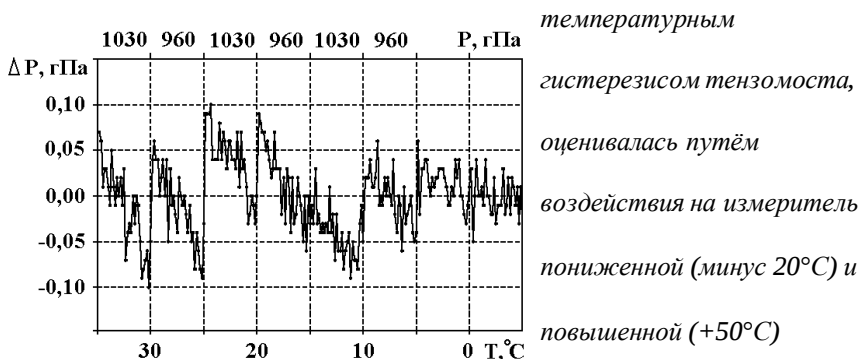


Рисунок 2 – Результаты градуировки измерителя атмосферного давления с датчиком КРУ -53АК №707

среды. После каждого воздействия измеритель помещали в

нормальные условия и проводили измерения.

Результаты испытаний измерителя атмосферного давления с датчиком типа КРУ-53АК №707 изображены на рисунках 2, 3.

Оценка среднего квадратического отклонения случайной составляющей погрешности в нормальных условиях не превысила 0,04 гПа при максимальном отклонении не более 0,10 гПа. Увеличение погрешности при повышенных температурах среды и изменчивость погрешности в каждой точке температурного диапазона связаны с нестабильностью внутреннего источника опорного напряжения АЦП. Эта составляющая погрешности может быть уменьшена при использовании внешнего более высококачественного источника, например, типа REF1004.

Оценка составляющей погрешности, обусловленной температурным гистерезисом (рисунок 3), не превысила 0,3 гПа непосредственно после воздействия температуры минус 30°C. С течением времени погрешность снижалась и через трое суток оценка её не превышала полученной при градуировке. Такое поведение характеристики преобразования не

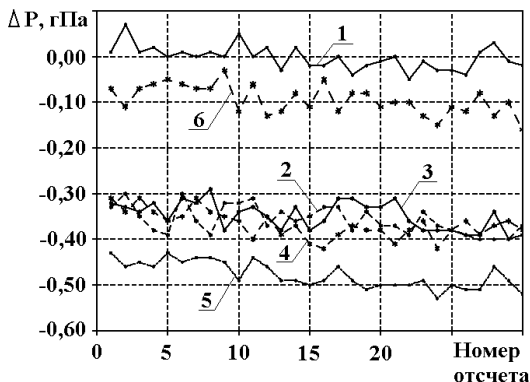


Рисунок 3 – Результаты исследования дополнительной погрешности, обусловленной температурным гистерезисом тензоэлемента датчика КРУ-53АК №707:
1 – градуировка; 2 – +20°C после -30°C через 1 час; 3 – то же через 4 часа; 4 – то же через сутки; 5 – +20°C после -30°C (повторно) через 4 часа; 6 – то же через 10 суток

изменялось и при повторных воздействиях пониженной температуры. Воздействия повышенной (до +50°C) температуры среды не приводили к заметным изменениям погрешности. По результатам, показанным на рисунке 3, можно также судить о долговременной стабильности измерителя. Однако для получения достоверных оценок необходимо провести испытания в течение более длительного времени.

Аналогичные данные были получены для измерителей с другими датчиками такого же типа.

Таким образом, полученные данные позволяют обоснованно полагать, что в рабочих условиях применения, характерных для SVP-B дрейфтеров, суммарная погрешность измерителя, выполненного по приведенной выше структуре с датчиком типа КРУ-53АК, не превысит 1,0 гПа (с учётом погрешности образцового средства).

Библиографический список

1. Blouch P. Evolution of the performances of air pressure measurement on the SVP-B drifter / P. Blouch, J. Rolland // Developments in buoy technology and data applications / Presentations at the DBCP technical workshop. DBCP Technical Document. — 1997. — № 12. — P. 39–42.

Поступила в редакцию 6.09.2001 г.