

*Т.Є. АЛЕКСАНДРОВА*, канд. техн. наук, НТУ «ХП»;  
*А.О. ЛАЗАРЕНКО*, магістрант, НТУ «ХП»

## **ОСНОВНІ НАПРЯМКИ СТВОРЕННЯ ВИСОКОТОЧНОГО СТАБІЛІЗАТОРА ОСНОВНОГО ОЗБРОЕННЯ ТАНКА**

В роботі сформульована проблема створення високоточного стабілізатора танкової пушки і перераховані основні задачі, рішення яких дозволяє вирішити сформульовану проблему.

This work defines the problems of creating high-stabilizer tank gun and listed the main problems; solution of this problem can solve the formulated problem.

### **Аналіз літератури і постановка проблеми.**

Проблема підвищення точності стабілізаторів основного озброєння танків виникла водночас з їх створенням. В СРСР цією проблемою займалися дослідники таких організацій:

- Академії бронетанкових військ імені Маршала Радянського Союзу Р.Я.Малиновського, м. Москва під керівництвом О.С.Белоновського і В.В.Корнеєва;
- Всесоюзного науково-дослідного інституту транспортного машинобудування, м. Ленінград під керівництвом Р.І.Свердлова і В.З.Філановського;
- Всесоюзного науково-дослідного інституту “Сигнал”, м. Ковров під керівництвом В.К.Кутузова;
- Спеціалізованого конструкторського бюро “Ротор”, м. Челябінськ під керівництвом М.Д.Борисюка.

Результати цих досліджень досить повно були опубліковані в журналі “Вестник бронетанковой техники”. Аналіз публікацій приводить до висновків, що підвищення точності стабілізатора танкової гармати може бути досягнуто на шляху застосування цифрової бортової обчислювальної машини в контурі стабілізації, що реалізує алгоритми, які забезпечують замкненій системі стабілізації властивості інваріантності і робастності.

До початку 90-х років минулого сторіччя удосконалення стабілізаторів танкового озброєння стримувалось такими причинами:

- була відсутня адекватна математична модель збуреного руху замкненої системи стабілізації танкової гармати. Існуючі в той час моделі були здатні висвітлити лише один бік проблеми і не носили системний характер. Засоби обчислювальної техніки того періоду були не в змозі здійснити аналіз динамічних процесів в замкненій системі стабілізації внаслідок високого порядку математичних моделей збуреного руху;

- була відсутня загальна теорія синтезу складних динамічних систем, які знаходяться під впливом випадкових зовнішніх збурень. Ця теорія змогла прийняти практичне значення лише з розвитком обчислювальної техніки, яка здатна втілити сучасні методи синтезу систем із складними взаємними зв'язками.

Бурхливий розвиток обчислювальної техніки у 90-х роках минулого сторіччя дозволив поставити проблему суттєвого підвищення точності стабілізації вісі каналу стволу танкової гармати відносно напрямку на ціль.

### **Застосування бортової ЕОМ в контурі стабілізації**

Точність стабілізації вісі каналу стволу танкової гармати відносно напрямку на ціль залежать, по-перше, від точності стабілізації лінії прицілювання відносно напрямку на ціль і, по-друге, від точності стабілізації вісі каналу стволу відносно лінії прицілювання. При розташуванні гіроскопічних приладів на підресореній частині корпусу танка, яка здійснює подовжньо-кутові і поперечно-кутові коливання, мають місце прецесійні і нутаційні коливання рамок трьохступеневих гіроскопів і, разом з ними, коливання головного дзеркала прицілу, тобто коливання лінії прицілювання. Це пов'язано з тим, що в сучасних українських танках має місце силова стабілізація поля зору прицілу, при якій головне дзеркало прицілу за допомогою стрічкових передач пов'язана із зовнішніми рамками трьохступеневих гіроскопів, тому коливання цих рамок безпосередньо передаються на головне дзеркало прицілу. Для того, щоб позбутися цих коливань авторами запропонована замість системи силової стабілізації поля зору прицілу індикаторна стабілізація поля зору прицілу із застосуванням безплатформеної інерціальної системи (БІС). Застосування БІС в танкових стабілізаторах вперше було запропоновано в 1997 році для стабілізації вісі каналу стволу танкової гармати відносно напрямку на ціль [1,2]. Тепер пропонується застосування БІС для стабілізації лінії прицілювання відносно напрямку на ціль. Застосування БІС передбачає використання бортової цифрової обчислювальної машини (БЦОМ) в контурі стабілізації, яка формує алгоритми стабілізації як лінії прицілювання відносно напрямку на ціль, так і вісі каналу стволу відносно лінії прицілювання. Структурна схема такого стабілізатора приведена на рис.1, де прийняті позначення: Г - гармата; Б – башта; ДКШ – датчик кутової швидкості гармати відносно власної вісі обертання; ОТ - обертовий трансформатор; БЦОМ - бортова цифрова обчислювальна машина; ГДП - головне дзеркало прицілу; ВЕД - виконавчий електродвигун. В пропонуємому стабілізаторі гіроскопічні датчики кутів відсутні, а кути відхилення вісі каналу стволу танкової гармати відносно лінії прицілювання і кути відхилення лінії прицілювання відносно напрямку на ціль не вимірюються, а обчислюються в БЦОМ з використанням параметрів Родріга-Гамільтона [3].

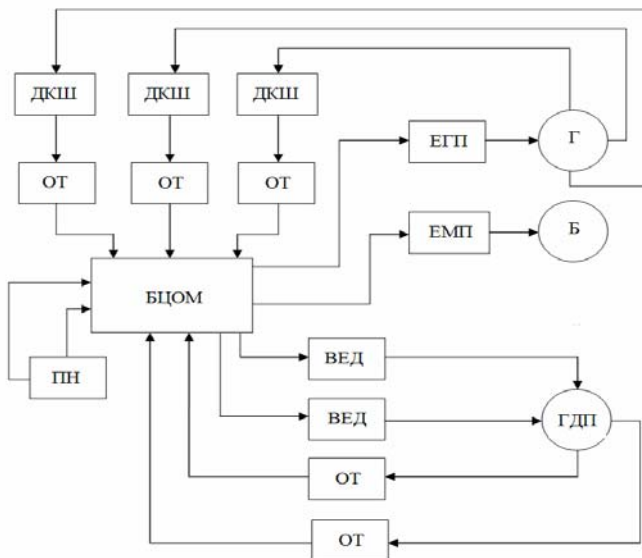


Рисунок 1 – Стабілізатор танкової гармати з БЦОМ

### Застосування інваріантних стабілізаторів

У якості чутливих елементів стабілізаторів основного озброєння танків використовуються гіроскопічні датчики кутів та кутових швидкостей, а у якості виконавчих органів – електрогідравлічні підсилювачі з гідроциліндром у каналі вертикального наведення. У стабілізаторах сучасних танків використовується принцип регулювання за відхиленням, що виникає під впливом зовнішніх збурення. Але у каналі горизонтального наведення танка Т-64 та його модифікацій використовується більш складний закон стабілізації, що враховує лінійне прискорення башти танка відносно її поперечної осі. Дійсно, якщо танкова гармата статично врівноважена відносно вісі цапф, то танкова башта з гарматою неврівноважена відносно вісі її обертання. Тому складова лінійного прискорення, яке виникає при повороті танка, направлена вздовж поперечної вісі танка та викликає збурюючий момент, що уводить башту з гарматою від заданого наводкою напрямку на ціль. Оскільки первинною причиною такого уводу є складова лінійного прискорення башти, що направлена вздовж її поперечної вісі, у стабілізатор горизонтального наведення башти з гарматою танка Т-64 введено датчик лінійних прискорень, а алгоритм стабілізації формується електронним блоком у вигляді

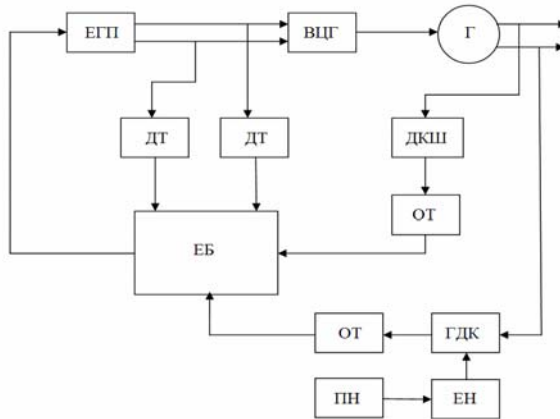


Рисунок 2 – Інваріантний стабілізатор танкової гармати

$$\sigma_{\psi}(t) = k_{\psi}\psi(t) + k_{\dot{\psi}} \frac{d\psi(t)}{dt} + k_a a_y(t). \quad (1)$$

де  $\psi(t)$  - кут відхилення вісі каналу ствола танкової гармати відносно лінії прицілювання у горизонтальній площині;  $a_y(t)$  - складова лінійного прискорення башти відносно її поперечної вісі;  $k_{\psi}$ ,  $k_{\dot{\psi}}$ ,  $k_a$  - коефіцієнти підсилення електронного блоку.

При використанні алгоритму стабілізації у вигляді (1) на виході електронного блоку стабілізатора з'являється сигнал, обумовлений останнім доданком алгоритму (1) ще до появи відхилення осі каналу ствола від напрямку на ціль  $\psi(t)$ . Для замкненої системи стабілізації танкової башти з гарматою лінійне прискорення  $a_y(t)$  є зовнішнім збуренням, тобто стабілізатор, що реалізує алгоритм стабілізації у вигляді (1), поєднує два відомі принципи управління, а саме:

- принцип управління за відхиленням шляхом вимірювання куту відхилення вісі каналу ствола танкової гармати від напрямку на ціль та кутової швидкості повороту башти з подальшим використанням вимірювальних величин у алгоритмі стабілізації (1)

- принцип регулювання за збуренням шляхом вимірювання складової лінійного прискорення башти вздовж її поперечної вісі з подальшим використанням вимірювальних величин у алгоритмі стабілізації (1)

При такому комбінуванні двох принципів управління точність стабілізації вісі каналу ствола танкової гармати у площині горизонтального наведення значно зростає.

Хоча танкова гармата статично врівноважена відносно вісі цапф, у процесі руху танка по пересіченій місцевості подовжньо-кутові і вертикальні коливання підресореної частини корпусу танка викликають прикладені до гармати зовнішні збурення, які уводять вісь каналу ствола від напрямку на ціль. Зовнішнє збурення  $M_3(t)$  викликає перепад тиску у порожнинах виконавчого гідроциліндра, який визначається формулою

$$\Delta p(t) = p_1(t) - p_2(t) = \frac{M_3(t)}{k_M}. \quad (2)$$

Якщо вимірювати перепад тиску (2) та ввести вимірну величину  $\Delta p(t)$  в алгоритм стабілізації

$$\sigma_\varphi(t) = k_\varphi \varphi(t) + k_\dot{\varphi} \frac{d\varphi(t)}{dt} + k_p \Delta p(t). \quad (3)$$

то стабілізатор почне реагувати на зовнішнє збурення не чекаючи відхилення об'єкту стабілізації від заданого напрямку [4]. При цьому структурна схема стабілізатора приймає вигляд, представлений на рис.2, де прийняті позначення: Г – гармата; ВЦГ – виконавчий гідроциліндр; БГП – електрогідравлічний підсилювач; ДТ - датчик тиску; ЕБ – електронний блок; ДКШ – датчик кутової швидкості; ОТ – обертовий трансформатор; ГДК – гіроскопічний датчик кута; ПН – пульт наведення; ЕН- електромагніт наведення.

### **Застосування стабілізаторів зі змінною структурою**

У 60-ті роки попереднього сторіччя С.В.Ємельяновим та В.І.Уткіним була розроблена теорія автоматичних систем зі змінною структурою (СЗС), яка не знайшла в ті роки широкого використання у промислових регуляторах. Це було пов'язано с тим, що складні логічні закони управління були складними для практичної реалізації регуляторами, побудованими на аналоговій електронній базі. Тільки широке використання цифрових регуляторів, що містять ЕОМ у контурі, знову привернули увагу розробників до принципів (СЗС).

Основною перевагою у порівнянні з лінійними системами є можливість організації у такій системі ковзного режиму, при, якому зображувальна точка системи рухається по поверхні або лінії більш низького порядку, ніж порядок системи диференційних рівнянь, що описують збурений рух об'єкта управління. Формуючи поверхні та лінії ковзання, можна досягнути високої швидкодії та точності замкнених СЗС.

Для алгоритму системи наведення і стабілізації (3) обумовимо, що коефіцієнти підсилення стабілізатора  $k_\varphi$  та  $k_\dot{\varphi}$  відповідають вимогам [5]:

$$k_{\varphi} = \begin{cases} k_{\varphi}^* & \text{при } \varphi(t)s(t) > 0, \\ -k_{\varphi}^* & \text{при } \varphi(t)s(t) \leq 0; \end{cases} \quad (4)$$

$$k_{\dot{\varphi}} = \begin{cases} k_{\dot{\varphi}}^* & \text{при } \frac{d\varphi(t)}{dt}s(t) > 0, \\ -k_{\dot{\varphi}}^* & \text{при } \frac{d\varphi(t)}{dt}s(t) \leq 0; \end{cases} \quad (5)$$

де  $s(t)$  - лінія ковзання, що визначається співвідношенням

$$s(t) = \frac{d\varphi(t)}{dt} - \lambda\varphi(t). \quad (6)$$

В роботі [5] проаналізована динаміка системи наведення і стабілізації зі змінною структурою і зроблений висновок, що СЗС доцільно використовувати в режимі наведення танкової гармати на ціль.

### Висновки

1. Застосування бортової ЕОМ в контурі стабілізації дозволяє відмовитися від використання гіроскопічних датчиків кута на основі трьох-ступеневих гіроскопів високої вартості і запропонувати обчислення кутового розходження між віссю каналу стволу танкової гармати і напрямком на ціль, використовуючи алгоритми БІС.

2. Підвищення точності стабілізації вісі каналу стволу танкової гармати відносно напрямку на ціль в каналі може бути досягнуто застосуванням інваріантного стабілізатора шляхом введення датчиків тиску робочої рідини в порожнинах виконавчого гідروциліндру.

3. В режимі наведення танкової гармати доцільно використовувати принципи СЗС, що додає стабілізатору властивості інваріантності до дії зовнішніх збурень і підвищує швидкодню.

**Список літератури 1.** Посвідчення на винахід № 10А від 25.03.1997 р., Україна, Спосіб застосування та стабілізації танкового озброєння / *Александрова І.Є., Борисюк М.Д., Кононенко В.О.* (Україна).- №96062552 заявл. 27.06.96. **2.** Посвідчення на винахід № 11А від 25.03.1997 р., Україна, Система наведення та стабілізації танкового озброєння / *Александрова І.Є., Борисюк М.Д., Кононенко В.О.* (Україна).- №96062553 заявл. 27.06.96. **3.** *Бранец В.М.* Применение кватернионов в задачах ориентации твердого тела / *В.М.Бранец, И.В.Шмыглевский.*-М.: Наука, 1973. - 320с. **4.** *Александров Е.Е.* Инвариантный стабилизатор танковой пушки / *Е.Е.Александров, И.Е.Александрова, С.Н.Беляев, К.И.Богатыренко, И.В.Шматько* // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил.-2006.- Вип.2(8).-С.39-42. **5.** *Александров Е.Е.* Параметрический синтез системы с переменной структурой для наведения и стабилизации танковой пушки / *Е.Е.Александров, Т.Е.Александрова, О.Я.Никонов, В.В.Пидашов* // Артиллерийское и стрелковое вооружение.-2008.-№1.-С.49-53.

Поступила в редколлегию 02.05.2011