

М.П. Буянкин, М.А. Ватутин, А.И. Ключников

## АДАПТАЦИЯ МАЯТНИКОВОГО АКСЕЛЕРОМЕТРА КОМПЕНСАЦИОННОГО ТИПА К ВОЗМУЩАЮЩИМ ФАКТОРАМ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА

Рассматривается способ адаптации маятникового акселерометра компенсационного типа системы управления космическими аппаратами к длительному действию возмущающих факторов орбитального полета. Способ основан на использовании методики самоконтроля маятникового акселерометра компенсационного типа, позволяющей проводить самоконтроль в процессе эксплуатации. Способ позволяет учесть деградацию параметров составных элементов акселерометра в условиях длительного воздействия факторов космического пространства.

*Ключевые слова:* маятниковый акселерометр компенсационного типа, самоконтроль параметров, адаптация.

M.P. Buyankin, M.A. Vatutin, A.I. Klyuchnikov

## ADAPTATION OF PENDULUM ACCELEROMETER COMPENSATORY TYPE TO PERTURBING FACTORS OF OUTER SPACE

A method adaptation of the pendulum accelerometer compensation type of the spacecraft control system to the long-term action of perturbing factors of orbital flight is considered. The method is based on the use of self-monitoring techniques pendulum accelerometer compensation type. The method allows to take into account the degradation of the parameters of the components of the accelerometer in conditions of prolonged exposure to space factors.

*Keywords:* pendulum accelerometer of compensation type, self-control of parameters, adaptation.

### Введение

Одной из важнейших задач по дальнейшему развитию космической техники является значительное продление сроков активного существования малых космических аппаратов (МКА). Продление сроков службы МКА в большой степени зависит от исправной работы с заданными характеристиками многих систем и устройств, их составляющих, в частности метрологических характеристик датчиков первичной информации (ДПИ).

Одним из основных ДПИ бортового информационно-измерительного комплекса (БИИК) являются акселерометры. Важнейшая характеристика акселерометра – стабильность его работы как средства измерения [9]. Важным параметром ДПИ является коэффициент преобразования входной величины в выходной сигнал  $k_{np}$  и стабильность его значения во времени [5]. Использование методики метрологического самоконтроля маятникового акселерометра компенсационного типа [1] позволяет проводить метрологический диагностический самоконтроль в процессе эксплуатации: определение отклонения от опорного значения диагностического параметра – собственной частоты акселерометра, характеризующего критическую составляющую его погрешности – дрейф  $k_{np}$  [2]. Современные средства электронной компонентной базы позво-

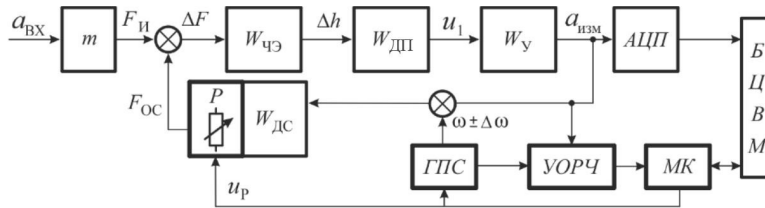
ляют идентифицировать данное отклонение с относительной предельной погрешностью  $\delta k_{\text{ГП}} = 0,00042\% = 4,2 \cdot 10^{-4}\%$ .

В процессе орбитального полета возмущающие факторы с априорно неопределенными характеристиками [3] воздействуют как на параметры самого датчика, так и на параметры регулирующего устройства, используемого для адаптации [6].

Исходя из сказанного, необходима разработка соответствующего способа адаптации, учитывающего данную деградацию и использующего методику самоконтроля, основанную на контроле собственной частоты акселерометра [Там же].

*Способ адаптации маятникового акселерометра компенсационного типа  
к возмущающим факторам с априорно неопределенными характеристиками*

Исходными данными является структурно-динамическая схема акселерометра с аппаратным регулированием  $k_{\text{пр}}$  (рис. 1).



**Рис. 1.** Структурно-динамическая схема акселерометра с аппаратным регулятором:

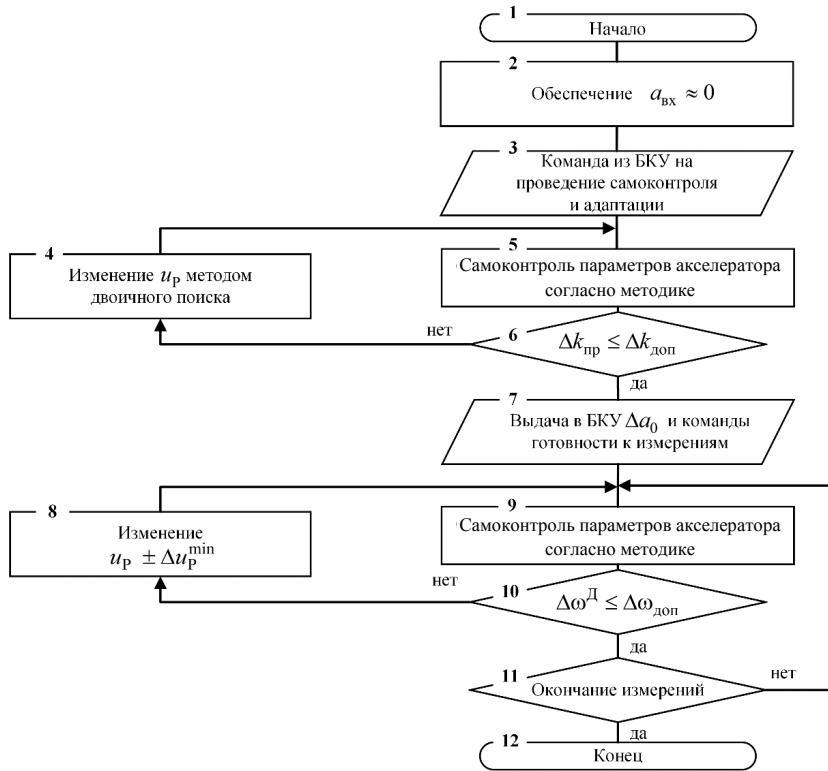
$a_{\text{ВХ}}$  – измеряемое ускорение;  $a_{\text{ИЗМ}}$  – измеренное ускорение;  $m$  – масса чувствительного элемента (ЧЭ);  $F_{\text{H}}$  – сила, обусловленная измеряемым ускорением;  $F_{\text{OC}}$  – сила обратной связи, создаваемая датчиком силы (ДС);  $\Delta F$  – разность сил;  $W_{\text{ЧЭ}}$ ,  $W_{\text{ДП}}$ ,  $W_y$ ,  $W_{\text{ДС}}$  – передаточные функции ЧЭ, датчика перемещения, усилителя, ДС соответственно;  $\Delta h$  – величина отклонения ЧЭ акселерометра;  $u_1$  – напряжение на выходе электромеханической части акселерометра;  $u$  – напряжение на выходе акселерометра (замкнутой системы);  $u_p$  – регулирующее напряжение;  $\omega \pm \Delta\omega$  – гармонический сигнал;  $P$  – регулятор; ГПС – генератор прямого синтеза; УОРЧ – устройство определения резонансной частоты; МК – микроконтроллер

Коррекция коэффициента преобразования (адаптация) производится изменением сигнала  $u_p$ , который осуществляет регулирование коэффициента передачи регулятора, встроенного в датчик силы [7; 8; 10].

Рассматривая данный способ адаптации акселерометра с точки зрения функционирования бортового комплекса управления (БКУ) МКА, поясним его суть блок-схемой (рис. 2).

Разработанный способ заключается в выполнении следующих операций:

1. Ввод начальных условий, заданных на этапе предстартовой подготовки МКА, начальных значений параметров акселерометра.
2. Обеспечение  $a_{\text{ВХ}} \approx 0$  путем выключения целевой аппаратуры и приводов. Данное условие позволит определить текущее смещение нуля  $\Delta a_0$  акселерометра.
3. Выдача команды из БКУ МКА в БИИК на подготовку ДПИ к проведению измерений. Для акселерометра как составной части измерительного модуля, определяющего параметры движения центра масс МКА, это подразумевает проведение самоконтроля параметров и адаптацию.



**Рис. 2.** Блок-схема адаптации акселерометра к возмущающим факторам в процессе эксплуатации

4. Проведение самоконтроля параметров акселерометра перед началом измерений согласно методике.

5. Получение результата самоконтроля: наличие отклонения коэффициента преобразования  $\Delta k_{пр} = |k_{пр} - k_{пр}^A|$  от допустимых пределов  $\Delta k_{пр} \geq \Delta k_{доп}$ .

6. Подбор коэффициента передачи регулирующего устройства  $k_p(u_p)$  итерационным алгоритмом (методом двоичного поиска) для обеспечения условия  $\Delta k_{пр} \leq \Delta k_{доп}$  [4]. Суть данного процесса можно отразить следующим выражением:

$$\begin{cases} u_{p_j} = \frac{u_{p_{j-1}} - u_p^{\min}}{2}, & \text{при } k_{пр}^A > k_{пр} \\ u_{p_j} = \frac{u_p^{\max} - u_{p_{j-1}}}{2}, & \text{при } k_{пр}^A < k_{пр} \\ u_{p_j} = u_{p_{j-1}}, & \text{при } |k_{пр} - k_{пр}^A| \leq \Delta k_{доп} \vee |u_{p_j} - u_{p_{j-1}}| = \Delta u_{p \min} \end{cases}, \quad (1)$$

где  $[u_p^{\min}, u_p^{\max}]$  – диапазон допустимых значений сигнала регулятора;  $\Delta u_{p \min}$  – минимальный шаг изменения значения  $u_p$ .

7. Выдача в БКУ МКА текущего смещения нуля акселерометра и команды готовности к проведению измерений.

8. Проведение самоконтроля параметров акселерометра в процессе измерений.

9. Получение результата самоконтроля: наличие отклонения текущей собственной частоты  $\omega^A$  от допустимых пределов  $\Delta\omega^A \geq \Delta\omega_{доп}$ .

10. Организация на всем временном интервале измерений следящей подстройки коэффициента передачи регулирующего устройства  $k_p(u_p)$  путем изменения соответствующего значения  $u_p$  согласно выражению

$$u_{p_j} = u_{p_{j-1}} - \Delta u_{p_{\min}} \text{sign}(\Delta k_{пр}^A). \quad (2)$$

### Выводы

Разработанный способ адаптации маятникового акселерометра компенсационного типа к возмущающим факторам с априорно неопределенными характеристиками обладает следующими достоинствами:

- позволяет в процессе проведения измерений с высокой точностью идентифицировать текущий коэффициент преобразования акселерометра и осуществить его автоматическую коррекцию;
- дает возможность учесть деградацию параметров составных элементов акселерометра в условиях длительного воздействия факторов космического пространства, так как, независимо от изменения параметров составных элементов акселерометра и регулирующего устройства, обеспечивает выполнение условия  $\Delta k_{пр} \leq \Delta k_{доп}$ .

### Литература

1. Буянкин М.П., Ватутин М.А., Трофимов И.А. Имитационная модель интеллектуального акселерометра // Труды Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского. 2017. № 657. С. 87–96.
2. ГОСТ 8.673–2009. Датчики интеллектуальные и системы измерительные интеллектуальные. М.: Стандартинформ, 2010. 12 с.
3. Джашишов В.Э., Панкратов В.М. Датчики, приборы и системы авиакосмического и морского приборостроения в условиях тепловых воздействий. СПб.: ГНЦ РФ ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор»», 2005. 404 с.
4. Левитин А.В. Алгоритмы. Введение в разработку и анализ. М.: Вильямс, 2006. 576 с.
5. Мокров Е.А., Папко А.А. Статико-динамические акселерометры для ракетно-космической техники. Пенза: ПАИИ, 2004. 164 с.
6. Нечай А.А., Борисов А.А., Борисова Ю.И. Точечный анализ данных дистанционного зондирования Земли средствами языка программирования Python // Вестник Российского нового университета. Серия «Сложные системы: модели, анализ и управление». 2019. Вып. 1. С. 49–55.
7. Свиначук А.А., Калинин С.В., Нечай А.А. Использование графического процессора для ускорения распределенных вычислений при прогнозе экстремальных значений температуры воздуха // Вестник Российского нового университета. Серия «Сложные системы: модели, анализ и управление». 2017. Вып. 4. С. 33–38.
8. Свиначук А.А., Нечай А.А. Использование квантовых вычислений при выборе управленческого решения // Вестник Российского нового университета. Серия «Сложные системы: модели, анализ и управление». 2018. Вып. 2. С. 31–36.
9. Туричин А.М. и др. Электрические измерения неэлектрических величин / под ред. П.В. Новицкого. Л.: Энергия, Ленинградское отд., 1975. 576 с.

10. Шаймарданов А.М., Нечай А.А., Лепехин С.В. Математические модели систем автоматического управления с широтно-импульсной модуляцией // Вестник Российского нового университета. Серия «Сложные системы: модели, анализ и управление». 2019. Вып. 2. С. 27–39.

### Literatura

1. Buyankin M.P., Vatutin M.A., Trofimov I.A. Imitatsionnaya model' intellektual'nogo akselerometra // Trudy Voenno-kosmicheskoy akademii imeni A.F. Mozhajskogo. 2017. № 657. S. 87–96.
2. GOST 8.673–2009. Datchiki intellektual'nye i sistemy izmeritel'nye intellektual'nye. M.: Standartinform, 2010. 12 s.
3. Dzhashitov V.E., Pankratov V.M. Datchiki, pribory i sistemy aviakosmicheskogo i morskogo priborostroeniya v usloviyakh teplovykh vozdeystvij. SPb.: GNTs RF OAO "Kontsern «TsNII "Elektropribor"», 2005. 404 s.
4. Levitin A.V. Algoritmy. Vvedenie v razrabotku i analiz. M.: Vil'yams, 2006. 576 s.
5. Mokrov E.A., Papko A.A. Statiko-dinamicheskie akselerometry dlya raketno-kosmicheskoy tekhniki. Penza: PAII, 2004. 164 s.
6. Nechaj A.A., Borisov A.A., Borisova Yu.I. Tochechnyj analiz dannykh distantsionnogo zondirovaniya Zemli sredstvami yazyka programmirovaniya Python // Vestnik Rossijskogo novogo universiteta. Seriya "Slozhnye sistemy: modeli, analiz i upravlenie". 2019. Vyp. 1. S. 49–55.
7. Svinarchuk A.A., Kalinichenko S.V., Nechaj A.A. Ispol'zovanie graficheskogo protsessora dlya uskoreniya raspredelennykh vychislenij pri prognoze ekstremal'nykh znachenij temperatury vozdukhа // Vestnik Rossijskogo novogo universiteta. Seriya "Slozhnye sistemy: modeli, analiz i upravlenie". 2017. Vyp. 4. S. 33–38.
8. Svinarchuk A.A., Nechaj A.A. Ispol'zovanie kvantovykh vychislenij pri vybore upravlencheskogo resheniya // Vestnik Rossijskogo novogo universiteta. Seriya "Slozhnye sistemy: modeli, analiz i upravlenie". 2018. Vyp. 2. S. 31–36.
9. Turichin A.M. i dr. Elektricheskie izmereniya neelektricheskikh velichin / pod red. P.V. Novitskogo. L.: Energiya, Leningradskoe otd., 1975. 576 s.
10. Shajmardanov A.M., Nechaj A.A., Lepexhin S.V. Matematicheskie modeli sistem avtomaticheskogo upravleniya s shirotno-impul'snoj modulyatsiej // Vestnik Rossijskogo novogo universiteta. Seriya "Slozhnye sistemy: modeli, analiz i upravlenie". 2019. Vyp. 2. S. 27–39.

DOI: 10.25586/RNUV9187.20.01.P.059

УДК 004:338.12+338.24.01

**Н.В. Сушков**

## ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ В УЧРЕЖДЕНИЯХ ХУДОЖЕСТВЕННОЙ КУЛЬТУРЫ

Анализируются особенности применения различных типов информационных систем в управлении деятельностью учреждений художественной культуры. Выявлено два основных типа управленческих задач, описаны соответствующие им информационно-технологические инструменты. Подчеркивается, что для решения коммерческих задач необходимы системы управления на основе ключевых показателей эффективности. Среди информационных технологий, поддерживающих реализацию вспомогательных бизнес-процессов, отмечено большое значение блокчейна.

*Ключевые слова:* некоммерческая организация, эффективность управления, ключевые показатели эффективности, цифровой маркетинг, блокчейн.