

УДК 551.596

**ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ДИНАМИЧЕСКОЙ КАЛИБРОВКИ МИКРОБАРОМЕТРОВ,
ИСПОЛЬЗУЮЩИХСЯ В МЕЖДУНАРОДНОЙ СИСТЕМЕ МОНИТОРИНГА.
ЧАСТЬ 2: ТЕМПЕРАТУРНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ**

¹⁾Старовойт Ю.О., ²⁾Кунаков В.Г.

¹⁾*Организация Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний, Вена, Австрия*

²⁾*Институт геофизических исследований НЯЦ РК, Курчатов, Казахстан*

В дополнение к [1], показано, что для снижения погрешностей при термодинамической калибровке микробарометров, установленных на инфразвуковых наблюдательных станциях Международной системы мониторинга, необходимо учитывать и изменения температуры при ступенчатом изменении объема воздуха в калибровочном отсеке.

Методы и практические возможности калибровки микробарометров, используемых на инфразвуковых станциях Международной системы мониторинга, рассмотрены в [1, 2]. Показано, что при динамической калибровке микробарометров, в частности, микробарометров MB 2000, требуется учитывать особенности термодинамического процесса в калибровочном отсеке, вызванного ступенчатым изменением объема вдуваемого воздуха. В [1] предложены специальные меры при конструировании калибровочного отсека с целью обеспечения режима, при котором угловые частоты адиабатического процесса ω_1 и ω_2 функции преобразования «объем – давление» находились бы вне полосы рабочих частот микробарометра. Метод позволяет снизить погрешности при оценке формы амплитудно-частотной характеристики микробарометра. При этом оценка частотной характеристики проводилась с помощью Фурье - анализа отклика микробарометра на «ступеньку давления».

В данной статье, дополнительно к [1], рассмотрено, как небольшие изменения температуры, вызываемые «ступенькой давления» в калибровочном отсеке, влияют на результаты динамической калибровки микробарометра MB 2000.

Для исследований использована серия калибровочных импульсов (рисунок 1): N1 – импульс, поданный после того, как в калибровочной системе установленось термодинамическое равновесие; P1 и N2 – разнополярные импульсы, поданные в период времени, когда в калибровочной системе происходят переходные процессы. Вертикальная шкала – давление (Паскаль), горизонтальная – время (сек).

Из рисунка 1 видно, что уровень давления перед подачей импульса N1 является установившимся, чего нельзя сказать о давлении на начало импульсов P1 и N2. На рисунке 2 приведен отклик системы, включающей микробарометр и дигитайзер, на «ступеньку давления» N1 (рисунок 1), а также амплитудно-частотная характеристика открытого канала MB 2000, рассчитанная по отклику на эту «ступеньку

давления» для случая термодинамически равновесной системы. Форма откликов на импульсы P1 и N2 говорит о продолжающихся в системе термодинамических процессах, вызванных изменениями температуры в калибровочной системе. Полоса частот регистрируемых сигналов на уровне 0.7 составляет 0.001 - 5 Гц. Следует отметить, что эти характеристики получены для открытого канала при частоте оцифровки 20 отсчетов в секунду.

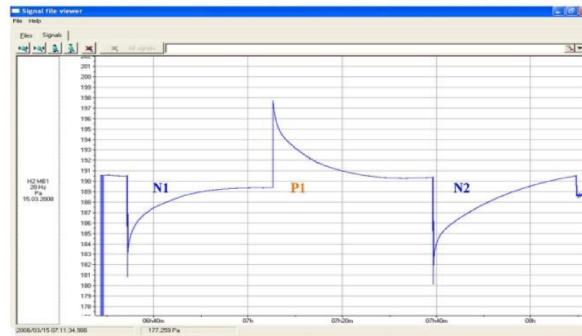


Рисунок 1. Серия калибровочных импульсов, используемых для расчета АЧХ

Следующим по времени идет отклик на «ступеньку давления» P1 (рисунок 1). Видно, что термодинамические процессы в системе еще не установились. В частности, давление (правая сторона графика) продолжает расти после минимума.

На рисунке 3 показаны отклик системы на «ступеньку давления» P1 и рассчитанная по нему АЧХ.

Полоса частот открытого канала на уровне 0.7 составляет 0.001-2 Гц. «Завал» высоких частот можно объяснить нечетким передним фронтом импульса.

На рисунке 4а показаны отклик системы микробарометр/дигитайзер на «ступеньку давления» N2 (рисунок 1), а также амплитудно-частотная характеристика открытого канала MB 2000, рассчитанная по нему.

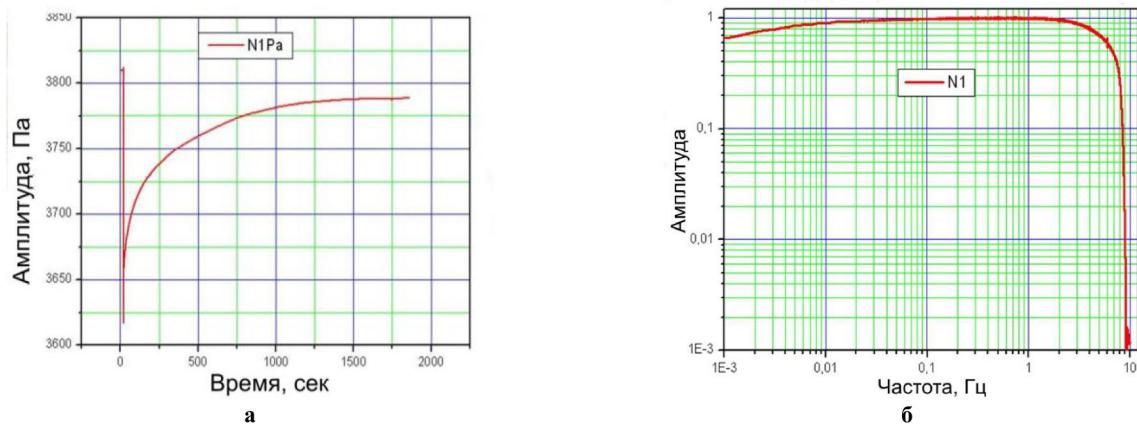


Рисунок 2. Отклик системы микробарометр/дигитайзер на «ступеньку давления» N1(а) и рассчитанная по отклику АЧХ (б). Случай термодинамического равновесия системы

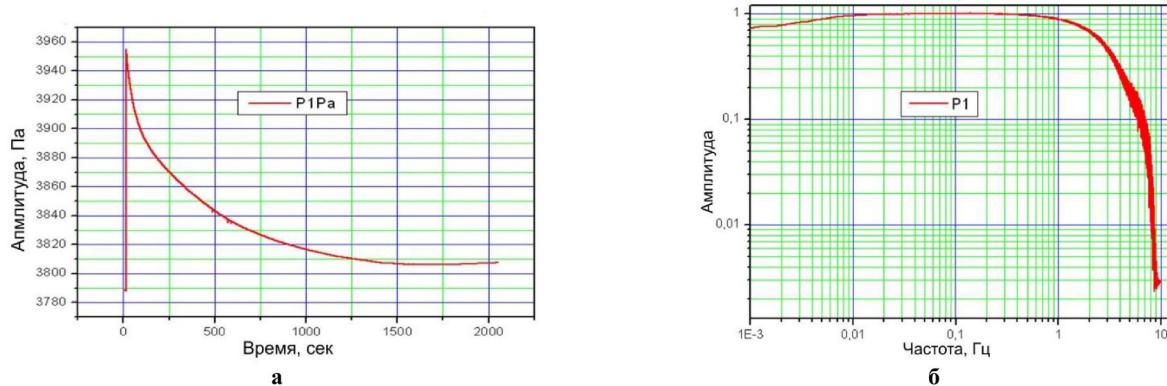


Рисунок 3. Отклик системы микробарометр/дигитайзер на ступеньку давления P1 (а) и рассчитанная по отклику АЧХ (б). Случай системы с переходными термодинамическими процессами

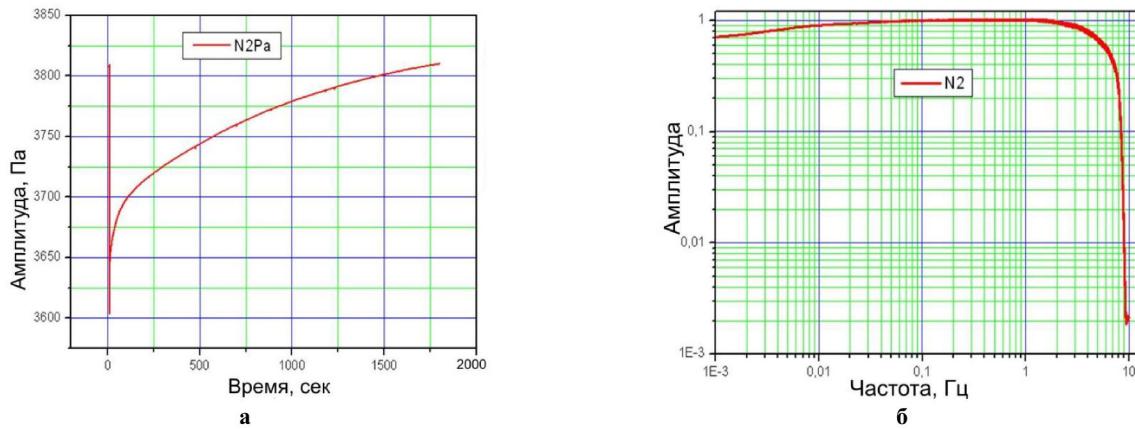
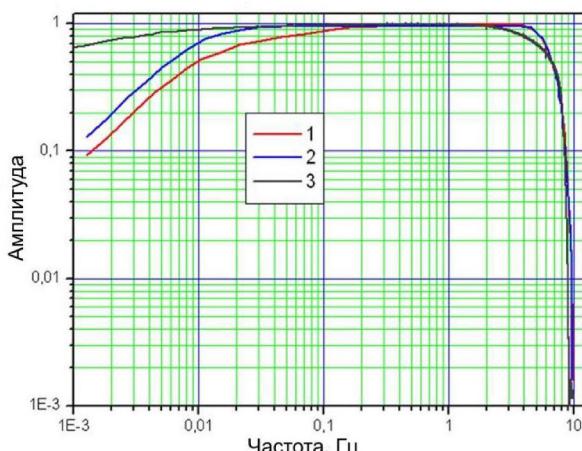


Рисунок 4. Отклик системы микробарометр/дигитайзер на ступеньку давления N1 (а) и рассчитанная по отклику АЧХ (б). Случай системы с переходными термодинамическими процессами

Так же, как в случае импульса Р1, система не вышла на установившийся режим. Полоса частот, тем не менее, та же, что и в случае импульса N1. Поскольку высокие частоты определяются передним фронтом импульса, можно предположить, что для импульса Р1 передний фронт был нечетким (технология подачи импульса, использованная в данном

эксперименте такова, что отрицательный фронт реализуется просто, в отличие от положительного).

И, наконец, сравним результаты теоретических расчетов с характеристиками, полученными реально при проведении эксперимента.



1 - ожидаемая АЧХ фильтрованного канала, $\omega_1=0,314$ рад/сек и $\omega_2=0,44$ рад/сек; 2 - ожидаемая АЧХ фильтрованного канала, $\omega_1=0,0314$ рад/сек и $\omega_2=0,044$ рад/сек; 3 - АЧХ, полученная экспериментально (N1), $\omega_1=\beta/C_p$, $\omega_2=\beta/C_y$, где C_p и C_y удельная теплоёмкость газа при постоянном объеме

Рисунок 5. Ожидаемые и экспериментальные амплитудно – частотные характеристики (АЧХ) каналов микробарометра MB 2000

ЛИТЕРАТУРА

- Старовойт, Ю.О. Термодинамические аспекты динамической калибровки микробарометров, использующихся в Международной системе мониторинга / Ю.О. Старовойт, В.Г. Кунаков, П.Н. Мартысевич // Вестник НЯЦ РК, 2006. – Вып. 2. – С. 71 – 78.
- Кунаков, В.Г. Динамическая калибровка каналов инфразвуковой системы сбора данных IS31-Актюбинск / В.Г. Кунаков, П.Н. Мартысевич // Вестник НЯЦ РК, 2004. – Вып. 2. – С. 53 – 61.

ХАЛЫҚАРАЛЫҚ МОНИТОРИНГІ ЖҮЙЕСІНДЕ ҚОЛДАНЫЛАТЫН МИКРОБАРОМЕТРЛЕРІН ДИНАМИКАЛЫҚ КАЛИБРЛЕУІНІҢ ТЕРМОДИНАМИКАЛЫҚ АСПЕКТИЛЕРІ. 2 БӨЛІМІ: ТЕМПЕРАТУРАЛЫҚ ӘСЕРІ

¹⁾Старовойт О.Ю., ¹⁾Кунаков В.Г.

¹⁾Организация Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний, Вена, Австрия
²⁾КР ҰЯО Геофизикалық зерттеулер институты, Курчатов, Қазақстан

Мақалада [1] қосымшасы ретінде, Халықаралық мониторингі жүйесінің инфрадыбысты бақылау станцияларында орнатылған микробарометрлерін термодинамикалық калибрлеуінде қателіктерін төмендету үшін калибрлеу бөлігінде ауаның көлемі сатылы өзгеріүінде температуралық өзгеруін есепке алу қажеттілігі көрсетілген.

THERMODYNAMIC ASPECTS OF THE DYNAMICAL CALIBRATION OF MICROBAROMETERS USED FOR IMS APPLICATIONS. PART2: TEMPERATURE EFFECTS

¹⁾Yu.O. Starovoit, ¹⁾V.G. Kunakov

¹⁾Comprehensive Nuclear Test-Ban-Treaty Organization, Vienna, Austria
²⁾Institute of Geophysical Research NNC RK, Kurchatov, Kazakhstan

In addition to [1] it is shown that in order to decrease inaccuracy in thermodynamic calibration of microbarometers installed at infrasound stations of the International Monitoring System, it is required to take into account temperature fluctuations caused by abrupt volume changes injected into the calibration volume (chamber).