

УДК 629.7.05

ВЫСОТОМЕРЫ: ВИДЫ И ПРИНЦИПЫ ДЕЙСТВИЯ

К. С. Алилекова
Научный руководитель – Г. М. Гринберг

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева
Российская Федерация, 660037, г. Красноярск, просп. им. газеты «Красноярский рабочий», 31
E-mail: ksenijalilekova@mail.ru

В данной статье рассматриваются виды высотомеров и принципы действия каждого из них.

Ключевые слова: высотомер, летательный аппарат (ЛА), барометрический высотомер, радиовысотомер, лазерные локационные системы (ЛЛС), спутниковые приемники, гамма-лучевые высотомеры.

ALTIMETERS: TYPES AND PRINCIPLES OF OPERATION

K.S. Alilekova
Scientific supervisor – G. M. Grinberg

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology
31, Krasnoyarskii rabochii prospekt, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation
E-mail: ksenijalilekova@mail.ru

This article discusses the types of altimeters and the principles of operation of each of them.

Keywords: altimeter, aircraft, barometric altimeter, radio altimeter, laser location systems (LLS), satellite receivers, gamma ray altimeters.

Высотомер (альтиметр) – прибор, измеряющий высоту полета летательного аппарата (ЛА). Необходимость применения высотомеров возникает в связи с зависимостью параметров ЛА, отвечающих за успешное управление движением транспорта, от его высоты.

Сегодня применяется несколько видов высотомеров, отличающихся между собой механизмом устройства. Самым первым из них является барометрический высотомер. Принцип действия барометрического высотомера основан на использовании закона изменения давления воздуха с увеличением высоты над уровнем моря (рис. 1).

Данная задача реализуется с помощью anerоида – запаянной эластичной коробочки из металла, заполненной газом [1]. Как известно, высота и атмосферное давление – взаимосвязанные величины, изменяющиеся обратно пропорционально. Таким образом, при повышении атмосферного давления, то есть уменьшении высоты, происходит сдавливание стенок коробочки, которая сжимается и приводит в движение стрелку. Если атмосферное давление понижается, то происходит обратный процесс: коробочка расширяется, стрелка движется в другую сторону. Основным требованием к применению барометрического высотомера является наличие достоверной информации об атмосферном давлении в районе аэродрома. Данный параметр служит «нулевым показателем» и имеет смысл калибровочного значения.

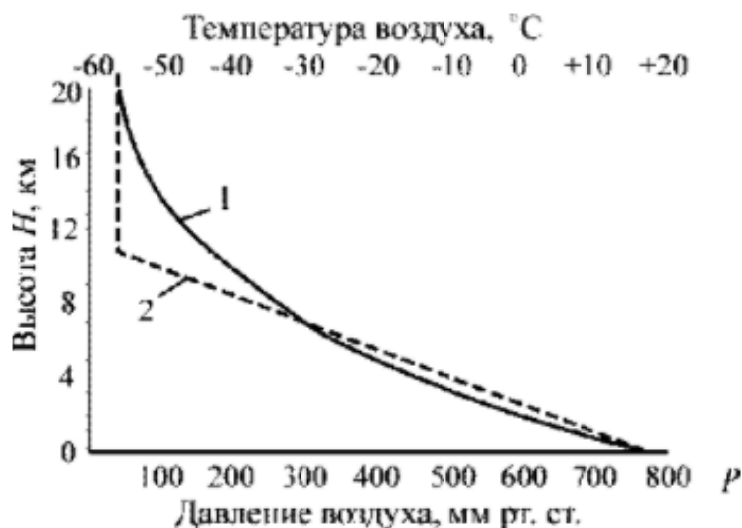


Рис. 1. Зависимость давления и температуры от высоты

Высотомеры активно применяются в радиолокационных системах, предназначенных для обнаружения положения объекта, измерения его координат и скорости движения. Такой тип высотомеров носит название радиовысотомер. Принцип его работы основан на измерении времени прохождения радиоволн между моментами излучения и приема их прибором после отражения от подстилающей поверхности [2]. Скорость распространения волн полагается известной (обычно равной скорости света). В радиовысотомерах, как правило, используются сигналы с непрерывным излучением, поэтому актуальным становится использование двух приемо-передающих антенн. Для того, чтобы не ухудшать аэродинамических свойств ЛА, антенны помещают в специализированные обтекала, которые не препятствуют прохождению радиосигнала. Различают радиовысотомеры с частотной (непрерывной) и импульсной модуляцией, предназначенных для измерения малых и больших высот соответственно [3]. На практике чаще всего применяется первый тип радиовысотомеров, так как для измерения больших высот требуется высокоомощный источник излучения, а также автономной аппаратуры, позволяющей эффективно противостоять существующим помехам.

На сегодняшний день, для управления работой ЛА применяются не только радиотехнические системы, но и лазерные локационные системы (ЛЛС). Использование ЛЛС может быть целесообразным по причине наличия большого динамического диапазона для обеспечения измерений дальности и скорости с требуемой погрешностью. Конструктивно ЛЛС включает в себя лазерный источник, фотоприемное устройство, передающую и принимающую оптические системы, блок управления и обработки данных [4]. Лазерные высотомеры носят название профилометры. Лазерное излучение, так же, как и радиоизлучение, может непрерывным и импульсным. Непрерывное излучение используется для измерения больших высот, импульсное — для малых. Помимо измерения высоты, профилометр на лазере непрерывного излучения может быть использован для оценки покрытых снегом поверхностей с точки зрения пригодности их для посадки в арктических условиях, в оперативной военной разведке над незнакомыми территориями при измерениях с низколетящих аппаратов, при определении состояния морской поверхности, а также для изучения профиля местности. Также он может служить для калибровки радиовысотомеров и измерения высоты и скорости движения снижения или подъема при полетах по специальной программе.

В качестве высотомеров также могут выступать спутниковые приемники. Их работа осуществляется за счет нескольких (от четырех до шести) вещающих спутников, которые находятся на известных орбитах. При помощи математических расчетов высотомеры вычисляют высоту, координаты, широту и долготу места на модели поверхности Земли. Для

расчета высоты необходимо наличие как минимум трех спутников. Количество спутников определяет точность измерения параметров. Одной из областей применения спутниковых высотомеров является использование их для управления беспилотными летательными аппаратами. Здесь высотомеру предъявляются жесткие требования по габаритам и точности определения координат. Погрешность измерения высоты с помощью спутниковых высотомеров составляет порядка 10 м для гражданской авиации и может достигать десятков сантиметров для военной аппаратуры.

Помимо вышеуказанных, существуют так называемые гамма-лучевые высотомеры. Механизм работы данного вида высотомеров основан на регистрации интенсивности рассеянного гамма-излучения [5]. В конструкции гамма-лучевых высотомеров (ГЛВ) в качестве источников излучения выступают изотопы кобальта и цезия. ГЛВ используются для измерения малых высот. Их основная функция – обеспечение мягкой посадки ЛА. В частности, такой вид высотомеров применяется в космических кораблях «Союз» (шифр изделия «Кактус»). В данных космических кораблях гамма-лучевой высотомер установлен у днища спускаемого аппарата. Место его установки маркируется знаком радиационной опасности, а работа с ним производится в соответствии с нормами безопасности, описанными в специализированной нормативной документации.

Самыми точными из перечисленных видов высотомеров являются спутниковые приемники. Это связано с тем, что при измерении высоты прибор опирается в основном на математические вычисления, то есть его результат не зависит от атмосферного давления и расстояния до физического рельефа местности. Однако, измерение высоты при помощи спутниковых приемников – долговременный процесс, требующий работы сразу нескольких инстанций. Также при определенных обстоятельствах на них влияет доплеровский эффект.

Библиографические ссылки

1. Малухин И. В. 737. Мой первый лайнер. / Под ред. Д. Окань. – Санкт-Петербург, 2015. – 151 с.
2. Большая советская энциклопедия: [в 30 т.] / гл. ред. А. М. Прохоров. – 3-е изд. – М.: Советская энциклопедия, 1969-1986.
3. Бакулев П. А. Радиолокационные системы: Учебник для вузов. – 3-е изд. – М.: Радиотехника, 2015. – 440 с.
4. Зубов Н. Е., Старовойтов Е. И. Концептуализация разработки бортовых лазерных локационных систем космических аппаратов. – М.: Космическая техника и технологии, 2016. - №3 (14). – С. 100-111.
5. Кислицына И. А., Малыхина Г. Ф. Моделирование системы измерения параметров движения спускаемого аппарата в условиях неопределенности состава лунной поверхности. – Научно-технические ведомости СПбГПУ. Физико-математические науки, 2017. – Т. 10. - №3. – С. 38-51.

© Алилекова К. С., 2022