

## СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ АТМОСФЕРЫ.

### ATMOSPHERE CONTROL SYSTEM

г. Пенза, ФГУП «НИИ физических измерений»  
Penza, Reseach Institute of Physical Measurements

Эксплуатация космических аппаратов выявила необходимость прибора для контроля герметичности обитаемых многоотсечных космических аппаратов и орбитальных станций с экипажем на борту. Прибор должен обеспечивать оперативный контроль момента возникновения утечки с индикацией номера негерметичного отсека, а также рассчитывать величину утечки и резервное время нахождения экипажа в негерметичном отсеке.

The service of space vehicles shows the necessity of a pressurization leak control instruments for manned space vehicles and orbital stations. The instrument discovers the moment of leak initiations, indicates an unpressurized compartment number and calculates pressure losses and reserve time for the crew in the unpressurized compartment.

Обеспечение жизнедеятельности экипажа на орбитальных станциях типа МКС "Альфа" требует оптимальных режимов среды обитания, в частности по температуре, давлению и влажности. Помимо того, что данные физические величины влияют на состояние человека, они являются основными показателями поведения воздушной среды и способны описывать практически все изменения происходящие в ней.

Как показала практика эксплуатации станции "Мир" и других космических аппаратов оказалось невозможным обеспечить их абсолютную герметичность. В штатных режимах системы поддержания давлений обеспечивают требуемые параметры герметичности, однако, по тем или иным причинам имеют место случаи разгерметизации. В этих случаях должны быть приняты экстренные меры по устранению либо уменьшению спада давления в отсеках. Для этого необходимо решить, по крайней мере, две задачи: определить степень разгерметизации, определить место разгерметизации.

Перетекание воздушной среды из одних объемов в другие может обуславливаться разностью температур, либо утечкой воздушной среды из одного или нескольких объемов в космическое пространство. Для этого необходим постоянный контроль давления, температуры и влажности, т.к. из законов термодинамики при отсутствии значительных течей известно, что

отношение значений  $\frac{\text{давление}}{\text{температура}} \left( \frac{P_i}{t_i} \right)$  будут равными или близкими.

Известно, что при утечке воздуха в местах разгерметизации вместе со спадом давления понижается температура. С понижением температуры резко (примерно в два раза быстрее) уменьшается влажность среды. Эти явления и были положены в основу функционирования системы контроля.

Проведенные теоретические исследования показали, что достаточные диапазоны измерения давления и температуры составляют  $\pm 20\%$  от нормальных условий, т.е. по давлению от 600 до 800 мм.рт.ст. с точностью  $\pm 0,25\%$  и по температуре от  $+10$  до  $+50^\circ\text{C}$  с точностью  $\pm 0,3\%$ . При этом, как контрольный параметр используется измерение влажности в диапазоне от 0 до 98% с точностью  $\pm 3\%$ . Структурная схема прибора приведена на рисунке 1.

При разработке первичных преобразователей было отдано предпочтение емкостному принципу преобразования данных физических величин, это связано с тем, что емкостные датчик являются более точными, надежными, чувствительными и долговечными.

Так как областью применения этого прибора является ракетно-космическая техника, это накладывает определенные требования по массе и габаритам. Учитывая специфику предъявляемых требований, было решено разработать миниатюрные интегральные датчики давления и влажности.

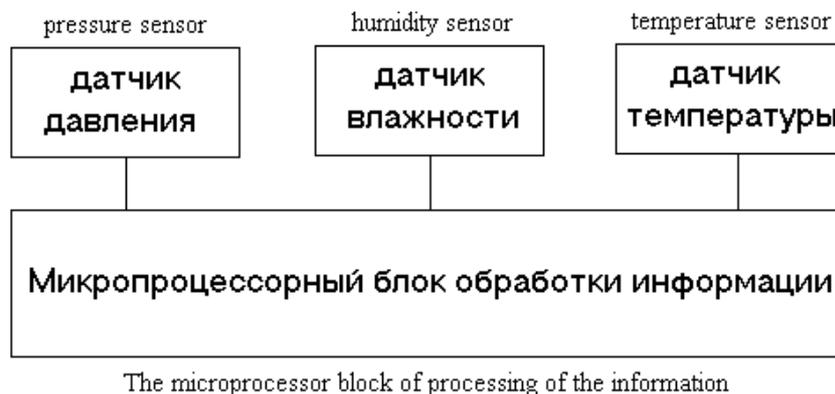


Рисунок 1 - Система контроля параметров атмосферы  
Fig. 1 - Atmosphere control system

В качестве датчика давления был разработан кремневый интегральный емкостный датчик давления. Создание кремневых интегральных датчиков давления обусловлено рядом проблем, в первую очередь, обеспечением изолированных электрических выводов при наличии герметичной вакуумной полости. Далее предложена конструкция (рисунок 2), в которой решены данные требования.

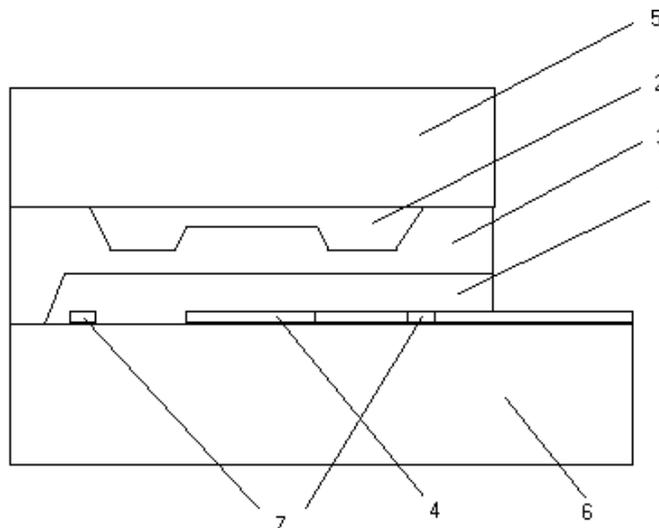


Рисунок 2 – Емкостный датчик давления  
Fig. 2 – Capacitive pressure sensor

Особенность данной конструкции заключается в том, что при увеличении давления рабочая емкость датчика уменьшается, так как мембрана 3, выполненная из высоколегированного кремния, герметично соединенная со стеклом 5 при помощи электростатической сварки, образует вакуумную полость 2. Тогда измеряемая среда, проникая в полость 1, воздействует на мембрану 3, увеличивая, таким образом, величину зазора между нижним рабочим электродом 4 и мембраной 3. Выполненные из алюминия при помощи напыления нижний электрод 4 и нижний электрод 7 образуют с мембраной 3 соответственно рабочий и опорный конденсаторы. Нижний электрод опорного конденсатора находится вне зоны прогиба мембраны и образует конденсатор, нечувствительный к изменению давления. Необходимость наличия опорного конденсатора в конструкции датчика объясняется тем, что емкость рабочего конденсатора меняется не только от давления измеряемой среды, но и от ее диэлектрической проницаемости. Чтобы избежать этого влияния необходимо, при условии однородности среды, прибегнуть к следующему преобразованию;

$$\frac{C_o}{C_x} = \frac{\epsilon S_o}{d_o} \frac{d_x}{\epsilon S_x} = \frac{S_o}{S_x} \frac{d_x}{d_o} = k d_x ,$$

где  $S_o$ ,  $S_x$  - соответственно опорная и рабочая емкость конденсатора,  $S_o$ ,  $S_x$  - соответственно площадь опорного и рабочего конденсатора,  $d_o$ ,  $d_x$  - соответственно зазор между электродами опорного и рабочего конденсатора,  $\epsilon$  - диэлектрическая проницаемость измеряемой среды.

Для измерения влажности используется интегральный сорбционно-емкостный датчик влажности (рисунок 3). Принцип действия этого датчика основан на измерении электрофизических параметров (проводимости, диэлектрической проницаемости) влагочувствительной пленки при обратимой (физической) сорбции паров воды из окружающей среды. Конструкция датчика представляет собой интегральный сорбционно-емкостный датчик с большим полем рассеивания.

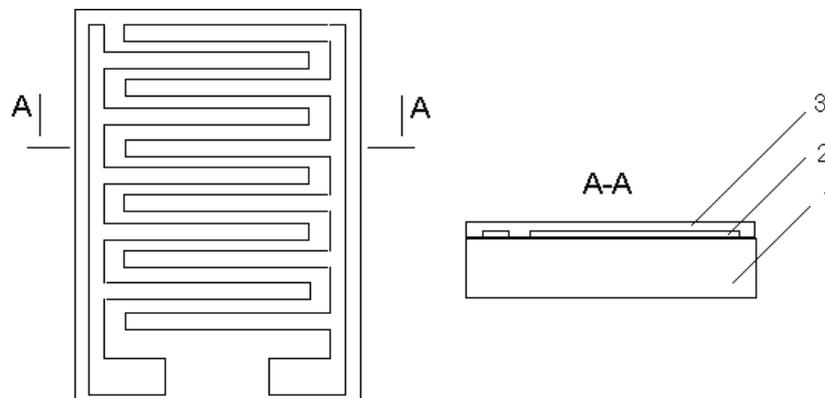


Рисунок 3 – Датчик влажности  
Fig. 3 – Humidity sensor

Конструктивно датчик представляет собой планарный конденсатор со встречно - штыревой структурой электродов 2, поверх которых напылен сорбционный слой 3, при этом поле рассеивания будет проходить через сорбционный слой. Подложка 1 выполняется из стекла или ситалла.

У датчика такой конструкции на измерение диэлектрической проницаемости влияет плотность сорбционной пленки, распределение в ней влаги, электропроводность пленки, а также температура измеряемой среды. Чтобы уменьшить погрешность измерения относительной влажности, необходимо ввести коррекцию по температуре.

Для измерения температуры применяется емкостный датчик температуры, в котором для измерения температуры используется температурная зависимость диэлектрической проницаемости конденсатора, используемого в качестве чувствительного элемента.

В целях повышения точности измерения данный прибор включает в себя микропроцессорную измерительную цепь, которая выполняет коррекцию нелинейности функции преобразования, а также автоматическую поправку на температурную и другие систематические погрешности. При этом, учитывая специфику измерения данных параметров, появляется возможность коррекции измерения одного параметра за счет остальных двух. Основными задачами микропроцессорного блока обработки информации является: хранение данных; анализ измеряемых параметров; расчет их производных в режиме реального времени; сопоставление результатов измерения с целью определения наличия утечки внутренней атмосферы в открытое космическое пространство из отсеков космического аппарата, а также расчет резервного времени нахождения экипажа в негерметичном отсеке.