

Диагностика отказов двигателей ориентации МКС

А.В. Жирнов

ОАО РКК «Энергия» им. С.П. Королева

В докладе представлен один из алгоритмов диагностики отказов двигателей ориентации (ДО) российского сегмента МКС. Алгоритм основан на анализе различия между фактическим поведением динамики объекта и его бортовой моделью. Входной информацией служат показания датчика угловой скорости (ДУС), требования включений и выключений ДО, а также длительности работы ДО. Одной из особенностей динамики углового движения МКС являются существенные упругие колебания конструкции, которые вносят в измерения датчика угловой скорости соответствующие отклонения от угловой скорости аппарата как абсолютно твердого тела. Неучет этих колебаний в бортовой модели может приводить к ложной диагностике отказов ДО. Поэтому для исключения ложной диагностики отказов используется адаптивный наблюдатель, формирующий на выходе оценку вектора угловой скорости аппарата как твердого тела $\hat{\vec{\omega}}_{тв.м}$. Также алгоритм учитывает направления угловых ускорений ДО для лучшего обнаружения отказавшего ДО.

На каждом такте бортового компьютера диагностика отказов происходит по расчетной схеме, показанной на рис.1. Вначале рассчитывается вектор рассогласования $\Delta\vec{\omega}(n) = \hat{\vec{\omega}}_{тв.м}(n) - \vec{\omega}_{расч}(n)$, где $\vec{\omega}_{расч}(n)$ - вектор угловой скорости на n-ом такте бортового компьютера, получаемый численным интегрированием уравнений Эйлера. Затем полученный вектор рассогласования проецируется на оси, образованные единичными векторами направлений угловых ускорений \vec{e}_i , создаваемыми каждым ДО в отдельности. Полученные проекции вектора рассогласования $\varepsilon_i(n) = (\Delta\vec{\omega}(n), \vec{e}_i)$ суммируются на каждом такте следующим образом: в моменты времени когда i-й ДО не активен, происходит накопление интегральной невязки $\rho_{выкл.i}(n) = w_{выкл.} \cdot \rho_{выкл.i}(n-1) + \varepsilon_i(n)$, а в моменты его активности накапливается интегральная невязка $\rho_{вкл.i}(n) = w_{вкл.} \cdot \rho_{вкл.i}(n-1) + \varepsilon_i(n)$. Таким образом, когда отказ i-го ДО отсутствует, соответствующая этому ДО проекция вектора рассогласования $\varepsilon_i(n)$ будет мала, и за счет весовых коэффициентов $w_{выкл.} < 1, w_{вкл.} < 1$ интегральные невязки $\rho_{выкл.i}(n)$ и $\rho_{вкл.i}(n)$ будут уменьшаться с каждым тактом. В случае же возникновения отказа «невключение ДО» или «включение ДО» проекция вектора рассогласования будет достаточно велика, и соответствующая интегральная невязка $\rho_{выкл.i}(n)$

или $\rho_{вкл.i}(n)$ будет расти, а при достижении ими заранее заданного порога $\rho_{выкл. max, i}$ или $\rho_{вкл. max, i}$ соответственно будет выдано сообщение об отказе ДО.

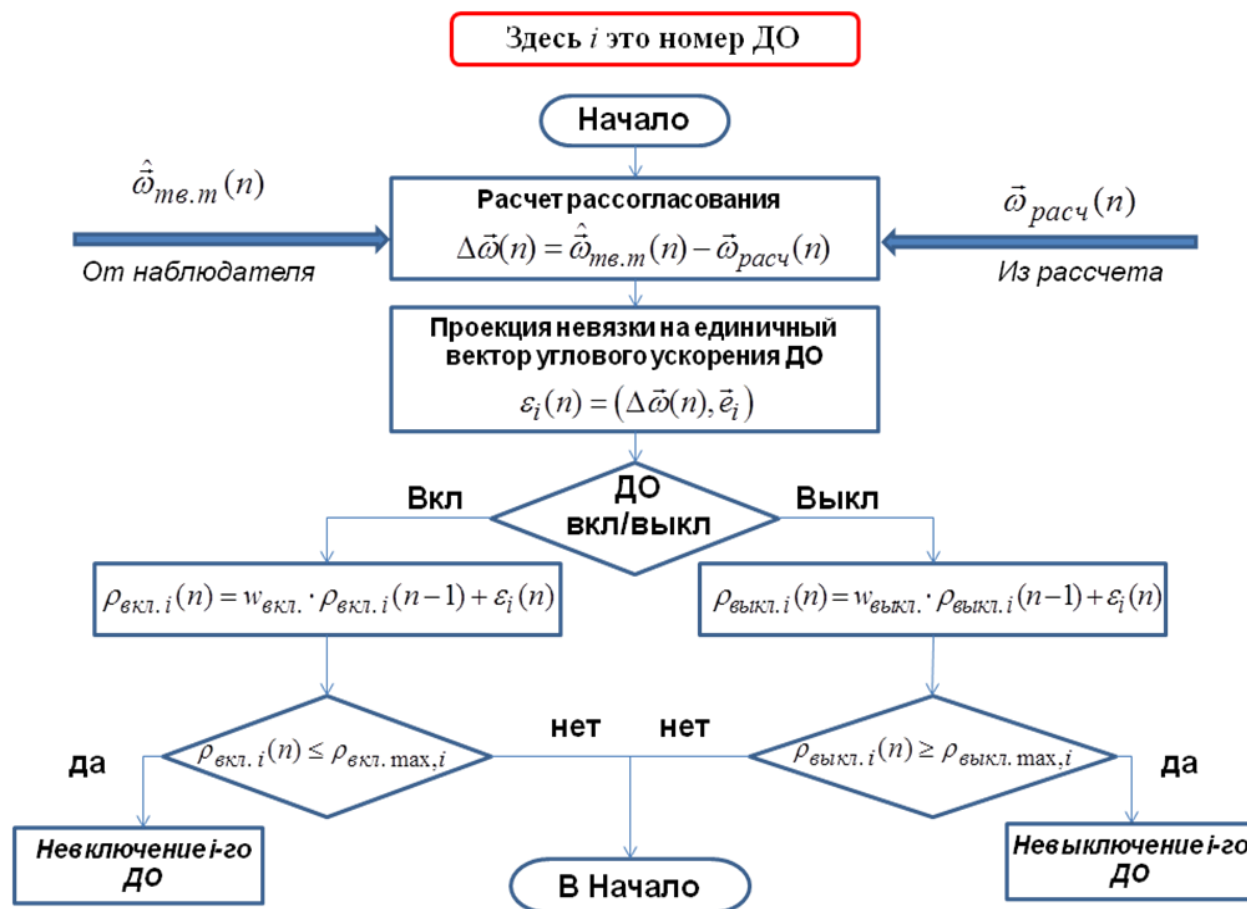


Рис.1. Схема алгоритма диагностики отказов ДО.

Такая схема диагностики отказов позволяет распознавать не путая друг с другом отказы двигателей, направления угловых ускорений от которых не совпадают с направлениями осей каналов управления (крена, рысканья и тангажа), а также избежать ложной диагностики отказов из-за влияния упругих колебаний конструкции.

Литература

1. Зубов Н.Е., Микрин Е.А., Мисриханов М.Ш., Рябченко В.Н., Тимаков С.Н.

Использование адаптивного наблюдателя в контуре управления международной космической станции в качестве самонастраивающегося полосового фильтра. – Изв. РАН. ТиСУ. – 2012. – №4. – С. 88-100.

2. Колесников К.С. Динамика ракет. – М.: Машиностроение, 2003.