

УДК 62-971.2

Василенко Д.И., студент гр. ПП-41
КПИ им. Игоря Сикорского

ТЕМПЕРАТУРНАЯ КАЛИБРОВКА

Аннотация. В данной статье речь идет о температурной калибровке. Аппроксимация данных была произведена методом наименьших квадратов, результаты калибровки представлены в виде графиков температурной характеристики и таблиц с параметрами кубического полинома и погрешностей их определения.

Ключевые слова: температурная калибровка, температурная характеристика, метод наименьших квадратов.

ВВЕДЕНИЕ

На выходной сигнал акселерометров влияет множество различных факторов, одним из которых является температура. Для определения влияния температуры проводят климатические испытания. Основной целью таких испытаний является определение зависимости параметров акселерометра от изменения температуры окружающей среды.

Рассматривая литературу на данную тему, выделить можно [1]. В данной работе описывается выходной сигнал акселерометра, его параметры и методы калибровки. Подробней о температурной калибровке излагается в статье [3]. В труде [2] описывается аппроксимация данных методом наименьших квадратов.

В данной статье рассмотрено влияние температуры на основные параметры модели выходного сигнала трехосного акселерометра, а также будет произведена аппроксимация данных, при этом использовались данные с температурных испытаний, проведенных на КП СПб «Арсенал». Испытания маятниковых акселерометров навигационного класса АКС-05 проводились в камере Weiss 1000.

Целью работы является исследование зависимости основных параметров исходного сигнала акселерометра от температуры и построение модели температурной характеристики.

Для построения модели температурной характеристики исходные данные аппроксимируются. Для этого воспользуемся методом наименьших квадратов, суть которого состоит в нахождении коэффициентов зависимости, при которых функция двух переменных принимает наименьшее значение.

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Для построения модели температурной характеристики были обработаны экспериментальные данные, полученные с выходного измерительного канала акселерометра АКС-05 во время температурных испытаний в диапазоне температур окружающей среды от минус 10 до 60°C. Экспериментально полученная температурная характеристика представляет собой кривую параболического вида, которая весьма четко описывается полиномом 3 степени (рис. 1).

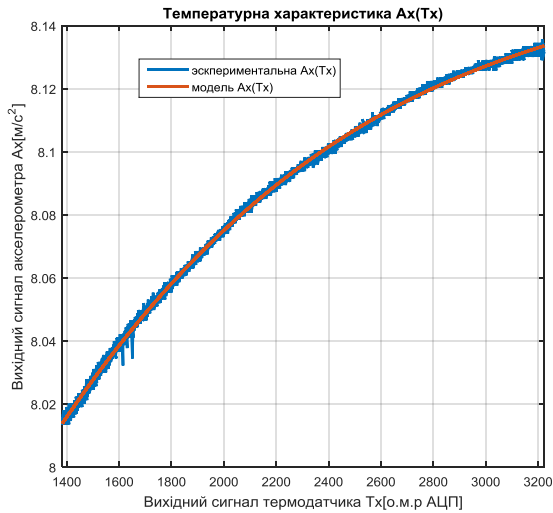


Рисунок 1 – Полученая экспериментальная температурная характеристика АКС-05 и результаты моделирования температурной характеристики полиномом 3 степени.

На графике рис. 2 представлено так называемый остаток модели - разница между измерениями в экспериментальных данных и прогнозируемыми значениями по полученной в результате аппроксимации модели. Такой остаток демонстрирует потенциальные возможности алгоритма коррекции, который может быть построен на основе полученной модели температурной характеристики.

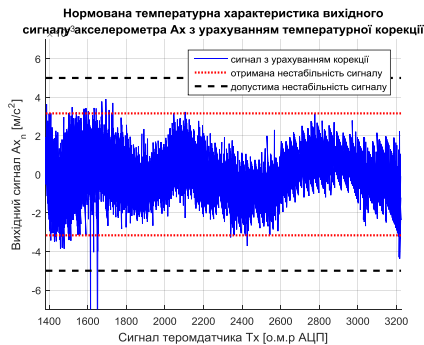


Рисунок 2 - Нормированное значение разницы модельных и экспериментальных данных АКС-05.

Для определения методической погрешности оценки параметров температурной характеристики было разработано соответствующее программное обеспечение.

В таблиці 1 представлені результати розрахунків параметрів моделі, а також абсолютної і відносної погрешностей оцінок параметрів:

Таблиця 1 - Результати розрахунків параметрів, і погрешностей апроксимації експериментальних даних

	Параметр кубического полинома, a	Абсолютная погрешность аппроксимации, da	Относительная погрешность аппроксимации, %
a0	7.751e+00	7.804e-04	0.01%
a1	2.681e-04	1.090e-06	0.41%
a2	-6.386e-08	4.915e-10	0.77%
a3	5.437e-12	7.173e-14	1.32%

В ТЗ на інерціальні датчики передбачені вимоги по максимально допустимим погрешностям, или точностные параметри. Одним из таких основных требований для акселерометров является нестабильность дрейфа нуля во время запуска. Из графика на рис.2 можно увидеть, что реальная нестабильность сигнала после компенсации температурной погрешности меньше чем допустимая нестабильность, которая обозначена на графике пунктирными линиями. Однако, для корректного расчета погрешности оценки параметров температурной характеристики необходимо учесть максимально возможные погрешности исходного сигнала АК (Рис.2).

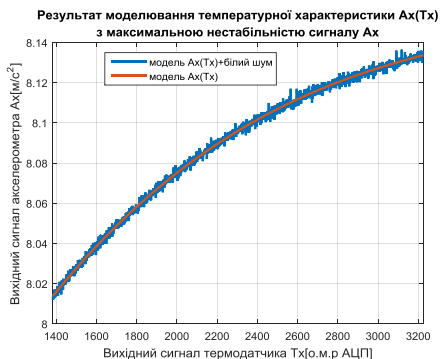


Рисунок 3 - Полученая теоретическая температурная характеристика АКС-05 на основе ранее определенной модели.

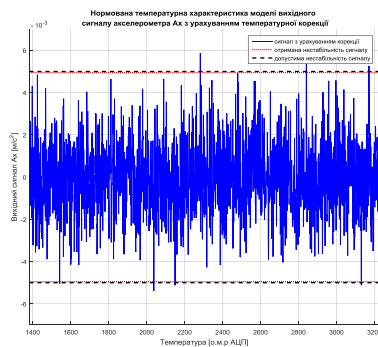


Рисунок 4 - Разница теоретического исходного сигнала и модели температурной характеристики АКС-05.

В таблице 2 представлены результаты расчетов допустимых погрешностей оценки параметров температурной характеристики АК.

Таблиця 2 - Результаты расчетов допустимых погрешностей для параметров температурной характеристики АКС-05

	<i>Параметр кубического полинома a</i>	<i>Абсолютная погрешность аппроксимации da</i>	<i>Относительная погрешность аппроксимации</i>
a0	7.748e+00	3.727e-03	0.05%
a1	2.720e-04	5.128e-06	1.89%
a2	-6.543e-08	2.283e-09	3.49%
a3	5.642e-12	3.295e-13	5.84%

ВЫВОД

В данной статье была рассмотрена аппроксимация методом наименьших квадратов, были построены температурные характеристики и рассчитана погрешность аппроксимации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аврутов В.В., Испытания инерциальных приборов: Учебное пособие.- К.: НТУУ «КПИ им. Игоря Сикорского», 2016. - 205 с.
2. Henri P. Gavin. Fitting Curves to Data, Generalized Linear Least Squares and Error Analysis / Duke University / September 4.2017. P 33.
3. Jing-Min Gao, Ke-Bei Zhang. Temperature Characteristics and Error Compensation for Quartz Flexible Accelerometer / International Journal of Automation and Computing /Volume 12, Issue 5. - 2015. P 540-550.

Научный руководитель – к.т.н. Аврутов В.В.