

УДК 528.563

В.Г. ЦІРУК

ПАТ «НВО «Київський завод автоматики»

ВВЕДЕННЯ ДО КОНТУРІВ УПРАВЛІННЯ СТАБІЛІЗАТОРІВ ОЗБРОЄННЯ ЛЕГКОБРОНЬОВАНОЇ ТЕХНІКИ ТАХОГЕНЕРАТОРІВ

З метою підвищення якості регулювання, підвищення динамічних характеристик, зменшення часу перехідних процесів та часу коливань до контурів управління стабілізатора додатково пропонується ввести тахогенератори.

Введення тахогенераторів, як безінерційних ланок, додасть до законів керування стабілізаторів інформації про відносну швидкість, забезпечить рівномірність швидкості наведення при мінімальних швидкостях з урахування нерівномірності моменту опору обертання.

Підтвердження покращення якості в контурах управління проводилось математичним моделюванням з введенням до контурів управління стабілізаторів ланок тахогенератора.

Математичному моделюванню піддані окремі найбільш характерні для стабілізатора режими роботи «АВТ» (автомат) та «УПР» (керований), що відрізняються своїми мінімальними та максимальними швидкостями наведення, кількістю перебігів при демпфуванні. У режимі «АВТ» мінімальні швидкості наведення блоку озброєння не більше 0,07°/с та максимальні не менше 6°/с. Для режиму «УПР» мінімальні швидкості наведення блоку озброєння не більше 0,02°/с та максимальні не менше 0,5°/с.

Для спрощення та наочності отриманих результатів моделювання в роботі наведені матеріали функціонування у вказаних режимах стабілізатора без тахогенераторів та з включенням їх до контурів управління.

Результати проведеного моделювання підтвердили правильність аналітичних розрахунків, що введення до контурів управління тахогенераторів призведе до покращення динамічних характеристик стабілізатора.

Ключові слова: стабілізатор, тахогенератор, швидкості наведення, моделювання, моменти опору обертання.

В.Г. ЦІРУК

ПАО «НПО «Киевский завод автоматики»

ВВЕДЕНИЕ В КОНТУРЫ УПРАВЛЕНИЯ СТАБИЛИЗАТОРОВ ВООРУЖЕНИЯ ЛЕГКОБРОНИРОВАНОЙ ТЕХНИКИ ТАХОГЕНЕРАТОРОВ

С целью повышения качества регулирования, повышения динамических характеристик, уменьшения времени переходных процессов и времени колебаний в контуры управления стабилизатора дополнительно предлагается ввести тахогенераторы.

Введение тахогенераторов, как безынерционных звеньев, дополнит законы управления стабилизаторов информацией об относительной скорости, обеспечит равномерность скорости наведения при минимальных скоростях с учетом неравномерности момента сопротивления повороту.

Подтверждение улучшения качества в контурах управления проводилось математическим моделированием с введением в контуры управления стабилизаторов звеньев тахогенератора.

Математическому моделированию подвергнуты отдельные наиболее характерные для стабилизатора режимы работы «АВТ» (автомат) и «УПР» (управляемый), которые отличаются своими минимальными и максимальными скоростями наведения, количеством перебегов при демпфировании.

В режиме «АВТ» минимальные скорости наведения блока вооружения не более 0,07°/с, а максимальные скорости наведения не менее 6°/с. В режиме «УПР» минимальные скорости наведения блока вооружения не более 0,02°/с, а максимальные не менее 0,5°/с.

Для упрощения и наглядности полученных результатов моделирования в работе представлены материалы функционирования в указанных режимах работы стабилизатора без тахогенераторов и с включением их в контуры управления.

Результаты проведенного моделирования подтвердили правильность аналитических расчетов, что введение в контуры управления тахогенераторов приведет к улучшению динамических характеристик стабилизатора.

Ключевые слова: стабилизатор, тахогенератор, скорости наведения, моделирование, моменты сопротивления повороту.

INTRODUCTION TO CONTOURS OF MANAGEMENT OF STABILIZATORS OF ARMAMENT OF LIGHT ARMORED OF TECHNIQUE OF TACHO-GENERATOR

With the aim of upgrading of adjusting, increase of dynamic descriptions, reduction to time of transients and time of vibrations to the contours of management of stabilizer it is additionally suggested to enter macho-generators.

Introduction of macho-generators, as inertia free unit links, will add to the laws the management of stabilizers of information about relative speed, забезпечить evenness of aiming speed at minimum speeds from taking into account of unevenness of moment of resistance of rotation.

Confirmation of improvement of quality in the contours of management was conducted by a mathematical design with introduction to the contours of management of stabilizers of links of macho-generator. The mathematical design the separate most characteristic for a stabilizer modes of operations of «AUT» (automat) and «CNT» (guided) are exposed to, that differ in the minimum and maximal speeds of aiming, by the amount of overruns at damping.

In the mode of "AUT" minimum speeds of aiming of block of armament of not more than 0,07°/с and maximal a not less than 6°/с. For the mode of "CNT" minimum speeds of aiming of block of armament of not more than 0,02°/с and maximal a not less than 0,5°/с.

For simplification and evidentness of the got results of design in-process the brought materials over of functioning in the indicated modes of stabilizer without macho-generators and with including of them to the contours of management.

The results of the conducted design confirmed the rightness of analytical calculations, that introduction to the contours of management of macho-generators will result in the improvement of dynamic descriptions of stabilizer.

Keywords: stabilizer, macho-generator, speeds of aiming, design, moments of resistance to the rotation.

Постановка проблеми

Сучасний стан вітчизняного виробництва стабілізаторів озброєння для легкоброньованої техніки характеризується значним підвищенням вимог до точності, швидкодії, зменшення часу колювань, перегулювань та перехідних процесів систем стабілізації. Виконання цих вимог є актуальною задачею.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

З проведеного аналізу схемно-технічних рішень, які були застосовані при побудові стабілізаторів озброєння, видно, що в одних типах стабілізаторів тахогенератори застосовуються: це 2Е36-1[1,2], а в інших тахогенератори відсутні: це 2Е36-4. При цьому треба зазначити, що стабілізатори 2Е36-1 та 2Е36-4 застосовуються для машини БМП-2. При відсутності тахогенераторів в контурах управління додатково в схеми вводяться корегувальні ланки.

Формулювання мети дослідження

Мета роботи - оцінка впливу тахогенераторів на динамічні параметри стабілізаторів озброєння.

Викладення основного матеріалу дослідження

Для підтвердження правильності обраного напрямку зміни схемо-технічного рішення побудови стабілізаторів озброєння обрано шлях відпрацювання основних режимів роботи «УПР», «АВТ» за допомогою математичного моделювання. Математичному моделюванню [3,4] піддані окремі найбільш характерні для стабілізатора режими роботи «АВТ» та «УПР», що відрізняються своїми мінімальними і максимальними швидкостями наведення, кількістю перебігів при демпфуванні.

Для спрощення та наочності отриманих результатів моделювання в роботі наведені матеріали функціонування у вказаних режимах стабілізатора без тахогенераторів і з включенням їх до контурів управління.

1. Моделювання з введенням у контур управління тахогенератора в режимі «УПР»

Режим «УПР» відрізняється від інших режимів управління тим, що швидкості наведення у цьому режимі мінімальні не більше 0,02 %/с, максимальні не менше 0,5 %/с. Для досягнення більшої рівномірності у контур управління вводиться тахогенератор.

Для порівняння наводяться матеріали моделювання в режимі стабілізації «УПР» у каналі горизонтального наведення двох варіантів з тахогенератором та без нього. Дискрет обчислення 1 мс. Момент опору обертання наведено на рис. 1.

Таким чином, з результатів моделювання та наведених рисунків можна зазначити:

1. При відпрацюванні максимальної швидкості наведення 0,5 %/с у режимі «УПР» перехідні

процеси, наведені на рис. 2 та 4, з використанням у контурі управління тахогенератора призводять до покращення динаміки характеристик системи. Час перехідного процесу скорочується у 2 рази та також зменшилось перерегулювання і коливальність системи. При моменті опору обертання башти (рис. 1) кути наведення відпрацьовуються рівномірно (рис. 3 та 5).

2. При відпрацюванні швидкості $0,02^\circ/\text{с}$ (рис. 6-9) спостерігається обрізання відносної швидкості башти на нульовому значенні. Це можна пояснити співвідношенням між діючими на башту моментами та моментом опору обертання, при яких башта зостається нерухомою. Таким чином, при сумарному моменті менше моменту опору обертання башта зупиняє свій рух, що показано на рис. 6,8.

Після обробки отриманих результатів в режимі «УПР» можна зробити висновки:

1. При відпрацюванні швидкості наведення $0,5^\circ/\text{с}$ у режимі «УПР» перехідні процеси (рис. 2,4) з використанням у контурі керування тахометра покращують динамічні характеристики. Час перехідного процесу зменшився у два рази, також зменшилось перерегулювання та коливальність системи. При нерівномірності моменту опору повороту (рис. 2) кути наведення відпрацьовуються рівномірно (рис. 3,5).

2. При відпрацюванні мінімальної швидкості наведення $0,02^\circ/\text{с}$ в режимі «УПР» результати двох варіантів практично не відрізняються, амплітуда коливань для варіанту з тахометром у контурі управління зменшилась всього на 0,3 хвилини. В результаті нерівномірності моменту опору обертання кутів наведення складає 0,6 хв. (рис. 7 та 9), що знаходиться в допустимих границях.

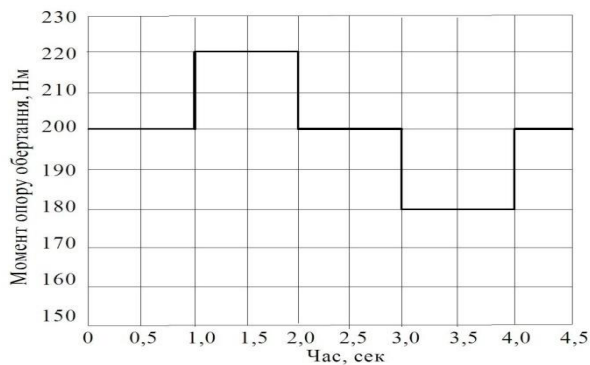


Рис. 1. Нерівномірність моменту опору обертання башти

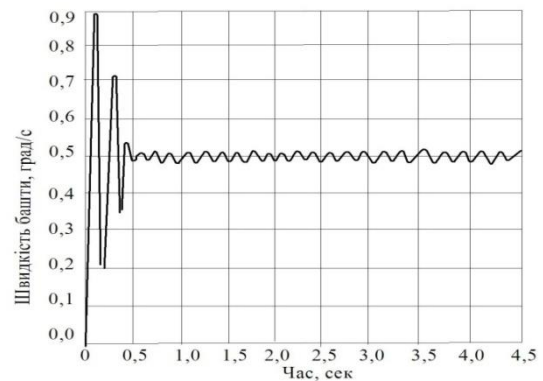


Рис. 2. Відпрацювання максимальної швидкості наведення $0,5^\circ/\text{с}$ (режим «УПР» без тахометра)

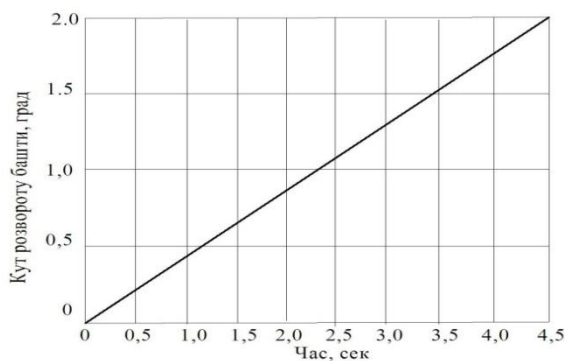


Рис. 3. Кут наведення в режимі «УПР» (режим «УПР» без тахометра)

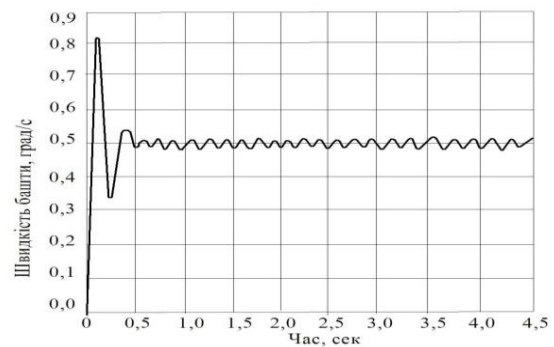
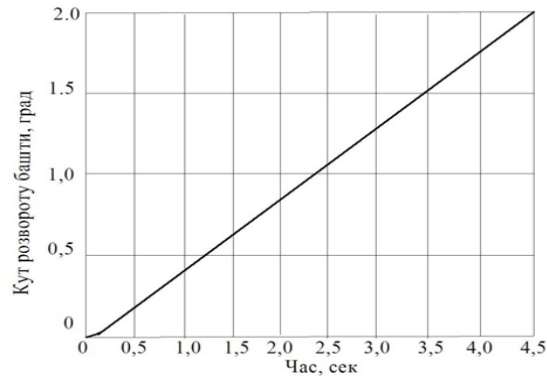
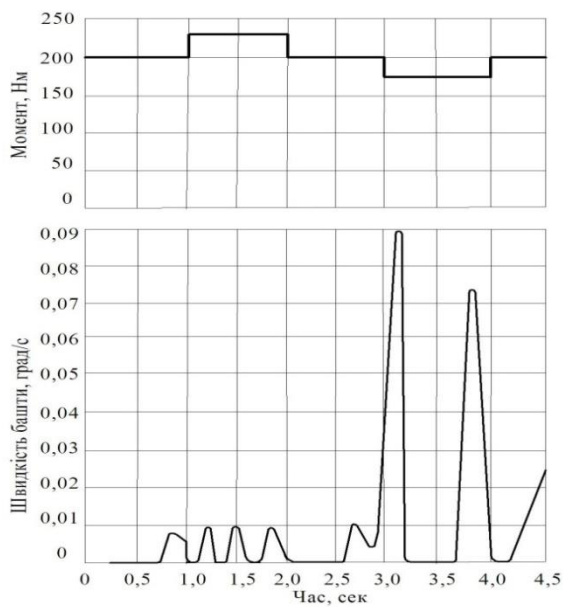


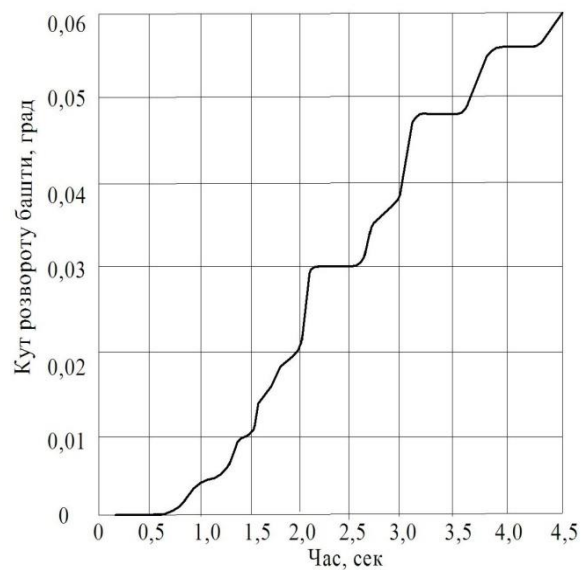
Рис. 4. Відпрацювання максимальної швидкості наведення $0,5^\circ/\text{с}$ (режим «УПР» з тахометром)



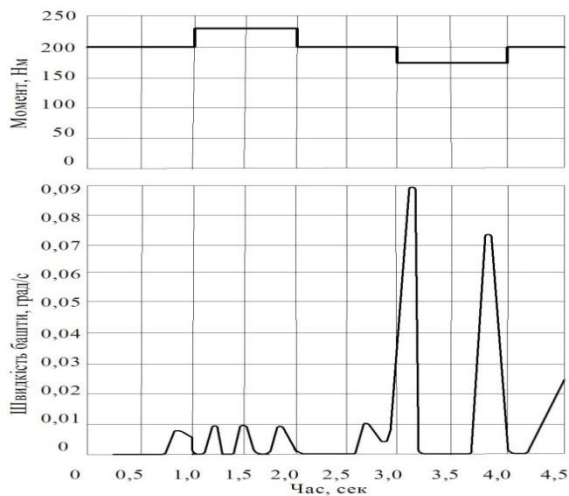
**Рис. 5. Кут наведення в режимі «УПР»
(режим «УПР» з тахометром)**



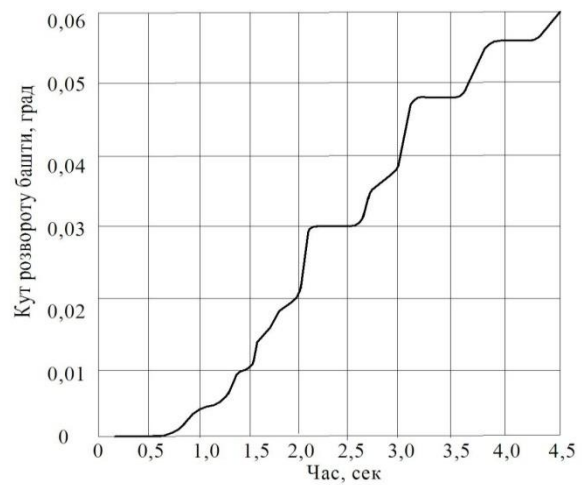
**Рис. 6. Відпрацювання мінімальної швидкості наведення 0,02°/с.
(режим «УПР» без тахометра)**



**Рис. 7. Кут наведення в режимі «УПР», швидкість наведення 0,02°/с.
(режим «УПР» без тахометра)**



**Рис. 8. Відпрацювання мінімальної швидкості наведення 0,02 °/с.
(режим «УПР» з тахометром)**



**Рис. 9. Кут наведення в режимі УПР, швидкість наведення 0,02°/с.
(режим «УПР» з тахометром)**

2. Моделювання в режимі стабілізації «АВТ» з введенням до контуру управління тахометра

В режимі «АВТ» реалізовані мінімальна швидкість наведення $0,07^\circ/\text{с}$ та максимальна швидкість $6^\circ/\text{с}$. Для виконання цих швидкостей в контур управління вводиться тахометр.

Для зрівняння приведені результати моделювання режиму стабілізації «АВТ» у двох варіантах без тахометра та з тахометром. Дискрет обчислення 1 мс. Момент опору повороту приведено на рис. 1.

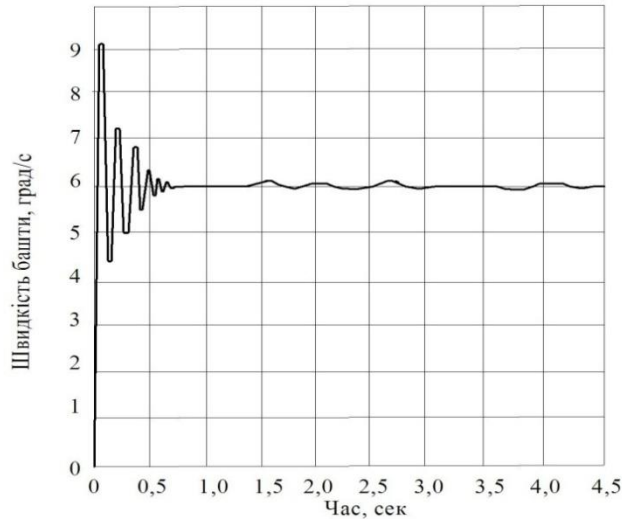


Рис. 10. Відпрацювання максимальної швидкості наведення $6^\circ/\text{с}$ (режим «АВТ» без тахометра)

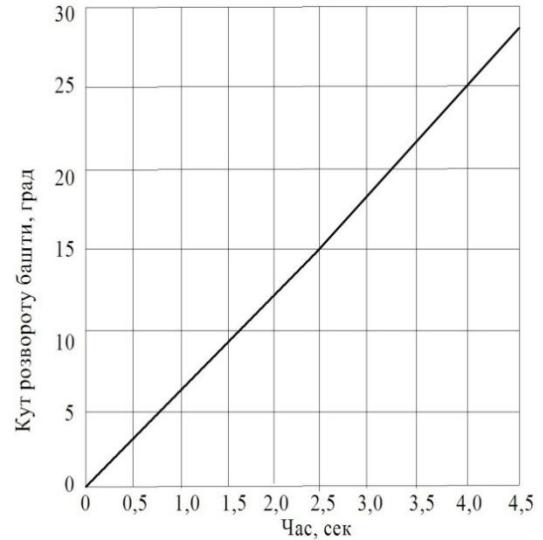


Рис. 11. Кут наведення в режимі «АВТ» без тахометра

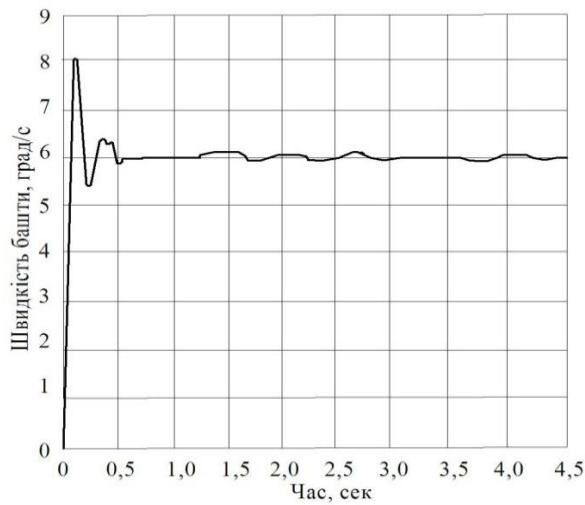


Рис. 12. Відпрацювання максимальної швидкості наведення $6^\circ/\text{с}$ (режим «АВТ» з тахометром)

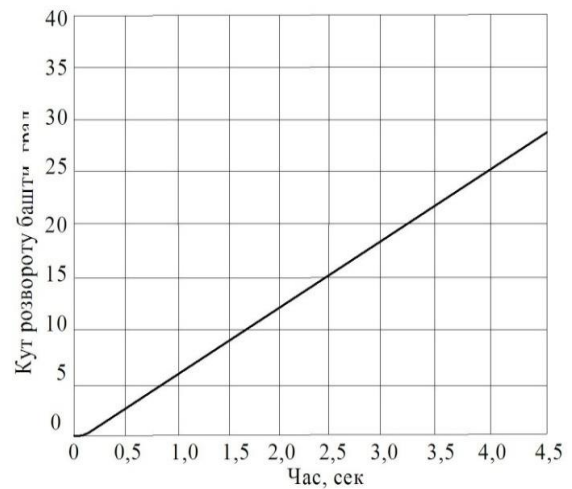


Рис. 13. Кут наведення в режимі «АВТ» з тахометром

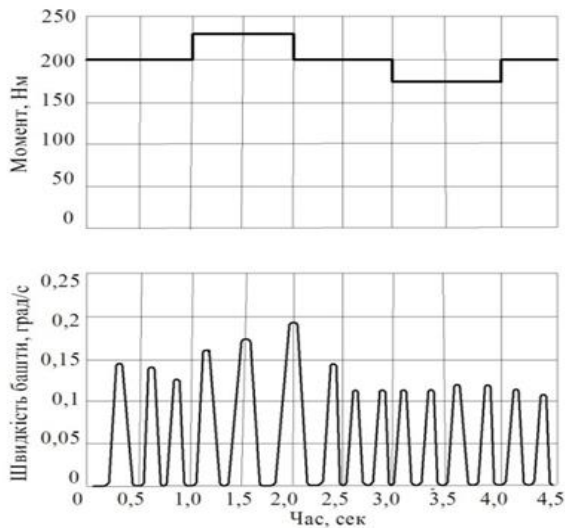


Рис. 14. Відпрацювання мінімальної швидкості наведення 0,07 %/с (режим «АВТ» без тахометра)

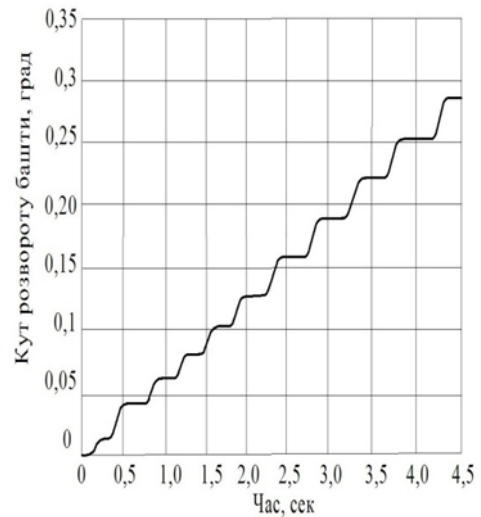


Рис. 15. Кут наведення в режимі «АВТ» без тахометра

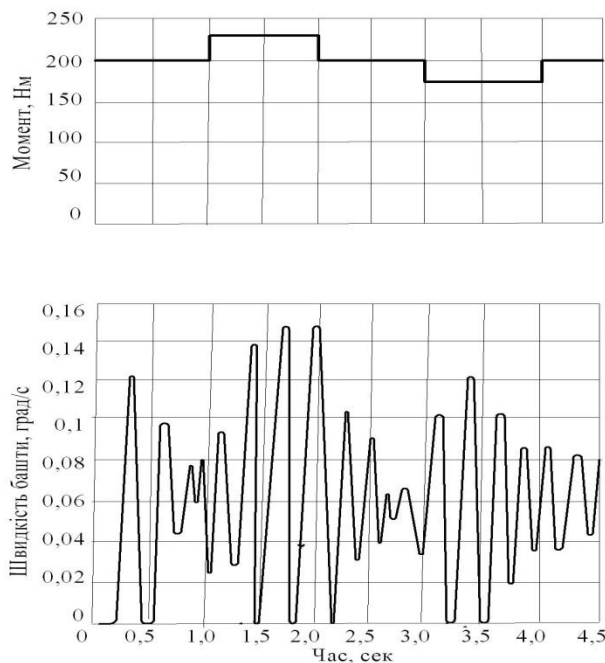


Рис. 16. Відпрацювання мінімальної швидкості наведення 0,07 %/с (режим «АВТ» з тахометром)

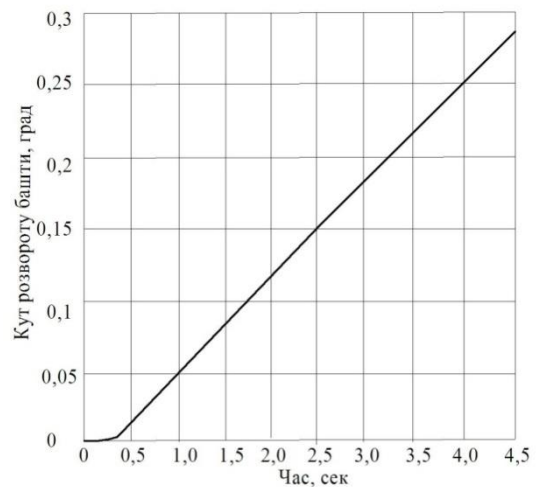


Рис. 17. Кут наведення в режимі «АВТ» з тахометром

Після обробки отриманих результатів в режимі «АВТ» можна зробити висновки:

1. При відпрацюванні максимальної швидкості наведення 6°/с у режимі «АВТ» перехідний процес (рис. 10,12) з використанням у контурі управління тахометра має кращі динамічні характеристики. Час перехідного процесу зменшився у два рази та склав 0,5 сек, також зменшилось перерегулювання з 50% до 33% та коливальність системи. При нерівномірності моменту опору повороту (рис. 1) кути наведення відпрацьовуються рівномірно (рис. 11 та 13).

2. При відпрацюванні швидкості наведення 0,07°/с у режимі «АВТ» результати, отримані в результаті моделювання з використанням тахометра, краще. Амплітуда коливань значно зменшилась, а час перехідних процесів скоротився (рис. 16). В результаті нерівномірності моменту опору повороту кут відпрацьовується більш рівномірно для варіанту з тахометром.

Висновки

На підставі отриманих результатів в режимах «УПР» та «АВТ» можна зробити висновки:

1. При відпрацюванні максимальних швидкостей наведення башти в режимі «УПР» та «АВТ» перехідні процеси з використанням у контрі управління тахогенератора мають покращені динамічні характеристики:

- час перехідного процесу зменшився у 2 рази;
- зменшилось перерегулювання;
- зменшився час коливань системи.

При нерівномірності моменту опору повороту башти $\pm 10\%$ кути наведення відпрацьовуються рівномірно.

2. При відпрацюванні мінімальних швидкостей наведення башти в режимах «УПР» та «АВТ». Результати, отримані з використанням в контурах управління тахогенератора, також покращується. Зменшилась амплітуда коливань в результаті чого кут наведення відпрацьовується більш рівномірно.

По результатам аналізу та оцінки проведених робіт можна зробити висновок, що використання тахогенератора у контурах управління виправдано, тому що з його допомогою до контуру управління вводиться інформація про відносну кутову швидкість. Це в свою чергу призводить до покращення динамічних характеристик системи.

Список використаної літератури

1. Боевая машина пехоты БМП-2. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Часть 1. 1987г. ., [Электронный ресурс] – Режим доступа : <http://armyman/info/books/id-44>, html.
2. Кудрявцев А.М., Уласевич О.К., Жеглов В.Н., Гумилев В.Ю. Стабилизаторы вооружения 2Э36 устройство и обслуживание., Рязань 2013г.,[Электронный ресурс] – Режим доступа : <http://portalnp.ru/wp-content/uploads/2014/04/KUDRYVTSEV-GUMELEV-SV-2E36pdf>.
3. Терехин В.В. Основы моделирования в MATLAB. Часть 2. Simulink. Учебное пособие.- Новокузнецк. РИО НФИ Кем ГУ, 2004 – 304с.
4. Васильев В.В., Симак Л.А., Рыбникова А.М. Математическое и компьютерное моделирование процессов и систем в среде MATLAB/SIMULINK. Учебное пособие. – Киев: Национальный авиационный университет, 2008. – 91с.