

ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ЦІЛЕВКАЗАННЯ.

Надається обґрунтування необхідності удосконалення автоматизованого процесу управління в системі автоматичного відпрацювання цілевказання. Сучасні Збройні Сили України використовують засоби автоматизації на усіх рівнях управління військами і управління засобами ураження. Поряд з автоматизацією процесу управління на всіх рівнях тенденції останніх років вказують на рух уваги у бік низових ланок управління. Системи управління у цих ланках забезпечують збір, обробку та аналіз інформації, необхідної для оптимізації управління безпосередньо бойовими засобами. Конкретна вогнева задача бойовому розрахунку, її передача і доведення до виконавця є важливим моментом у процесі такого управління. Центральне місце у постановці завдання займає цілевказання, тобто коротке, чітке та зрозуміле повідомлення про місцезнаходження цілі та іншої інформації про неї. Гарантоване доведення цілевказання від будь-якої ланки управління до засобів ураження є одним з напрямків розвитку і удосконалення автоматизованих систем управління військового призначення. Автоматизований спосіб надавання цілевказання забезпечує найменші витрати часу на постановку вогневого завдання та його виконання. Однак для його реалізації необхідна інформація щодо достатньо повної ідентифікації цілей на пунктах управління різних рівнів та достатньо точна інформація про місцезнаходження своїх сил і засобів. У багатьох випадках динамічні властивості таких систем описуються диференційними рівняннями високого порядку. Реалізація оптимальної швидкодії у таких випадках стикається з низкою технічних труднощів, які пов'язані з необхідністю розрахунку та реалізації кількості інтервалів керуючої дії. Кількість інтервалів дорівнює порядку диференційного рівняння системи. У цьому випадку є доцільним перехід до квазіоптимального управління з кількістю переключень інтервалів керуючої дії, що дорівнює трьом. Зменшення кількості переключень дозволить не тільки спростити функції мікропроцесора в такій системі управління, а також збільшити її надійність. Також в роботі представлений чисельний експеримент, що підтверджує гіпотезу академіка Ішлінського О.Ю. про можливість представлення системи високого порядку еквівалентною системою 3-го порядку. Теорія оптимальних систем висвітлює шляхи удосконалення та вказує на невикористані резерви існуючих систем автоматичного управління. Розвиток математичної теорії багато в чому визначається розробкою методів синтезу оптимальних систем. Беллман Р. та Фельдбаум О. вперше сформулювали і доказали теорему про n інтервалів або про n переключень керуючими системами. Згідно з теоремою про n інтервалів О. А. Фельдбаума кількість таких переключень може бути зменшена якщо замінити систему управління n -го порядку на еквівалентну систему більшої низького порядку. Згідно з гіпотезою академіка О. Ю. Ішлінського для будь-якої системи n -го порядку може бути знайдена система третього порядку. Задача ідентифікації динаміки технологічних процесів вирішується по кривим розгону. Використання прямих чисельних методів обмежено в деяких випадках неможливістю реалізувати вхідний вплив потрібної форми. У даному випадку ідентифікація об'єкта здійснюється звичайним диференційним рівнянням 4-го порядку. Також відомий вигляд диференційного рівняння 3-го порядку. Знаходяться параметри рівняння 3-го порядку, при яких рішення диференційних рівнянь 4-го і 3-го порядку найбільш наближенні одне до одного.

Для вирішення задачі використовується метод Нелдера-Міда. Рішення вихідного диференційного рівняння пропонується знаходити за методом Рунге-Кутта-Мерсона. Отримані результати дозволяють спростити процес управління об'єктом у системах автоматичного відпрацювання цілевказання. Проведені чисельні експерименти підтвердили гіпотезу академіка О.Ю. Ішлінського про можливість представлення системи n -го порядку еквівалентною системою 3-го порядку. Зменшення порядку диференційного рівняння дозволяє зменшити кількість переключень керуючого діяння і таким чином зменшити час на збір, обробку та аналіз інформації необхідної для управління бойовими засобами.

Ключові слова: *квазіоптимальне управління, перехідний процес, математичне моделювання, чисельний метод, інформація.*

Вступ та аналіз останніх досліджень. Сучасна армія України використовує засоби автоматизації на усіх рівнях управління військами і управління засобами ураження. Нові засоби і способи збройної боротьби різко змінили просторові і часові масштаби бойових операцій, перетворивши їх в швидкоплинні й динамічні. Значно зросли темпи наступу і площа для збору та обробки інформації. Все це збільшило обсяг оперативної-тактичної інформації і скоротило час на її обробку.

Поряд з автоматизацією процесу управління на всіх рівнях тенденції останніх років вказують на рух уваги у бік низових ланок управління [1-6]. Системи управління у цих ланках забезпечують збір, обробку та аналіз інформації, необхідної для оптимізації управління безпосередньо бойовими засобами в цілях найбільш ефективного їх використання. Конкретна вогнева задача бойовому розрахунку, її передача і доведення до виконавця є важливим моментом у процесі такого управління [7, 8]. Центральне місце у постановці завдання займає цілевказання, тобто коротке, чітке та зрозуміле повідомлення про місцезнаходження цілі та іншої інформації про неї. Гарантоване доведення цілевказання від будь-якої ланки управління до засобів ураження є одним з напрямків розвитку і удосконалення автоматизованих систем управління військового призначення [6, 7, 13].

По виду технічної реалізації розрізняють автоматизований і неавтоматизований спосіб надавання цілевказання. Автоматизований є самим ефективним. Він забезпечує найменші витрати часу на постановку вогневого завдання та його виконання. Однак для його реалізації необхідна інформація щодо достатньо повної ідентифікації цілей на пунктах управління різних рівнів та достатньо точна інформація про місцезнаходження своїх сил і засобів [6 – 8].

Для забезпечення автоматичного відпрацювання цілевказання в системах управління застосування зброї повинен бути передбачений спеціальний режим роботи. З технічної точки зору він є перехідним режимом, оскільки необхідно швидко змінити значення керованого параметра (координати). Тому потрібно, щоб такий перехідний процес був оптимальним за швидкодією. У багатьох випадках динамічні властивості таких систем описуються диференціальними рівняннями високого порядку [9].

Реалізація оптимальної швидкодії у таких випадках стикається з низкою технічних труднощів, які пов'язані з необхідністю розрахунку та реалізації кількості інтервалів керуючої дії. Кількість інтервалів дорівнює порядку диференціального рівняння системи. У цьому випадку є доцільним перехід до квазіоптимального управління з кількістю переключень інтервалів керуючої дії, що дорівнює трьом. Зменшення кількості переключень дозволить не тільки спростити функції мікропроцесора в такій системі управління, а також збільшити її надійність.

Теорія оптимальних систем висвітлює шляхи удосконалення та вказує на ще не використані резерви існуючих систем автоматичного управління. До опанування цієї проблеми було привернуто увагу низки вчених: Ю. Г. Антомонова, Б. Банді, Р. Беллмана [1, 2, 3], Питання квазіоптимального управління висвітлюють у роботах Т. Н. Сердюк, Н. М. Трипутень, В. В. Кузнецова, М. Н. Трипутень, А. В. Кузнецової, В. С. Сенькіна [9], С. С. Гаценко [8]. Питання автоматизованих систем управління у зразках озброєння та військової техніки висвітлені у роботах М. В. Андрушко, П. Л. Аркушенко, А. М. Андрушко, О. Є. Кузмич [12], О. Ф. Величко, Б. О. Демідова, М. В. Борисенко, В. Ш. Коваленко, С. О. Щербініна [13].

Метою цього дослідження є надання методики розрахунку параметрів системи більш низького порядку, еквівалентної системі високого порядку.

Основні результати досліджень. У сучасних умовах збройна боротьба ведеться із застосуванням високоточної зброї, високоефективних засобів розвідки й ураження, навігації і зв'язку, з різким збільшенням розмаху і швидкоплинності операцій, інформаційного навантаження органів управління, істотним підвищенням ролі інформаційної складової в процесах управління, крім того, набуває особливої актуальності проблема підвищення ефективності управління військами (силами) і на передній план висуваються оперативність управління.

Найбільш важливою та складною частиною управління військам при веденні бойових дій є управління вогнем. Оперативність та якість такого інформаційно-технологічного управління є еквівалентним міцності зброї. Сучасні бойові дії потребують скорочення часу на підготовку цілевказання та відкриття вогню. Оскільки зростання темпів наступу та площі для

збору та обробки інформації суттєво збільшили об'єм оперативної-тактичної інформації, то існує проблема необхідності скорочення часу на її обробку і доведення від ланки управління до засобів ураження. Оптимальне, тобто найкраще з точки зору визначеного критерія, управління дозволяє довести швидкодію, точність та інші показники ефективності функціонування системи до значень, близьких до граничних. При цьому дотримуються обмеження, які накладаються на інші параметри об'єкта і регулятора. Досить повно на сьогодні вирішена задача про оптимальне за швидкодією управління об'єктом, рух яких описується диференціальними рівняннями з постійними коефіцієнтами. Теорія оптимальних систем висвітлює шляхи удосконалення та вказує на невикористані резерви існуючих систем автоматичного управління. Розвиток математичної теорії багато в чому визначається розробкою методів синтезу оптимальних систем. Беллман Р. та Фельдбаум О. вперше сформулювали і доказали теорему про n інтервалів або про n переключень керуючими системами.

Проектування системи управління неможливо здійснити, якщо не вирішена задача ідентифікації об'єкта. Тому варто звернути увагу на дослідження задач ідентифікації при рішенні задач синтезу оптимальних за швидкодією систем [10-12]. Процедура ідентифікації складається з наступних основних етапів: вибору структури моделі; визначення критерія близькості об'єкта та моделі; визначення параметрів моделі, оптимальної відносно вибраного критерія близькості. Структура моделі при рішенні задачі оптимального за швидкодією процесу визначається самою постановкою задачі. Стосовно визначення критерія близькості n -го порядку та еквівалентної їй системи більш низького порядку (3-го або 2-го), то специфікою цього завдання визначається вид характеристики об'єкта регулювання. Характеристика є детерміновано динамічною, а не статичною. При вирішенні задачі ідентифікації динамічних об'єктів по кривим розгону виникає проблема вибору значень коефіцієнтів диференціального рівняння, що описує об'єкт управління або елемент системи. Відомі методи ідентифікації динамічних систем об'єктів [1, 2, 4, 10], не пристосовані для будь-якого об'єкта і потребують великої попередньої роботи. Якщо заданий вигляд звичайного диференціального рівняння, то необхідно визначити значення коефіцієнтів цього рівняння. Вирішуючи цю задачу для кількох варіантів рівняння можна знайти модель об'єкта, яка найбільш точно ідентифікує його динаміку.

Реалізація завдання, щодо скорочення часу на збір та обробку оперативної-тактичної інформації, а також засобів ураження ускладнюється розрахунками кількості інтервалів керуючого діяння. Кількість інтервалів дорівнює порядку диференціального рівняння.

Згідно з теоремою про n інтервалів О. А. Фельдбаума кількість таких переключень може бути зменшена якщо замінити систему управління n -го порядку на еквівалентну систему більш низького порядку. Згідно з гіпотезою академіка О. Ю. Ішлінського для будь-якої системи n -го порядку може бути знайдена система третього порядку.

Розглянемо методику пошуку такої системи. Вирішення задачі заміни диференціального рівняння n -го порядку еквівалентним диференціальним рівнянням 3-го порядку включає перш за все рішення диференціального рівняння n -го порядку. Потім криву перехідного процесу необхідно ідентифікувати рівнянням третього порядку.

Одною з важливих задач оптимізації є обчислення коефіцієнтів (параметрів) звичайних диференціальних рівнянь по реалізації їх рішень, тобто параметрів в математичній моделі динамічного об'єкта. Параметри знаходяться з умови мінімуму цільової функції, яка представляє собою суму квадратів відхилень рішень диференціального рівняння від його заданих значень. Така методика дозволяє встановити математичну модель динамічного об'єкта з великою точністю. При чому значення цільової функції обчислюється чисельним методом.

Задача ідентифікації динаміки технологічних процесів вирішується по кривим розгону. Використання прямих чисельних методів обмежено в деяких випадках неможливістю реалізувати вхідний вплив потрібної форми. У даному випадку ідентифікація об'єкта здійснюється звичайним диференціальним рівнянням.

Сформулюємо задачу ідентифікації диференціального рівняння 4-го порядку диференціальним рівнянням третього порядку.

Дано рівняння четвертого порядку з нульовим початковими умовами:

$$A^{(4)} + A_4 y''' + A_3 y'' + A_2 y' + A_1 y = A_1 1(t),$$

де:

y – досліджувана функція;

A_1, A_2, A_3, A_4 – задані коефіцієнти;

Відомий вигляд диференційного рівняння 3-го порядку.

$$y''' + y''_{a_{3e}} + y'_{a_{2e}} + y_{a_{1e}} = a_{1e} 1(t),$$

де:

a_{1e}, a_{2e}, a_{3e} – невідомі коефіцієнти;

y_e – еквівалентна функція відносно y .

Необхідно знайти значення a_{1e}, a_{2e}, a_{3e} , при яких рішення рівняння (2) найбільш близьке до рішення рівняння (1).

Вирішення цієї задачі є функцією аргументу t та параметрів a_{1e}, a_{2e}, a_{3e} , а при заданому значенні $t = t_i$ – тільки параметрів

$$Y_e = f(a_{1e}, a_{2e}, a_{3e})$$

Сума квадратів відносних та абсолютних відхилень рішень даних рівнянь є функцією тих самих параметрів. У точці де значення цієї функції дорівнює нулю рішення вихідного та еквівалентного рівняння співпадають. Мінімізація функції суми квадратів відносних та абсолютних відхилень рішень рівнянь виконується за допомогою метода Нелдера-Міда.

Як показують чисельні експерименти, мінімізація відносних та абсолютних відхилень функції дозволяє з більшою точністю обчислити параметри диференційного рівняння порівняно з випадком, коли мінімізуються тільки абсолютні відхилення.

Для того, щоб методика була придатною і для випадку, коли відомі значення рівняння 4-го порядку дорівнюють нулю, цільова функція містить суму квадратів відносних відхилень у точках, де відомі значення рівняння не дорівнюють нулю і суму квадратів абсолютних відхилень у точках, де відомі значення рівняння дорівнюють нулю.

Для мінімізації цільової функції використовується метод Нелдера-Міда. Рішення вихідного диференційного рівняння пропонується знаходити за методом Рунге-Кутта-Мерсона. В даному випадку величина кроку інтегрування диференціальних рівнянь не впливає на точність рішення диференційного рівняння, тобто згідно з цим методом крок інтегрування зменшується до тих пір, поки не забезпечить задану точність.

Приклад

Система (якоїсь військової системи) описується диференціальним рівнянням 4-го порядку.

$$y^{(4)} + 40y''' + 600y'' + 4000y' + 10000y = 10000$$

Необхідно знайти коефіцієнти диференційного рівняння 3-го порядку, рішення якого мінімально відрізняються від рішень вихідного рівняння.

Для цього необхідно вирішити диференціальне рівняння 4-го порядку та отримати його перехідну характеристику. Потім цю характеристику треба ідентифікувати рівнянням третього порядку.

Рішення задачі включає наступні етапи:

1. Вирішується методом Рунге-Кутта-Мерсона диференціальне рівняння 4-го порядку.
2. Згідно з отриманою перехідною характеристикою знаходяться коефіцієнти рівняння третього порядку.

Обчислення цільової функції

$$F = \sum_{\substack{i=1 \\ y_i \neq 0}}^k \{[\varphi(t_i, a_{1e}, a_{2e}, a_{3e}) - y_i]/y_i\} + \sum_{\substack{i=1 \\ y_i \neq 0}}^k [\varphi(t_i, a_{1e}, a_{2e}, a_{3e}) - y_i]^2$$

та її оптимізація здійснюється на комп'ютері згідно з програмою.

У нашому випадку отримано наступний результат:

Мінімум цільової функції знаходиться у точці:

$$a_{1e} - 161,93$$

$$a_{2e} - 68,07$$

$$a_{3e} - 8,45$$

Значення середнього відносного відхилення = 5,258375E-02.

Порівняння рішень диференційних рівнянь 4-го і 3-го порядку здійснювалося у різних точках перехідної характеристики системи. Результати надані в таблиці 1.

Таблиця 1

Порівняння заданого рішення диференційного рівняння з знайденим.

Точка	Вихідне рішення	Знайдене рішення
0.1	0.2066	0.2813
0.2	0.1567	0.1426
0.3	0.3696	0.3414
0.4	0.581	0.5661
0.5	0.7453	0.7589
0.6	0.8553	0.8880
0.7	0.9275	0.922
0.8	0.9557	0.9657
0.9	0.9825	0.9554
1	0.9902	0.9475
1.1	0.9970	0.9494

Таким чином, отримуємо диференційне рівняння:

$$y''' + y''8,45 + y'68,07 + y161,93 = 161,93.$$

У таблиці 2 наведений результат прикладу розрахунку по заміні системи 4-го порядку системою 3-го порядку.

Таблиця 2

Зв'язок між параметрами системи 4-го порядку і еквівалентної системи 3-го порядку.

Порядок рівняння	Параметри вихідної системи 4-го порядку			
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
4	10000	4000	600	40
3	Параметри вихідної системи 3-го порядку			
	a _{1e}	a _{2e}	a _{3e}	
	161,93	68,07	8,45	

Аналогічним чином можна отримати результат по заміні системи 5-го порядку системою 3-го порядку (таблиця 3).

Таблиця 3

Зв'язок між параметрами системи 5-го порядку і еквівалентної системи 3-го порядку.

Порядок рівняння	Параметри вихідної системи 5-го порядку
------------------	---

5	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
	100000	50000	10000	1000	50
3	Параметри вихідної системи 3-го порядку				
	a_{1e}		a_{2e}		a_{3e}
	81,81		43,29		6,7

Результати експериментів та аналіз результатів дозволяють зробити висновки про справедливість гіпотези академіка Ішлінського О. Ю. про можливість аналітичного опису будь-якої лінійної динамічної системи диференціальними рівняннями 3-го порядку.

Висновки. Гарантоване доведення інформації щодо цілевказання від будь-якої ланки управління до засобів ураження є важливим напрямком розвитку та удосконалення систем управління військового призначення. Особливе місце у виконанні цього завдання займає мінімізація витрат часу на постановку вогневого завдання та його виконання. Одним з основних висновків дослідження є можливість переходу від оптимального до квазіоптимального за швидкістю управління автоматичного відпрацювання цілевказання. Квазіоптимальне управління передбачає можливість представлення системи n-го порядку еквівалентною їй системою 3-го порядку. Перехідні характеристики систем повинні максимально наближатися одна до одної. Для цього пропонується визначити коефіцієнти диференційного рівняння 3-го порядку, рішення якого повинні максимально співпадати з рішеннями диференційного рівняння високого порядку (4-го або 5-го). Визначення рішень диференційного рівняння пропонується знайти за допомогою метода Рунге-Кутта-Мерсона. Параметри еквівалентного рівняння 3-го порядку знаходяться за допомогою метода Нелдера-Мида. Проведений чисельний експеримент підтверджує можливість представлення системи n-го порядку еквівалентною системою 3-го порядку. Зменшення порядку диференційного рівняння дозволяє зменшити кількість переключень керуючого діяння в системі управління і збільшити надійність такої системи. Розробка такого наукового дослідження є перспективою наступних наукових напрямків: військова кібернетика, інформатика, системний аналіз, дослідження операцій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ладієва Л.Р. Методи оптимізації та пошуку оптимальних рішень: [навч. посіб.] - К.: КПІ ім. Сікорського. 2023. - 73 с.
2. Жалдак М.І., Тріус Ю.В. Основи теорії і методів оптимізації: [навч. посіб.] - Черкаси "Брама-Україна" 2005. - 306 с.
3. Соколов С.В. Оптимальні та адаптивні системи: [навч. посіб.] - Суми. Сумський державний університет. 2018. - 221 с.
4. Тулубко В.Б., Беркман Л.Н. Методи оптимізації. - К.: Державний університет телекомунікацій. 2016. - 442 с.
5. Новицький І. В. Сучасна теорія керування: [навч. посіб.] - Дніпро: Національний гірничий університет. 2017. - 263 с.
6. Сільверстов А.М., Островерхов М.Я., Шефер О.В., Ладік Н.Я., Зіменков Д.К. Сучасні системи автоматичного керування технологічними комплексами: [навч. посіб.] - К. КПІ ім. Сікорського. 2023. - 388 с.
7. Богач А.С., Чаган Ю.А., Марченко Я.В., Ликов В.В. Щодо питання збільшення дальності та точності стрільби ствольних комплексів озброєння./ Збірник тез доповідей Міжнародної науково-технічної конференції "Перспективи розвитку озброєння та військової техніки Сухопутних військ." - Львів. 14-15 травня. Національна академія Сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного. 2020. С. 12.
8. Гаценко С.С. Аналіз вимог до системи управління військами та шлях їх удосконалення.// Збірник наукових праць Центру воєнно-стратегічних досліджень Національного університету оборони України ім. І. Черняховського. - Київ. 2015. С. 6.
9. Сердюк Т.М., Трипутень Н.М., Кузнецов В.В., Трипутень М. Н., Кузнецова А.В., Покотілов Д.Я. Квазіоптимальне управління двигунами постійного струму малої потужності. / Збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції "Сучасні інформаційні та комунікаційні технології на транспорті, в промисловості та освіті". 11.12.2019 - 12.12.2019 - Дніпро. ДДПТ. 2019. С. 124.

10. Сенькин В.С., Сюткина-Доронина С.В. До вибору методів, що використовуються при оптимізації проектних параметрів управління ракетним об'єктом. // Технічна механіка. 2019. № 1 . С. 38 – 52.
11. Клімович С.О., Пуштарик О.В. Варіант будови системи управління радіозасобами з широкопasmовими сигналами. Міжнародна науково-практична конференція "Застосування інформаційних технологій у підготовці та діяльності сил охорони правопорядку". 15 березня 2023 р./ Збірник тез доповідей. Харків. Національна академія Національної гвардії України. Харківський Національний університет радіоелектроніки. 2023. С.23-24.
12. Андрушко М.М., Аркушенко П.Л., Андрушко А.М. Кузьміч О.Є. Впровадження систем автоматизованого збору і обробки інформації на дослідних зразках озброєння та військової техніки. Міжнародна науково-практична конференція "Застосування інформаційних технологій у підготовці та діяльності сил охорони правопорядку". 15 березня 2023./ Збірник тез доповідей. - Харків. Національна академія Національної гвардії України. Харківський Національний університет радіоелектроніки. 2023. С. 31-32.
13. Величко О.Ф., Демідов Б.О., Борисенко М.В., Коваленко В.І.,Щербіна Є.О. Методологічні та системно-концептуальні положення і аспекти побудови перспективних автоматизованих систем управління військової техніки Сухопутних військ. // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба. № 4. 2022. С. 89-94.

REFERENCES:

1. Ladieva L.R. (2023), "Metody optymizatsiyi ta poshuku optimal'nykh rishen: Navchal'nyy posibnyk". [Methods of optimization and search for optimal solutions. Tutorial.] KPI im. Sikors'koho. Kyiv. 73 p.
2. Zhaldak M. I., Tryus YU. V. (2005), "Osnovy teorii i metodiv optymizatsiyi: Navchal'nyy posibnyk dlya studentiv matematychnykh spetsial'nostey VNZ". [Fundamentals of optimization theory and methods. Study guide for students of mathematical specialties of universities.], "Brama-Ukrayina", Cherkasy, 306 p.
3. Sokolov S. V. (2018), "Optymal'ni ta adaptivni systemy :Navchal'nyy posibnyk" [Optimal and adaptive systems], Sums'kyy derzhavnyy universytet. Sumy. 221 p.
4. Tulubko V. B., Berkman L.N. (2016), "Metody optymizatsiyi: Pidruchny". [Optimization methods], Derzhavnyy universytet telekommunikatsiy. Dnipro. 442 p.
5. Novytskyy I. V.(2016), "Suchasna teoriya keruvannya:Navchal'nyy posibnyk". [Modern control theory.] Natsional'nyy hirnychnyy universitet. Dnipro. 263 p.
6. Sil'vestrov A. M., Ostroverkhov M. YA., Shefer O. V., Ladik N. YA., Zimenkov D.K. (2023), Suchasni systemy avtomatychnoho keruvannya tekhnolohichnyimi kompleksami: Navchal'nyy posibnyk". [Modern systems of automatic control of technological complexes.] KPI im. Sikors'koho.Kyyiv. 388. p.
7. Bohach A.S., Chahan YU.A., Marchenko YA.V. and Lykova V.V.(2020), "Shchodo pytannya zbil'shennya dal'nosti ta tochnosti stril'by stvyl'nykh kompleksyv ozbroynennya": [Regarding the issue of increasing the range and accuracy of shooting, the collection of abstracts of reports of the] L'viv. Natsional'na akademiya Sukhoputnykh viys'k imeni het'mana Petra Sahaydachnoho. Zbirnyk tez dopovidey Mizhnarodnoyi naukovo-tekhnichnoyi- konferentsiyi "Perspektyvy rozvytku ozbroynennya ta viys'kovoyi tekhniky Sukhoputnykh viys'k."14-15 travnya.S. 12.
8. Hatsenko S.S. (2015), "Analiz vymoh do systemy upravlinnya viys'kamy ta shlyakh yikh udoskonalennya". [Analysis of the requirements for the military management system and the way to improve them.] Zbirnyk naukovykh prats' Tsentru voyenno-stratehichnykh doslidzhen' Natsional'noho universytetu oborony Ukrayiny im. I. Chernyakhovs'koho. Kyiv. S.6.
9. Serdyuk T. M., Tryputen' N. M., Kuznyetsov V. V, Tryputen' M. N., Kuznyetsova A. V. and Pokotilov D.YA. (2019), "Kvazioptimal'ne upravlinnya dvyhunamy postiynoho strumu maloyi potuzhnosti". [Quasi-optimal control of low power DC motors.] Dnipro. DDPT. Zbirnyk tez dopovidey 13-yi Mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi "Suchasni informatsiyi ta komunikatsiyi tekhnolohiyi na transporti, v promyslovosti ta osviti". (11.12.2019 - 12.12.2019) S. 124.
10. Sen'kyn V. S., Syutkina-Doronyina S. V. (2019), "Vybir metodiv, shcho vykorystovuyut'sya pry optymizatsiyi proektnykh parametriv upravlinnya raketnym ob'yektom". [Selection of methods used in the optimization of design parameters of missile facility management.]/ Technical mechanics. No. 1. P. 38 - 52.
11. Klimovych S. O., Pushtaryk O. V.,(2023), "Variant budovy systemy upravlinnya radiozasobamy z shyrokospasmovymi syhnalamy". [Variant of the structure of the control system of radio means with broadband signals.] Kharkiv. Natsional'na akademiya Natsional'noyi hvardiyi Ukrayiny. Kharkivs'kyy Natsional'nyy unyversytet radioelektroniky. Zbirnyk tez dopovidey. Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiya " Zastosuvannya informatsiynykh tekhnolohiy u pidhotovtsi ta diyal'nosti syl okhorony pravoporyadku". 15 bereznya 2023 r.S. 23-24.

12. Andrushko M. M., Arkushenko P. L., Andrushko A. M. Kuz'mich O. YE.(2023), "Vprovadzhennya system avtomatyzovanoho zboru i obrobky informatsiyi na doslidnykh zrazkakh ozbroiyennya ta viys'kovoyi tekhniky". [Implementation of automated information collection and processing systems on experimental samples of weapons and military equipment.] Kharkiv. Natsional'na akademiya Natsional'noyi hvardiyi Ukrainy. Kharkivs'kyy Natsional'nyy universytet radioelektroniky. Zbirnyk tez dopovidey. Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiya "Zastosuvannya informatsiynykh tekhnolohiy u pidhotovtsi viys'kovoyi tekhniky Sukhoputnykh viys'k ta diyal'nosti syl okhorony pravoporyadku" 15 bereznya 2023. S. 31-32.

13. Velychko O.F., Demidov B.O., Borysenko M.V., Kovalenko V.I., Shcherbina YE.O. (2022) "Metodolohichni ta systemno-kontseptual'ni polozhennya i aspekty pobudovy perspektyvnykh avtomatyzovanykh system upravlinnya viys'kovoyi tekhniky Sukhoputnykh viys'k". [Methodological and system-conceptual provisions and aspects of the construction of prospective automated control systems of military equipment of the Ground Forces.] Kharkiv. Kharkivs'kyy natsional'nyy universytet Povitryanykh Syl im. I. Kozheduba. Kyiv. Aparat Rady Natsional'noyi bezpeky i oborony Ukrainy. Zbirnyk naukovykh prats' Kharkivs'koho natsional'noho universytetu Povitryanykh Syl im. I. Kozheduba. № 4. S. 89-94.

PhD Semchak O. M., PhD Bogdanova O. G.

PROBLEMS AND DEVELOPMENT PROSPECT AUTOMATED CONTROL SYSTEM PURPOSE.

The justification of the need to improve the automated control process in the system of automatic targeting testing is presented. The modern Armed Forces of Ukraine use means of automation at all levels of command of the troops and managing the means of defeat. In parallel with the automation of the management process at all levels, the shadows of recent years indicate a shift of attention towards the lower management levels. The command systems at these levels collect, process and analyse information necessary to optimize the management of the actual combat assets. The specific fire task to combat crew, its transfer and delivery to the contractor is an important point in the process of such control. A central part of the task statement is targeting i.e. a brief, clear and understandable message about the location of the target and other information about it. The guaranteed transmission of target instruction from any level of control to the means of destruction is one of the directions of development and improvement of automated control systems for military purposes. The automated method for achieving the target-setting provides a minimum time for setting the firing task and carrying it out. However, in order for it to be revived, information on the full identification of targets at the different levels of control and sufficiently accurate information on the location of its forces and assets is necessary. In many cases, the dynamic properties of such control systems are described by high-order differential equations. The implementation of optimal speed in such cases faces a number of technical difficulties related to the need to calculate and implement the number of intervals of control action. The number of intervals is equal to the order of the differential equation of the system. In this case, it is advisable to move to a quasi-optimal control with the number of controls switching equal to three. Reducing the number of switches will not only simplify the functions of the microprocessor in such a control system, but also increase its reliability. Optimum system theory illuminates the way forward and points to unused reserves of existing automatic control systems. The development of mathematical theory is largely determined by the development of methods of synthesis of optimal systems. Bellman R. and Feldbaum O. first formulated and proved the theorem of n intervals or n switching by control systems. According to the n interval theorem, the number of switches can be reduced by replacing the n -order control system with an equivalent lower-order system. According to the hypothesis of Academician A.Y. Ishlinsky, a third-order system can be found for any n -order system. The paper presents a numerical experiment confirming the hypothesis of Academician A.Y. Ishlinsky about the possibility of presenting a high-order system equivalent to a third-order system. The problem of identifying the dynamics of technological processes is solved by acceleration curves. The use of direct numerical methods is limited in some cases by the inability to implement the input of the required form. In this case, object identification is carried out by a conventional differential equation of order 4. A type of differential equation of order 3 is also known. The values of the parameters at which the solutions of the differential equations of order 4 and order 3 are most closely related are found. To solve the problem, the Nelder-Mead method is used. The solution of the original differential equation is proposed to be found by the Runge-Kutt-Merson method. The obtained results make it possible

to simplify the process of object management in the systems of automatic targeting testing. The numerical experiments carried out confirmed the conjecture of Academician A.Y. Ishlinsky that the n -order system can be represented by an equivalent system of order 3. Thus, to reduce the time required to collect, process and analyze information necessary for the management of combat assets.

Keywords: quasi-optimal control, transition process, mathematical modeling, numerical method, information.

