

УДК 629.7

БАРОМЕТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫСОТЫ ПОЛЕТА БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Бавбель Е.И.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь*

Научный руководитель: Алексеев В. Ф. – к. т. н., доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. Рассматриваются барометрические методы определения высоты полета беспилотных летательных аппаратов. Описаны принципы работы барометрических датчиков давления и их применение в системах навигации летательных аппаратов. Показано влияние атмосферного давления на определение высоты полета.

Ключевые слова: барометрический датчик, атмосферное давление, высота полета, беспилотный летательный аппарат, навигационные системы.

Определение высоты полета является одной из важнейших задач навигации летательных аппаратов. Данные о высоте используются системами управления для поддержания заданного режима полета, стабилизации аппарата и обеспечения безопасности выполнения полетного задания. В современных беспилотных летательных аппаратах применяются различные методы измерения высоты, среди которых широко используются барометрические методы [1].

Барометрические методы основаны на измерении атмосферного давления и использовании зависимости между давлением и высотой. Атмосферное давление уменьшается с увеличением высоты, поэтому измеряя текущее значение давления можно определить высоту летательного аппарата относительно некоторого опорного уровня. Такой подход применяется в авиации на протяжении длительного времени и используется как в пилотируемых, так и в беспилотных летательных аппаратах [2].

Числовая зависимость между атмосферным давлением и высотой описывается барометрической формулой:

$$h = \frac{RT}{gM} \ln \left(\frac{p_0}{p} \right), \quad (1)$$

где: h – высота полета;

R – универсальная газовая постоянная;

T – температура воздуха;

g – ускорение свободного падения;

M – молярная масса воздуха;

p_0 – давление на уровне отсчета – измеренное атмосферное давление.

Данная зависимость используется в системах измерения высоты для вычисления текущего положения летательного аппарата. Барометрический датчик измеряет атмосферное давление, после чего на основе полученных данных вычисляется высота полета.

Современные барометрические датчики представляют собой компактные электронные устройства, основанные на использовании чувствительных элементов, реагирующих на изменение давления. В большинстве случаев используются микромеханические датчики давления, изготовленные по технологии MEMS. Такие датчики обладают высокой чувствительностью, небольшими размерами и низким энергопотреблением, что делает их удобными для применения в бортовых системах летательных аппаратов [3-4].

Одним из преимуществ барометрических методов определения высоты является простота реализации. Для работы барометрического датчика не требуется использование внешних источников сигнала, таких как спутниковые навигационные системы. Это позволяет

применять данный метод в различных условиях эксплуатации, включая ситуации, когда сигналы спутниковой навигации могут быть недоступны или искажены.

Барометрические датчики часто используются совместно с другими навигационными приборами. Например, данные барометрического датчика могут комбинироваться с информацией от инерциальных измерительных систем, GPS-приемников и других датчиков. Совместная обработка данных позволяет повысить точность определения высоты и уменьшить влияние внешних факторов на результаты измерений.

На рисунке 1 представлена схема принципа работы барометрического датчика давления, применяемого в системах определения высоты полета.

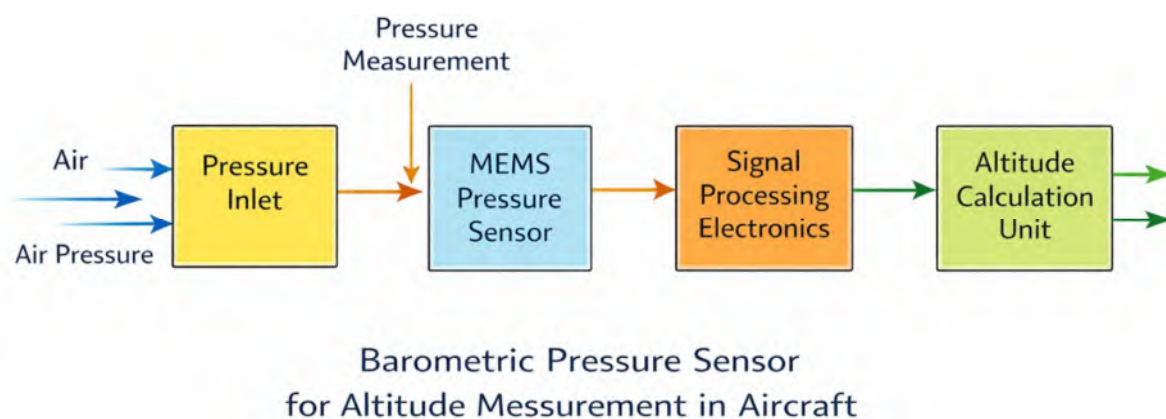


Рисунок 1 – Принцип работы барометрического датчика давления

Несмотря на широкое применение, барометрические методы имеют определенные ограничения. Основной источник погрешностей связан с изменением атмосферного давления в результате погодных условий. Давление воздуха может изменяться из-за изменения температуры, влажности и движения воздушных масс. В результате этого измеренная высота может отличаться от фактической.

Для уменьшения влияния данных факторов применяются методы коррекции и фильтрации измерений. Например, используется предварительная калибровка датчиков, а также алгоритмы обработки данных, позволяющие компенсировать влияние атмосферных изменений. Кроме того, в некоторых системах используется комбинирование данных нескольких датчиков, что позволяет повысить надежность измерений [5].

Барометрические методы занимают важное место среди средств определения высоты полета летательных аппаратов. Простота конструкции датчиков, их компактность и возможность интеграции с другими навигационными системами обеспечивают широкое применение данного способа в современных бортовых системах. В работе рассмотрены барометрические методы определения высоты полета летательных аппаратов и особенности их применения в навигационных системах. Показано, что использование барометрических датчиков позволяет получать информацию о высоте на основе измерения атмосферного давления и его зависимости от высоты.

Отмечено, что современные барометрические датчики обладают высокой чувствительностью и небольшими габаритами, что позволяет эффективно использовать их в бортовых системах летательных аппаратов. Совместное применение барометрических датчиков с другими навигационными приборами позволяет повысить точность определения высоты и устойчивость работы навигационных систем.

Использование барометрических методов измерения высоты остается одним из распространенных решений в авиационных системах навигации. Дальнейшее совершенствование датчиков давления и алгоритмов обработки измерительной информации позволит повысить точность определения высоты и расширить возможности применения данных систем в летательных аппаратах.

Список литературы

1. *R. Flight Stability and Automatic Control.* – New York : McGraw-Hill, 1998.
2. *Stevens, B., Lewis, F. Aircraft Control and Simulation.* – Hoboken : Wiley, 2015.
3. *Cook, M. Flight Dynamics Principles.* – Oxford : Butterworth-Heinemann, 2012.
4. *Sadraey, M. Aircraft Design: A Systems Engineering Approach.* – Oxford : Wiley, 2013.
5. *Etkin, B., Reid, L. Dynamics of Flight: Stability and Control.* – New York : Wiley, 1996

UDC 629.7

**BAROMETRIC METHODS FOR DETERMINING THE FLIGHT ALTITUDE
OF UNMANNED AERIAL VEHICLES**

Bavbel E.I.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Viktor F. Alexeev – Cand. of Sci., assistant professor, associate professor of the department of ICSD

Annotation. The paper considers barometric methods for determining the flight altitude of unmanned aerial vehicles. The operating principles of barometric pressure sensors and their application in navigation systems are described. The influence of atmospheric pressure on altitude determination is analyzed.

Keywords: barometric sensor, atmospheric pressure, flight altitude, unmanned aerial vehicle, navigation systems.