

ГИРОСКОП НАПРАВЛЕНИЯ СО СТРУКТУРНОЙ ИЗБЫТОЧНОСТЬЮ

В. В. Карачун

Доктор технических наук, профессор, заведующий
кафедрой*

В. Н. Мельник

Доктор технических наук, доцент, профессор*

*Кафедра биотехники и инженерии
Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт»
пр. Победы, 37, г. Киев, Украина, 03056
Контактный тел.: (044) 454-94-51
E-mail: karachun1@gala.net

Аналізується ефективність схеми із структурною надлишковістю для зменшення дрейфу осі фігури вільного гіроскопа за умов quasi-гармонічної хитавиці основи. Стендові напівнатурні випробування розкривають ступінь впливу кутового руху літального апарату на похибку курсовказування

Ключові слова: гіроскоп, хитавиця основи, «уявний» ухід, автокомпенсація впливу перешок

Анализируется эффективность схемы со структурной избыточностью для уменьшения дрейфа оси фигуры свободного гироскопа в условиях quasi-гармонической качки основания. Стендовые полунатурные испытания раскрывают степень влияния углового движения летательного аппарата на погрешность курсоуказания

Ключевые слова: гироскоп, качка основания, «кажущийся» уход, автокомпенсация влияния помех

The effectiveness of the scheme with structural redundancy for umensheniya drift axis of the figure of a free gyroscope in a quasi-harmonic rocking base. Poster scaled-down test reveals the influence of the angular motion of the aircraft on the error kursoukazaniya

Keywords: gyroscope, pitching foundation, «seeming» care autocompensation vliyainiya interference

1. Введение

Исследования относятся к области прикладной механики и посвящены анализу эффективности двухканальной схемы автокомпенсации для уменьшения дрейфа оси свободного гироскопа в условиях качающегося основания. Стендовые испытания на серийно выпускаемых промышленностью приборах подтверждают жизнеспособность таких конструкций с целью достижения частичной инвариантности к внешним воздействиям.

К недостаткам двухканальной схемы следует отнести двукратное увеличение массогабаритных характеристик прибора. Вместе с тем, существенно уменьшается влияние кинематического возмущения со стороны фюзеляжа летательного аппарата, причем, – его мгновенных значений, а не за определенный интервал времени. Это свойство становится определяющим в случае высоких требований к курсоказанию.

2. Анализ состояния проблемы и постановка задачи исследований

Трехстепенной свободный гироскоп – измеритель угла рыскания, как известно, имеет систематические уходы, обусловленные внешними и внутренними причинами [1, 2]. Уменьшение их величины эффективно достигается известными схемами автокомпенсации [3]. Применительно к трехстепенному гироскопу механизм автокомпенсации влияния внешних помех реализуется использованием вместо одного – двух электрически связанных разновращающихся приборов с одинаковой кинематикой подвеса [4].

Применение метода двухканальности Петрова позволяет, как минимум, осуществить частичную инвариантность инерциального курсоуказания на базе трехстепенного астатического гироскопа [5].

Целью выполненных исследований явилось изучение возможностей двухканальной схемы при трех, двух – и однокомпонентной качке фюзеляжа.

3. Эффективность подавления влияния внешних возмущений двухканальной схемой автокомпенсации

С целью определения эффективности схемы автокомпенсации в условиях трехосной гармонической качки был изготовлен опытный образец прибора. Ниже излагаются основные результаты его экспериментальной поверки.

Макет был собран из двух гироскопов (гировертикаль класса ДК-14, кинетический момент $H = 4 \cdot 10^3 \text{ Г см с}$) на общей плате. В соответствии с методом двухканальности, выходными сигналами схемы автокомпенсации являются полусуммы $\frac{1}{2}(\alpha_1 + \alpha_2)$ и $\frac{1}{2}(\beta_1 + \beta_2)$ углов поворота относительно соответствующих осей гироскопов. Помимо этого, гироскопы имеют внутреннюю коррекцию по разности углов $(\alpha_1 - \alpha_2)$ и $(\beta_1 - \beta_2)$. В цепи обратных связей включены усилители с регулируемым коэффициентом усиления.

При проведении стендовых испытаний плата с гироскопами устанавливалась на площадке стола, качающегося вокруг поперечной, продольной и нормальной осей по гармоническому закону с амплитудами соответственно $a_1 = 4$ град, $a_2 = 7,5$ град, $a_3 = 4,5$ град и частотами $f_1 = 0,36 \text{ Гц}$, $f_2 = f_3 = 0,63 \text{ Гц}$. Перед включением стенда оси гироскопов приводились в вертикальное положение с помощью маятниковых систем коррекции, имеющихся в приборах ДК-14. В процессе эксперимента цепи коррекции гироскопов оставались разомкнутыми. Самопишущий прибор регистрировал дискретно (через каждые 5 минут в течение часа) сигналы с потенциометрических преобразователей на осях подвеса гироскопов.

Следует учесть, что при выбранной ориентации векторов \vec{H}_i кинетических моментов гироскопов (по вертикали места), помимо уходов, обусловленных качкой, дебалансом узлов приборов, трением и др., приборы будут иметь также «кажущийся» уход $\dot{\alpha}_3$, обусловленный влиянием горизонтальной составляющей угловой скорости вращения Земли $\omega_3 \cos \varphi$. Так, для широты г. Киева ($\varphi = 52$ град) $\dot{\alpha}_3 \approx 11,5$ град час⁻¹.

Для учета влияния скорости суточного вращения Земли, эксперимент проводился при двух ориентаци-

ях осей наружных рамок гироскопов – параллельно полуденной линии и перпендикулярно. В первом случае горизонтальная составляющая вектора угловой скорости вращения Земли параллельна осям наружных рамок приборов, вследствие чего гироскопы имеют «кажущийся» уход относительно этих осей. Во втором случае «кажущийся» уход отсутствует. Напомним, что направление «кажущегося» ухода не зависит от направления вращения роторов гироскопов, а определяется только вектором угловой скорости суточного вращения Земли.

Таким образом, «кажущийся» уход будет суммироваться с методической погрешностью первого прибора α_1 и вычитаться из погрешности α_2 второго прибора (рис. 1, а – рис. 4, а).

Если сравнить графики систематических уходов гироскопов при трехосной и двухосной качке (рис. 1, рис. 2), то видно, что отсутствие колебаний основания относительно осей наружных рамок гироскопов (двухкомпонентная качка) не влияет на величины уходов. С другой стороны, колебания относительно оси, перпендикулярной плоскости наружных рамок гироскопов (однокомпонентная качка), как видно, в основном и служат причиной дрейфа оси.

Уходы гироскопов в случае неподвижного основания при ориентации осей наружных рамок параллельно полуденной линии (рис. 4, б – рис. 8, б) и перпендикулярно полуденной линии (рис. 4, а – рис. 8, а) не содержит методической ошибки. Не наблюдается также проявление «кажущегося» ухода гироскопа, т.е. приборы не чувствительны к суточному вращению Земли. Погрешности носят только инструментальный характер типа осевых люфтов, дебаланса и др. и не имеют тенденции к развитию.

Использование схемы автокомпенсации позволяет уменьшить величину методической ошибки в выходном сигнале $\frac{1}{2}(\alpha_1 + \alpha_2)$ до $4 \div 5$ град/час (рис. 1, в – рис. 4, в) и до $1 \div 2$ град/час в выходном сигнале $\frac{1}{2}(\beta_1 + \beta_2)$ (рис. 5, в – рис. 8, в). Если, помимо этого, ввести взаимную коррекцию гироскопов по сигналам $(\alpha_1 - \alpha_2)$ и $(\beta_1 - \beta_2)$, то при коэффициенте усиления усилителя $k_y = 3 \cdot 10^3$ в цепи коррекции величины уходов могут быть снижены соответственно до $5 \cdot 10^{-1}$ град/час и

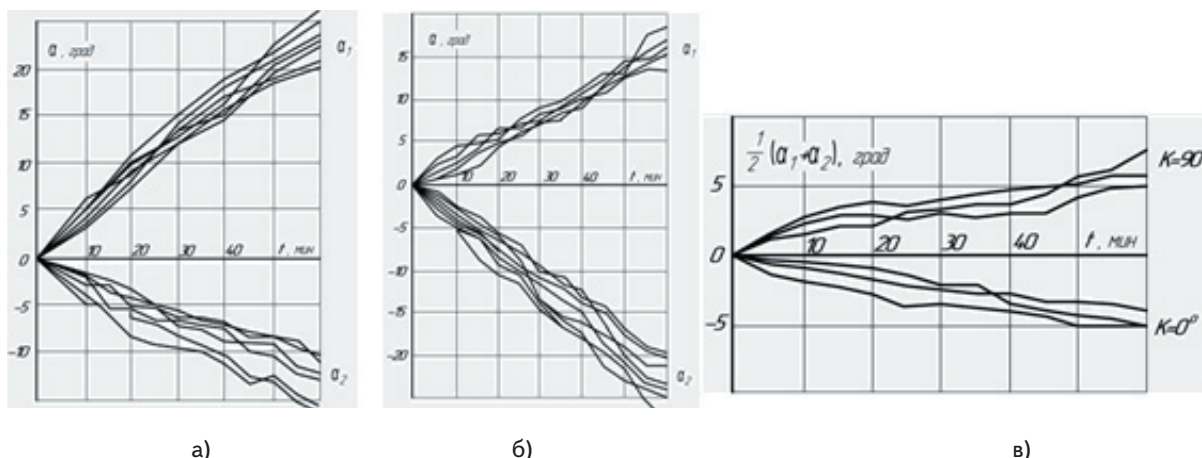


Рис. 1. Уходы свободного гироскопа относительно оси наружной рамки (по углу α). Трехосная качка: а) оси наружных рамок ориентированы перпендикулярно полуденной линии ($K = 90^\circ$); б) оси наружных рамок ориентированы параллельно полуденной линии ($K = 0^\circ$); в) уходы схемы автокомпенсации

$1,8 \cdot 10^{-1}$ град/час, т.е. уменьшаются на порядок. Выяснилось также, что неограниченное увеличение глубины обратной связи не приводит к окончательному устранению погрешности схемы автокомпенсации (рис. 9).

Объясняется это тем, что моменты дебаланса, трения и другие внутренние моменты-помехи при этом методе автокомпенсации, как известно, только усредняются. Они и очерчивают величину нескомпенсированной погрешности.

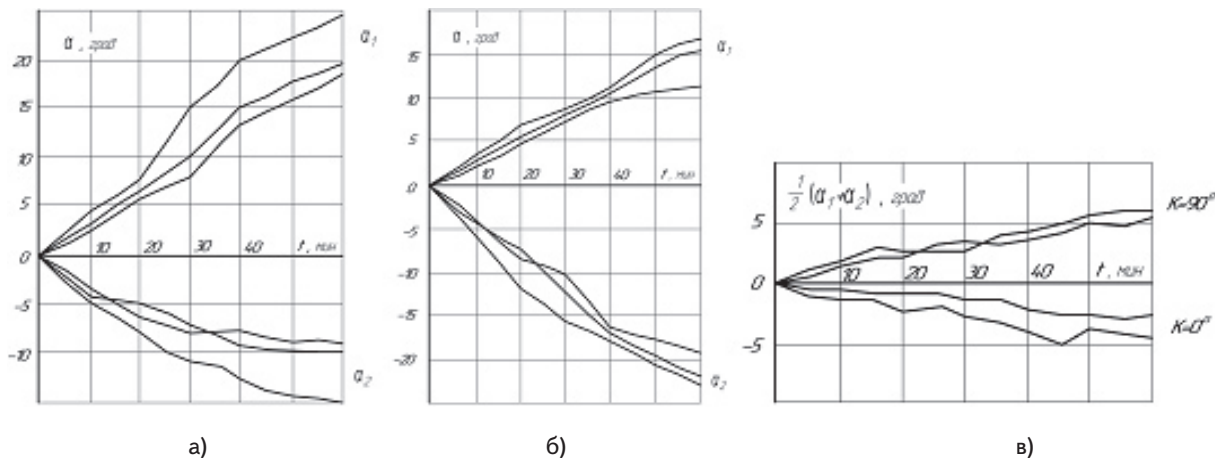


Рис. 2. Уходы свободного гироскопа относительно оси наружной рамки (по углу α). Двухосная качка: а) оси наружных рамок ориентированы перпендикулярно полуденной линии ($K = 90^\circ$); б) оси наружных рамок ориентированы параллельно полуденной линии ($K = 0^\circ$); в) уходы схемы авто компенсации

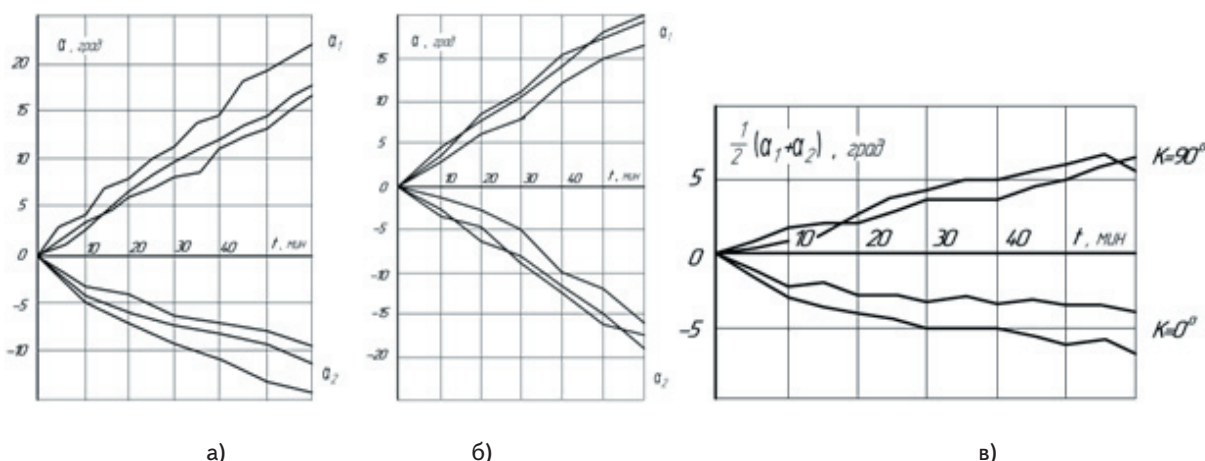


Рис. 3. Уходы свободного гироскопа относительно оси наружной рамки (по углу α). дноосная качка: а) оси наружных рамок ориентированы перпендикулярно полуденной линии ($K = 90^\circ$); б) оси наружных рамок ориентированы параллельно полуденной линии ($K = 0^\circ$); в) уходы схемы автокомпенсации

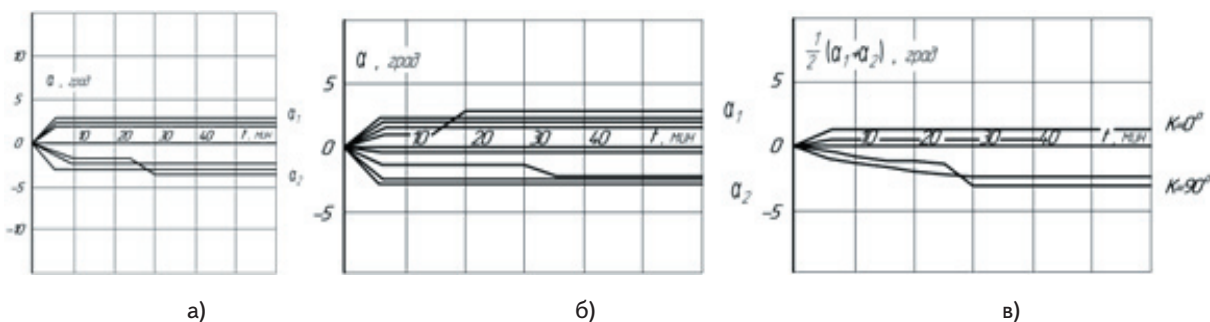


Рис. 4. Уходы свободного гироскопа относительно оси наружной рамки (по углу α). Неподвижное основание: а) оси наружных рамок ориентированы перпендикулярно полуденной линии ($K = 90^\circ$); б) оси наружных рамок ориентированы параллельно полуденной линии ($K = 0^\circ$); в) уходы схемы автокомпенсации

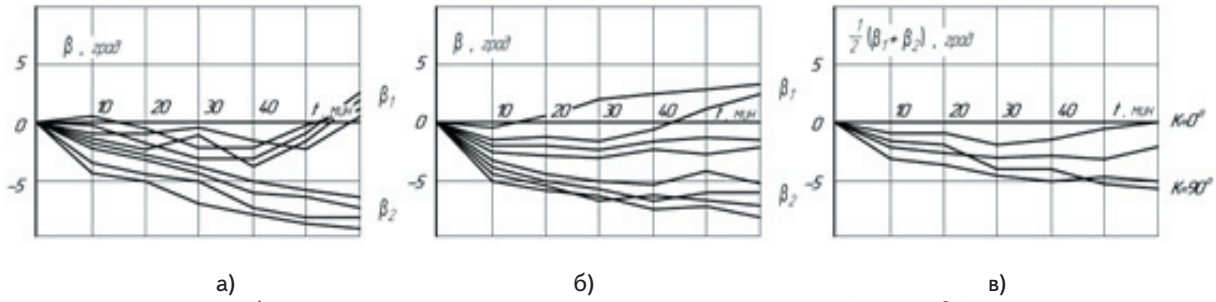


Рис. 5. Уходы свободного гироскопа относительно оси внутренней рамки (по углу β). Трехосная качка: а) оси наружных рамок ориентированы перпендикулярно полуденной линии ($K = 90^\circ$); б) оси наружных рамок ориентированы параллельно полуденной линии ($K = 0^\circ$); в) уходы схемы авто компенсации

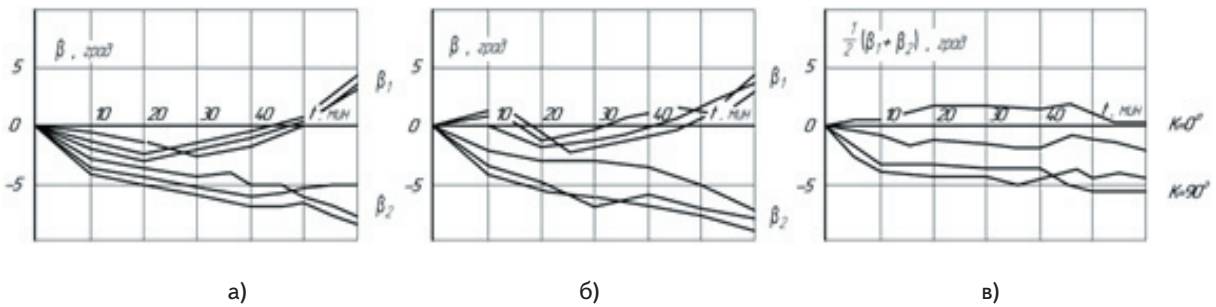


Рис. 6. Уходы свободного гироскопа относительно оси внутренней рамки (по углу β). Двухосная качка: а) оси наружных рамок ориентированы перпендикулярно полуденной линии ($K = 90^\circ$); б) оси наружных рамок ориентированы параллельно полуденной линии ($K = 0^\circ$); в) уходы схемы автокомпенсации

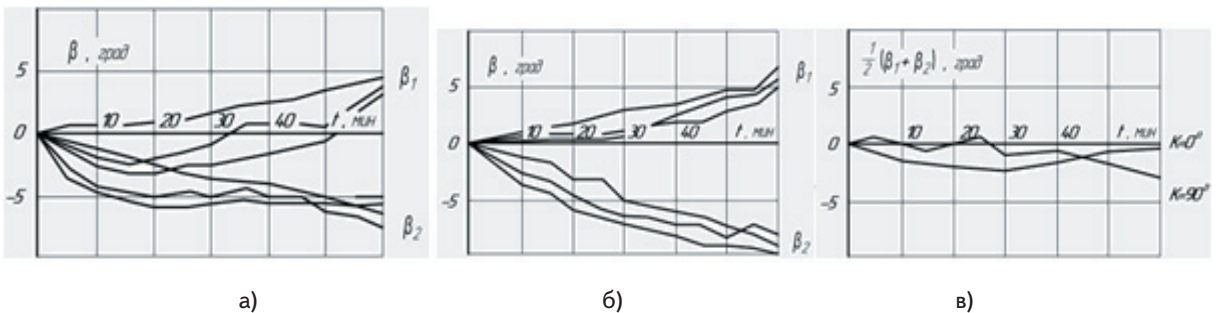


Рис. 7. Уходы свободного гироскопа относительно оси внутренней рамки (по углу β). Одноосная качка: а) оси наружных рамок ориентированы перпендикулярно полуденной линии ($K = 90^\circ$); б) оси наружных рамок ориентированы параллельно полуденной линии ($K = 0^\circ$); в) уходы схемы автокомпенсации

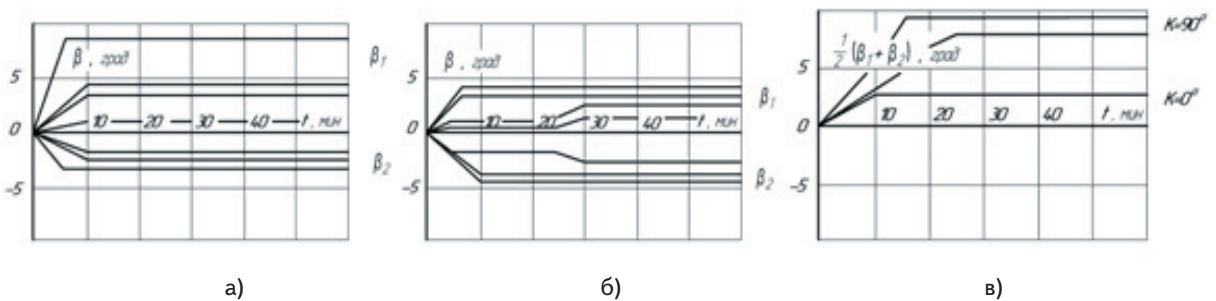


Рис. 8 Уходы свободного гироскопа относительно оси внутренней рамки (по углу β). Неподвижное основание: а) оси наружных рамок ориентированы перпендикулярно полуденной линии ($K = 90^\circ$); б) оси наружных рамок ориентированы параллельно полуденной линии ($K = 0^\circ$); в) уходы схемы автокомпенсации

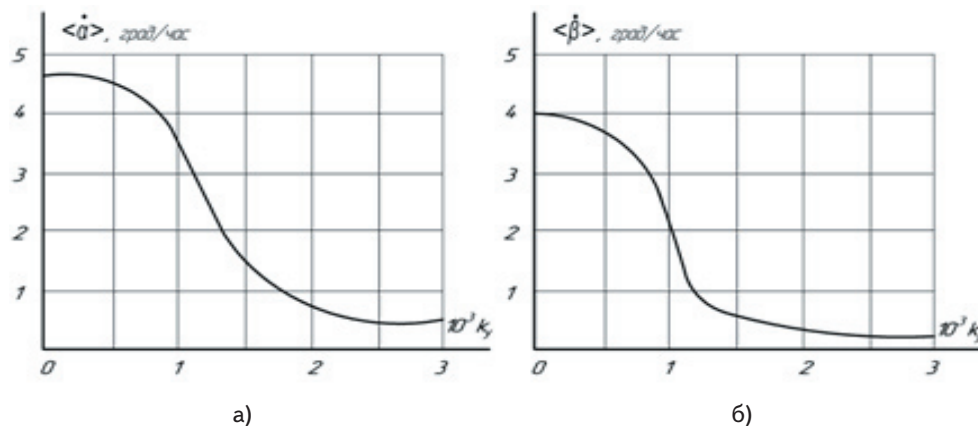


Рис. 9 Зависимость величины ухода схемы автокомпенсации от глубины внутренней коррекции гироскопов

4. Выводы

Приведенные выше результаты теоретических и стендовых исследований позволяют сделать вывод об эффективности использования метода двухканальности для повышения точности трехстепенного свободного гироскопа в условиях качающегося основания.

Результаты исследований сводятся, в основном, к следующему: установлена математическая связь между кинематическими параметрами качки основания, параметрами схемы автокомпенсации и погрешностью компенсации влияния внешних механических возмущений типа качки методом двухканальности, а также получены аналитические соотношения для определения этой погрешности; схема автокомпенсации влияния внешних механических возмущений позволяет уменьшить методическую погрешность трехстепенного свободного гироскопа, обусловленную качкой; опытный образец трехстепенного гироскопа с автокомпенсацией влияния внешних механических помех методом двухканальности экспериментально подтвердил эффективность этого метода в условиях трехосной гармонической качки основания.

Литература

1. Ишлинский, А.Ю. Механика гироскопических систем [Текст] / А.Ю. Ишлинский, М.: НАН РФ, 1963. – 258 с.
2. Каргу, Л.И. О систематическом уходе свободного гироскопа [Текст] / Л.И. Каргу, И.М. Окон, Л.И. Роберман // Изв. ВУЗов СССР, Приборостроение. – 1985. – Т. 8, № 1. – С. 19 – 23.
3. Автокомпенсация погрешностей гиросистем [Текст] / С.М. Зельдович, М.И. Малтинский, И.М. Окон, Я.Г. Остроухов. – Л.: Судостроение, 1976. – 255 с.
4. Одинцов, А.А. Метод автокомпенсации влияния внешних помех, действующих на гироскопы и маятниковые акселерометры [Текст]: сб. науч. тр. / А.А. Одинцов // Автоматика и приборостроение. – Киев, 1973. – С. 87 – 94.
5. Карачун В.В. О реализуемости условий инвариантности в двухканальных автокомпенсационных схемах [Текст] / В.В. Карачун // Вестн. Харьк. политехн. ин-та. – 1987, № 240. Техн. кибернетика и ее приложения. – Вып. 7. – С. 40 – 43.