

УДК 621.11-32

М. Д. Борисюк, чл.-корр. НАН Украины, Е. Е. Александров, Т. Е. Александрова  
 Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», г. Харьков,  
 Украина

### ЦИФРОВОЙ СТАБИЛИЗАТОР ЛАЗЕРНОГО ЛУЧА ТАНКОВОГО ПРИЦЕЛА-ДАЛЬНОМЕРА

*Исследованы процессы стабилизации лазерного луча танкового прицела-дальномера при использовании цифрового стабилизатора индикаторного типа с цифровыми низкочастотными фильтрами. Предложены алгоритмы стабилизации, реализуемые бортовой цифровой вычислительной машиной и обеспечивающие необходимую точность стабилизации. Показано, что наилучшую помехозащищенность замкнутой системы стабилизации обеспечивает использование цифровых фильтров Баттеруорта и Ланцоша, функционирующих по последовательно-параллельной схеме. Библ. 6, рис. 1.*

**Ключевые слова:** танковый прицел-дальномер, цифровой стабилизатор, низкочастотные цифровые фильтры.

*Досліджені процеси стабілізації лазерного променя танкового прицілу-далекоміра при використанні цифрового стабілізатора індикаторного типу з цифровими низькочастотними фільтрами. Запропоновані алгоритми стабілізації, що реалізуються бортовою цифровою обчислювальною машиною і що забезпечують необхідну точність стабілізації. Показано, що найкращу перешкодозахищену замкнутої системи стабілізації забезпечує використання цифрових фільтрів Баттеруорта і Ланцоша, що функціонують за послідовно-паралельною схемою. Бібл. 6, мал. 1.*

**Ключові слова:** танковий приціл-далекомір, цифровий стабілізатор, низькочастотні цифрові фільтри.

#### Введение

В развитии систем управления огнем современных танков прослеживается тенденция перехода от стабилизаторов лазерного луча прицела-дальномера силового типа, в которых подвижное зеркало прицела механически связано с осью внешней рамки гироскопического датчика угла, к стабилизаторам индикаторного типа, представляющих собой следящую систему автоматического управления с исполнительным электродвигателем, связанным через редуктор с осью подвижного зеркала прицела. Такие стабилизаторы обеспечивают высокую точность стабилизации лазерного луча прицела-дальномера, по которому осуществляется наведение ракет комплекта управляемого вооружения [1].

Целью настоящей работы является выбор структуры и численных значений параметров цифрового стабилизатора лазерного луча танкового прицела-дальномера, обеспечивающего высокую точность и помехозащищенность замкнутой системы стабилизации.

Основная часть

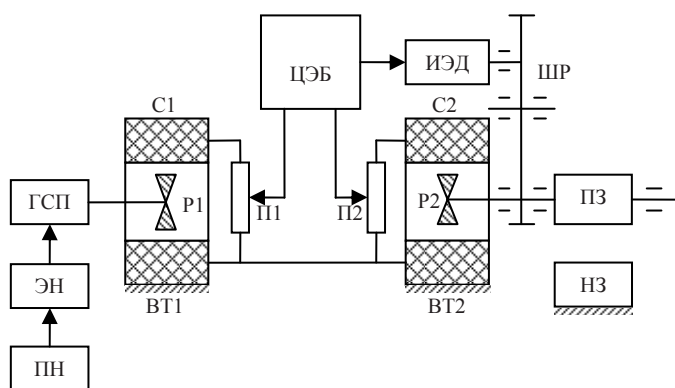


Схема цифрового стабилизатора лазерного луча приведена на рисунке, где приняты следующие обозначения: ПН – пульт наведения; ЭН – электромагнит наведения; ГСП – гидростабилизированная платформа; ВТ1, ВТ2 – вращающиеся трансформаторы; Р1, Р2 – роторы вращающихся трансформаторов; С1, С2 – статоры вращающихся трансформаторов; П1, П2 – потенциометры; ЦЭБ – цифровой электронный блок; ИЭД – исполнительный электродвигатель; ШР – шестеренчатый редуктор; ПЗ, НЗ – соответственно подвижное

и неподвижное зеркала прицела.

При продольно-угловых колебаниях корпуса танка, возникает разность сигналов на выходах ВТ1 и ВТ2, на основе которой ЦЭБ формирует управляющий сигнал  $u(t)$ , подаваемый на вход ИЭД, ротор которого через ШР связан с осью ПЗ прицела. Поворот корпуса танка на угол  $\varphi(t)$  приводит к повороту ПЗ на тот же угол в противоположном направлении, так, что изображение цели на НЗ прицела остается неподвижным.

Простейший цифровой ПД-стабилизатор [2] не в состоянии обеспечить качественную помехозащищенность замкнутой системе при наличии замкнутости выходного сигнала ВТ1 вследствие высокочастотных предсиссионных и нутационных колебаний рамок ГСП. Для повышения помехозащищенности в ЦЭБ реализуются цифровые низкочастотные фильтры Баттеруорта и Ланцоша. При параллельном функционировании указанных фильтров дискретная передаточная функция ЦЭБ записывается в виде [3, 4]

$$W_C(z) = k_\varphi W_\delta(z) + k_\varphi W_\lambda(z), \tag{1}$$

а при последовательно-параллельном функционировании в виде

$$W_C(z) = k_\varphi W_\delta(z) [1 + k_\varphi W_\lambda(z)] \tag{2}$$

В соотношениях (1) и (2) через  $W_\delta(z)$  и  $W_\lambda(z)$  обозначены дискретные передаточные функции фильтров Баттеруорта и Ланцоша соответственно.

Например, при использовании в ЦЭБ фильтров второго порядка эти передаточные функции равны [5, 6]:

$$W_\delta(z) = \frac{a_0 + a_1 z^{-1} + a_0 z^{-2}}{b_0 + b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2}}; \quad W_\lambda(z) = c_0 + c_1 z^{-1} - c_1 z^{-3} - c_0 z^{-4}.$$

Сравнение АЧХ и ФЧХ цифровых стабилизаторов (1) и (2) показывает, что подавление высокочастотных помех стабилизатором (2) значительно эффективнее, чем стабилизатором (1). Это объясняется тем, что в стабилизаторе (2) на вход дифференцирующего фильтра Ланцоша подается выходной сигнал фильтра Баттеруорта, практически не содержащий высокочастотных помех.

**Выводы**

Повышение точности стабилизации лазерного луча танкового прицела-дальномера относительно направления на цель достигается использованием цифровых стабилизаторов индикаторного типа. Необходимый уровень помехозащищенности таких стабилизаторов может быть достигнут использованием специальных алгоритмов, реализующих цифровые низкочастотные фильтры Баттеруорта и Ланцоша при их последовательно-параллельном функционировании.

**Список литературы**

1. Аблесімов О. К., Александров Є. Є., Александрова І. Є. Автоматичне керування рухомими об'єктами і технологічними процесами. Т.3. Автоматичне керування озброєнням танків. – Харків: НТУ «ХПІ», 2008. – 444 с.
2. Александров Є. Є., Козлов Е. П., Кузнєцов Б. І. Автоматичне керування рухомими об'єктами і технологічними процесами. Т.1. Теорія автоматичного керування. – Харків: НТУ «ХПІ», 2002. – 490 с.

3. Александров Е. Е., Александрова Т. Е., Лазаренко А. А. Оценка точности стабилизации поля зрения прицела танковой пушки // Артиллерийское и стрелковое вооружение. – 2011. – № 3. – С. 40–44.
4. Александрова Т. Е., Лазаренко А. А., Зейн А. В. Структурно-параметрический синтез цифрового электромеханического стабилизатора поля зрения прибора наблюдения // Електромеханічні та енергозберігаючі системи. – 2012. – № 3. – С. 375–377.
5. Александрова Т. Е., Кононенко В. А., Лазаренко А. А. Сравнительный анализ цифровых ПД-стабилизаторов подвижных объектов с низкочастотными фильтрами Баттеруорта и Ланцоша // Радіоелектроніка, інформатика, управління. – 2011. – № 2(25). – С. 148–152.
6. Хемминг Р. В. Цифровые фильтры. – М.: Недра, 1984. – 221 с.

### DIGITAL STABILIZER LASER BEAM TANK RANGEFINDER SIGHT

M. D. Borisuk, Ye. Ye. Alexandrov, T. Ye. Alexandrova  
National Technical University "Kharkov Polytechnical Institute"

*The processes of the stabilization of the laser beam Tank rangefinder sight when using the digital indicator type stabilizer with digital low-pass filter. Algorithms stabilization implemented onboard digital computer, and delivers the accuracy of stabilization. It is shown that the best noise immunity of a closed system stability enables the use of digital filters Butterworth and Lanczos, operating on a series-parallel circuit. Bibl. 6, Fig. 1.*

**Key words:** tank rangefinder sight, digital stabilizer, low-frequency digital filters.

1. Ablesimov O. K., Alexandrov Ye. Ye., Alexandrova I. Ye. Automatic control of moving objects and technological processes. V.3. Automatic control arms tanks. – Kharkiv: NTU «KhPI», 2008. – 444 p.
2. Alexandrov Ye. Ye., Kozlov E. P., Kuznetsov B. I. Automatic control of moving objects and technological processes. V.1. The theory of automatic control. – Kharkiv: NTU «KhPI», 2002. – 490p.
3. Alexandrov Ye. Ye., Alexandrova T. Ye., Lazarenko A. A. Evaluation of the accuracy of sight stabilization tank gun sight // Артиллерийское и стрелковое вооружение. – 2011. – № 3. – С. 40–44.
4. Alexandrova T. Ye., Lazarenko A. A., Zein A. V. Structural and parametric synthesis of digital electromechanical stabilizer field of view observation // Електромеханічні та енергозберігаючі системи. – 2012. – № 3. – С. 375–377.
5. Alexandrova T. Ye., Kononenko V. A., Lazarenko A. A. Comparative analysis of digital PD-stabilizers moving objects with low-pass filter Butterworth and Lanczos // Радіоелектроніка, інформатика, управління. – 2011. – № 2(25). – С. 148–152.
6. Hamming R.V. Digital filters. – М.: Nedra, 1984. – 221 p.