с. 25 — 28.2. *Hogg R. V.* Adaptive Robust Procedures: A Partial Review and Some Suggestions for Future Applications and Theory. — Journal of the American Statistical Association, 1974, **69**, p. 909 — 923. 3. *Gayen A. K.* The Distribution of the Variance Ratio in Random Samples of Any Size Drawn from Nonnormal Universes.— Biometrika, 1950, 37, p. 236 — 255.

Поступила в редколлегию 01.11.83.

УДК 681.5

В. В. КАРАЧУН, канд. техн. наук,
В. С. ДИДКОВСКИЙ, канд. техн. наук

О РЕАЛИЗУЕМОСТИ УСЛОВИЙ ИНВАРИАНТНОСТИ В СХЕМАХ СО СТРУКТУРНОЙ ИЗБЫТОЧНОСТЬЮ

Известно, что необходимым признаком осуществимости абсолютной инвариантности системы является наличие в схеме по меньшей мере двух каналов передачи воздействий между точкой приложения возмущения и той точкой, относительно которой получена инвариантность (принцип двухканальности) [1]. Обеспечение инвариантности гироскопических устройств по отношению к внешним механическим возмущениям типа качки, угловой и поступательной вибрации основания достигается созданием структурно одинакового с первым канала прохождения этих возмущений в виде второго гироскопа, имеющего ту же кинематику подвеса. Компенсация осуществляется путем формирования полезного сигнала нечетной функцией, а сигнала-помехи — четной функцией кинетического момента [3]*.

Рассмотрим реализацию принципа двухканальности Б. Н. Петрова применительно к трехстепенному свободному гироскопу. Техническое решение здесь состоит в формировании выходного сигнала прибора в виде полусумм $2^{-1}(\alpha_1+\alpha_2)$, $2^{-1}(\beta_1+\beta_2)$ углов поворота разновращающихся гироскопов. Помимо этого вводится взаимная коррекция приборов по разности $(\alpha_1-\alpha_2)$ и $(\beta_1-\beta_2)$ углов поворота наружных (α_i) и внутренних (β_i) рамок гироскопов [3].

Анализ уравнений движения такого гироскопа проведем методом последовательных приближений. Определим значение систематического ухода гироскопа относительно осей подвеса. Предполагаем, что силы сухого трения отсутствуют.

Для второго приближения уравнения движения имеют вид

$$A_1(\beta_{01})p^2\alpha_{21} - H_1p\beta_{21}\cos\beta_{01} - k_{01}(\beta_{21}-\beta_{22}) = -M_{12}; \qquad (1)$$

$$B_1p^2\beta_{21} + H_1p\alpha_{21}\cos\beta_{01} + k_{02}(\alpha_{21}-\alpha_{22}) = M_{11};$$

* Возникновение теории инвариантности (теории компенсации) в прикладной гироскопии связывают с именем Г. В. Щипанова [2].

$$A_2(\beta_{02})\,p^2\alpha_{22} + H_2 p\beta_{22}\cos\beta_{02} - k_{01}(\beta_{21} - \beta_{22}) = -M_{22};$$
$$B_2 p^2\beta_{22} - H_2 p\alpha_{22}\cos\beta_{02} + k_{02}(\alpha_{21} - \alpha_{22}) = M_{21}.$$

Здесь M_{ij} — моменты-помехи, действующие относительно осей подвеса гироскопов, первый индекс соответствует номеру гироскопа, второй — номеру рамки (1 — внутренняя рамка, 2 — наружная); H_i, A_i, B_i — соответственно кинетические моменты гироскопов, моменты инерции наружных и внутренних рамок; k_{0i} — коэффициенты усиления усилителей в цепях обратных связей; $p = \frac{d}{dt}$ — оператор дифференцирования; $H_1 \approx -H_2$.

Применив операции осреднения по множеству и осреднения по времени к частным решениям уравнений (1), получим формулы для систематического ухода гироскопа относительно осей подвеса при нерегулярной качке основания:

$$\begin{aligned}
<\bar{\dot\beta}>(H_1\cos\beta_{01} + H_2\cos\beta_{02}) &= 2^{-1}H_1\sin 2\beta_{01}\,[1 - (R_1\cos\beta_{01})^{-1}\times \\
&\times A_1(\beta_{01})]<\overline{\beta_{11}\omega_{2x}^{(1)}}> - [D_1 + (R_1C_1\sin^2\beta_{01})^{-1}A_1(\beta_{01})]\times \\
&\times <\overline{\omega_{2x}^{(1)}\omega_{2y}^{(1)}}> + 2^{-1}H_2\sin 2\beta_{02}\,[1 - (R_2\cos\beta_{02})^{-1}A_2(\beta_{02})]\times \\
&\times \overline{\beta_{12}\omega_{2x}^{(1)}}> - [D_2 + (R_2C_2\sin^2\beta_{02})^{-1}A_2(\beta_{02})]<\overline{\omega_{2x}^{(1)}\omega_{2y}^{(1)}}>;
\end{aligned} \tag{2}$$

$$\begin{aligned}
<\bar{\dot\alpha}>(H_1\cos\beta_{01} + H_2\cos\beta_{02}) &= -A_1^{-1}(\beta_{01})H_1^2\cos^2\beta_{01}\sin\beta_{01}\,[1 - \\
&- A_1^{-1}(\beta_{01})R_1\cos\beta_{01}]<\bar\beta_{11}^2> + A_2^{-1}(\beta_{02})H_2^2\cos^2\beta_{02}\sin\beta_{02}\,[1 - \\
&- A_2^{-1}(\beta_{02})R_2\cos\beta_{02}]<\bar\beta_{12}^2> - A_1^{-1}(\beta_{01})R_1C_1\operatorname{tg}\beta_{01}\,[1 - \\
&- A_1^{-1}(\beta_{01})C_1\operatorname{tg}\beta_{01}]<\overline{(\omega_{2x}^{(1)})^2}> + A_2^{-1}(\beta_{02})R_2C_2\operatorname{tg}\beta_{02}\,[1 - \\
&- A_2^{-1}(\beta_{02})C_2\operatorname{tg}\beta_{02}]<\overline{(\omega_{2x}^{(1)})^2}> + \{H_i\cos^{-1}\beta_{0i}\,[1 - A_i^{-1}(\beta_{0i})\times \\
&\times C_i^2\sin^2\beta_{0i}] - A_i^{-1}(\beta_{0i})R_iH_i\,[1 - A_i^{-1}(\beta_{0i})\,2C_i\sin^2\beta_{0i}]\}<\overline{\beta_{1i}\omega_{2x}^{(1)}}>,
\end{aligned}$$

где угловыми скобками обозначена операция осреднения по времени, чертой сверху — операция осреднения по множеству; β_{11}, β_{12} — решения уравнений первого приближения; $\omega_{2x}^{(1)}$; $\omega_{2y}^{(1)}$ — проекции угловых скоростей основания на оси, связанные с наружными рамками гироскопов; R_i, C_i — приведенные моменты инерции.

Для определения систематической составляющей дрейфа гироскопа в случае нестационарной качки основания достаточно знать соответствующие автокорреляционные и корреляционные функции связи, записанные в выражениях (2). Если имеется равенство параметров гироскопов, абсолютная инвариантность выходного сигнала по отношению к колебаниям основания достигается уже в простейшем варианте — без общей отрицательной обратной связи. Кроме того, двухканальный метод позволяет обеспечить инвариантность выходного сигнала не только при стационарных, но и при нестационарных возмущениях основания. Он дает возможность компенсировать влияние мгновенных значений возмущений (в отличие от метода реверсирования вектора кинетического момента, где этот эффект достигается в среднем за период реверса).

Список литературы: 1. *Петров Б. Н.* О реализуемости условий инвариантности.— В кн.: Труды первого совещания по теории инвариантности. К., 1959, с. 13—21. 2. *Щипанов Г. В.* Гироскопические приборы слепого полета.— М.: Оборонгиз, 1938.— 137 с. 3. *Одинцов А. А.* Метод автокомпенсации влияния внешних помех на гироскопы и маятниковые акселерометры.— В кн.: Автоматика и приборостроение. К., 1973, с. 87—94.

Поступила в редколлегию 02.09.83.

УДК 658.512

А. В. ДАБАГЯН, д-р техн. наук,
В. В. АНТОНЕВИЧ

ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ

Транспортная система — один из основных элементов инфраструктуры любого промышленного региона. Следовательно, оптимизация структуры этой системы может дать значительный экономический эффект, получаемый непосредственно за счет снижения затрат в самой системе и вследствие уменьшения издержек в отраслях, обслуживаемых данной транспортной системой.

Существующие постановки задачи оптимизации структуры транспортной системы затрагивают диспетчеризацию, распределение транспортных средств, обеспечение их технического обслуживания. Однако, как правило, такие аспекты рассматриваются независимо друг от друга, что объясняется большой размерностью задачи и ее сложностью.

Изложим нестрогий метод оптимизации, позволяющий учесть разнообразные факторы, влияющие на функционирование системы. Он пригоден для решения задач с большой размерностью, которая не дает возможности применить другие методы. Описываемый метод был разработан А. В. Дабагяном. Рассмотрим его приложение к задаче оптимизации структуры транспортной системы.

Определим детально круг вопросов, рассматриваемых здесь. Распределение транспортных средств по линиям перевозок и их базирование, т. е. выбор пунктов, где должно производиться техническое обслуживание, — два основных фактора, обусловливающих эффективность функционирования транспортной системы. В существующих постановках задачи распределения применяются линейные приближения, что не совсем адекватно