

Петрова Ю.В. (НАУ, Україна)

## МЕТОДИКА АТЕСТАЦІЇ ДИНАМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗОРОВОГО КАНАЛУ ОПЕРАТОРА

*Пропонується методика кількісної оцінки дій оператора при спостереженні за випадковим процесом*

Системи управління, однією з ланок яких є людина, зараз знаходять широке застосування у багатьох галузях промисловості, у тому числі і в авіації.

Основна функція оператора в розімкнутих системах управління полягає в зйомі, контролі, спостереженні, аналізі потоку сигналів й передачі їх в управляючі ланки деякої складної динамічної системи. Звичайно оператор одержує інформацію про стан керованої їм системи в закодованому виді. Сприймаючи, розшифровуючи і переробляючи цю інформацію, він повинен не тільки чітко уявляти собі обстановку, що створилася, але й шляхом екстраполяції простежити тенденцію подальшого ходу подій, щоб представити можливі наслідки їхнього розвитку.

Таким чином, активне сприйняття і спостереження за сигналами, що відбивають динаміку параметрів керованої системи у реальному масштабі часу, визначення головних тенденцій і можливих наслідків подальшого розвитку подій, є необхідною умовою успішного виконання оператором своїх функцій. Природно, що у цій ситуації ведуча роль належить сенсомоторним умінням і навичкам оператора. Тут на перший план виступають швидкість, точність, координованість рухів, адекватність дій оператора поставленій задачі. Таким чином необхідно проводити атестацію операторів, їх сенсомоторних умінь і навичок для забезпечення високого рівня якості (точності) роботи систем управління.

Пропонується розглянути методику кількісної оцінки динамічних властивостей зорового каналу оператора в розімкнутій системі при спостереженні за випадковим сигналом по даним експериментальних досліджень.

Дана методика полягає в тому, щоб по масивам сигналів «вхід - вихід» і відомому алгоритму ідентифікації [1] визначити передаточну функцію зорового каналу оператора при подачі на вхід стохастичної інформації. Оцінювати придатність оператора до даного виду робіт будемо після проведення структурної ідентифікації каналу оператора [2] по отриманій спектральній щільності помилки, що кожен оператор вносить у систему при своїй роботі, в авіації - ремнанта оператора.

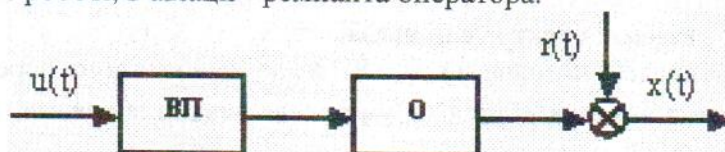


Рис. 1. Блок-схема системи сприйняття людиною зорової інформації

Задача полягає в тому, щоб по масивах сигналів «вхід-вихід» і по аналогії з відомими [3] алгоритмами ідентифікації визначити передаточну функцію зорового каналу оператора, а також спектральну щільність ремнанти, що супроводжує процес сприйняття вхідної інформації (реакцію оператора на неї). Роботу оператора при спостереженні за об'єктом, що рухається, можна представити у виді блок-схеми, зображеної на малюнку 1.

Вхідний сигнал системи  $u(t)$  надходить на візуальний пристрій ВП (дисплей комп'ютера), оператор О сприймає цю інформацію і намагається найбільш точно відтворити вхідний стохастичний сигнал за допомогою маніпулятора типу «миша», вносячи ремнанту  $r(t)$ . Виходом системи є сигнал  $x(t)$ , що реєструється і вноситься в пам'ять комп'ютера.

Для рішення поставленої задачі пропонується на вхід зорового каналу подавати центрований стаціонарний випадковий процес з відповідною спектральною щільністю («сірий» шум). Оператор повинний відтворити тестовий сигнал, який є вихідним сигналом. Вхідний і вихідний сигнал фіксуються.

Для рішення поставленої задачі застосовується стандартна процедура первинної обробки стаціонарних випадкових сигналів (процедура визначення спектральних та взаємних спектральних щільностей сигналів) і алгоритм [1] структурної ідентифікації динаміки одномірного стаціонарного об'єкта і неконтрольованого збурювання, яке кожний оператор вносить у систему. Також використовується пакет прикладних програм рішення на ЕОМ задачі структурної ідентифікації, розроблений на кафедрі СУ НАУ.

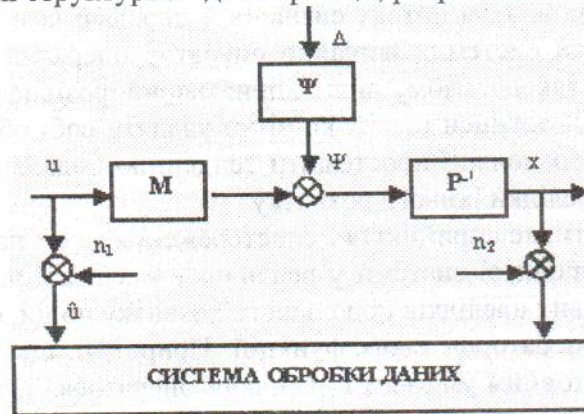


Рис.2. структурна схема ідентифікації динаміки об'єкта

#### Алгоритм структурної ідентифікації моделі динамічної системи.

Скористаємося відомим алгоритмом, суть якого в наступному. Нехай при експерименті визначаються масиви вхідного  $u(t)$  і вихідного  $x(t)$  сигналів досліджуваного об'єкта (мал.2), поведіння якого описується системою звичайних диференціальних рівнянь з постійними коефіцієнтами виду

$$P x = M u + \psi \quad (1)$$

де  $x$  і  $u$  – вектори відповідно вихідного і вхідного сигналів об'єкта,  $\psi$  – вектор сигналу неконтрольованого збурювання, некорельований з входом  $u$ ;  $P$  і  $M$  – невідомі матриці, елементи яких представляють поліноми аргументу  $s = j\omega$ . Задача полягає у знаходженні передаточної функції зорового каналу оператора та спектральної щільності збурення (ремнанти)  $S_{\psi\psi}(s)$ . Після проведення первинної обробки сигналів визначаються спектральні і взаємні спектральні щільності  $S_{uu}(s)$ ,  $S_{xx}(s)$ ,  $S_{ux}(s)$ , і  $S_{xu}(s)$ .

Враховуючи введені позначення  $\psi = \Psi \cdot \Delta$ , де  $\Psi$  – невідома передаточна функція фільтра, що формує з вектора «білих» шумів  $\Delta(s)$  вектор збурення, перепишемо рівняння (1) як

$$x = P^{-1} M u + P^{-1} \Psi \Delta.$$

Вважаючи виміри сигналів  $u$  і  $x$  «ідеальними», тобто отриманими без завад вимірювань, складемо алгоритм структурної ідентифікації як:

матриця передаточних функцій об'єкта ідентифікації

$$W_x^u = P^{-1} M = S_{ux}^T (S_{uu}^T)^{-1}, \quad (2)$$

матриця спектральних щільностей збурення на об'єкт

$$S_{\psi\psi} = P^{-1} \Psi S_{\Delta\Delta} \Psi^* P^{-1} = S_{xx}^T - S_{ux}^T (S_{uu}^T)^{-1} S_{xu}^T, \quad (3)$$

а шукана матриця передаточних функцій фільтра, що формує збурення,

$$\Psi = \left\{ P \left[ S_{xx}^T - S_{ux}^T (S_{uu}^T)^{-1} S_{xu}^T \right] P^* \right\}^{\dagger}. \quad (4)$$

тут символ «\*» – знак ермітова спряження, індекс «+» угорі – знак операції факторизації [2].

**Методика і деякі результати оцінювання динаміки зорового каналу.**

Експеримент проводився з використанням спеціально розробленої програми для визначення динамічних властивостей зорового каналу оператора. Людині пред'являвся тестовий стохастичний сигнал, що рухається (псевдобілий шум, пропущений через потрібний формуючий фільтр).

Вхідний сигнал з'являвся в спеціальному вікні на дисплеї комп'ютера таким чином, що оператор бачив лише фрагмент тестового сигналу. Оператор для відпрацювання вхідного сигналу водив мишкою в іншому вікні, розташованому поруч з вікном тестового сигналу. Вихідний та вихідний сигнали вимірювалися в см. З метою перевірки сенсомоторних властивостей операторів ПК при спостереженні за випадковим сигналом було проведено ряд досліджень з використанням запропонованої методики. Експеримент проводився на декількох операторах.

Після проведення експерименту дані про вхідний і вихідний сигнали надходили на стандартну первинну обробку, у результаті якої були отримані відповідні спектральні і взаємні спектральні щільності, а також проведена їх апроксимація аналітичними вираженнями методом логарифмічних частотних характеристик.

На рис. 3 приведені графіки амплітудних характеристик спектральної щільності вхідного та вихідного сигналів, а також взаємна спектральна щільність цих сигналів.

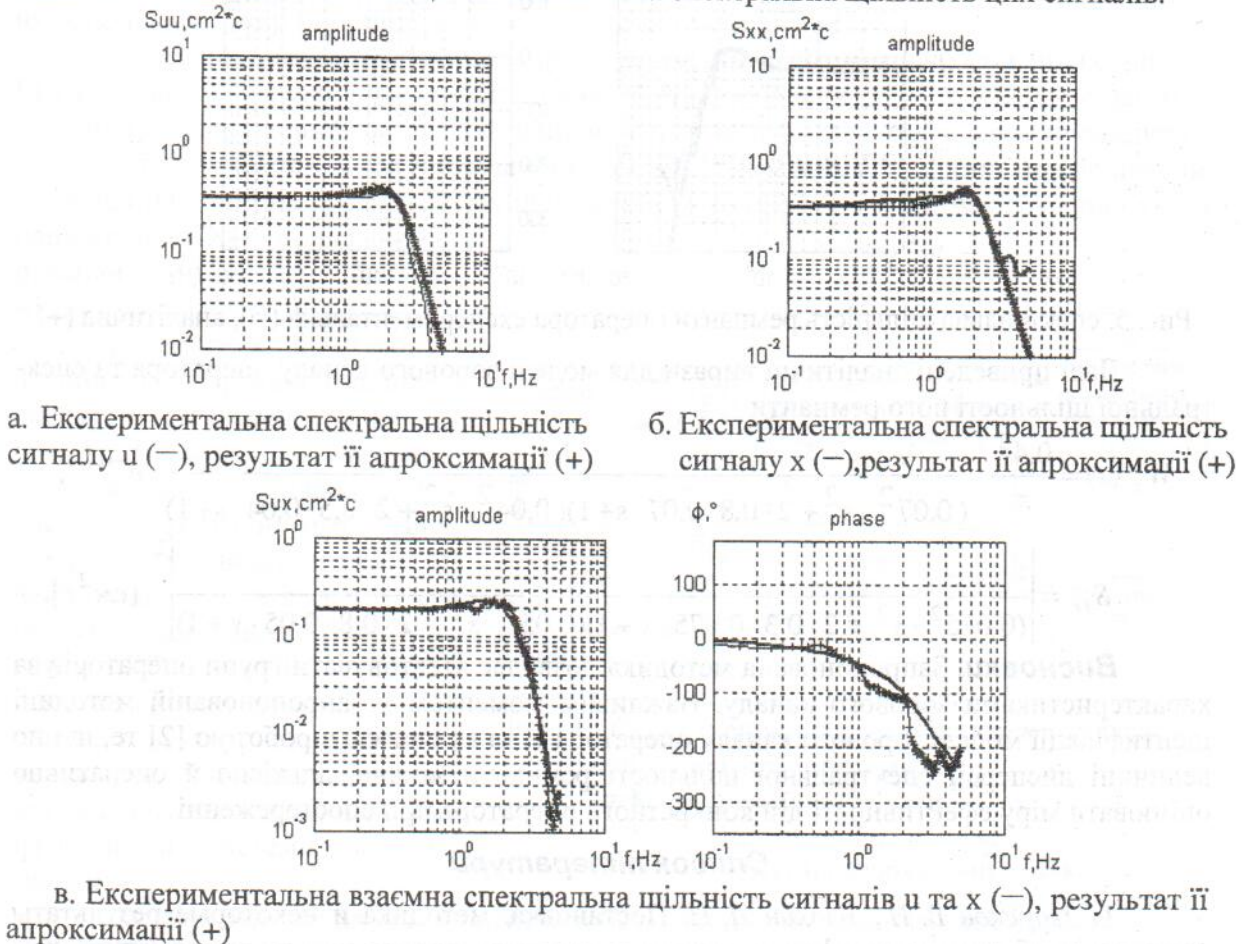


Рис. 3. Результати первинної обробки вхідного і вихідного сигналів оператора

Потім за допомогою пакета прикладних програм, що реалізують алгоритм структурної ідентифікації (2), (3) і (4), проведено послідовне рішення скалярних задач ідентифікації моделі зорового каналу оператора. Таким чином отримані логарифмічні амплітудно-частотна та фазо – частотна характеристики (ЛАЧХ і ЛФЧХ) оператора та

спектральна щільність ремнанти. Її дисперсію [2] можна використовуватись для кількісної оцінки роботи оператора.

На рис. 4 приведені ЛАЧХ і ЛФЧХ зорового каналу оператора.

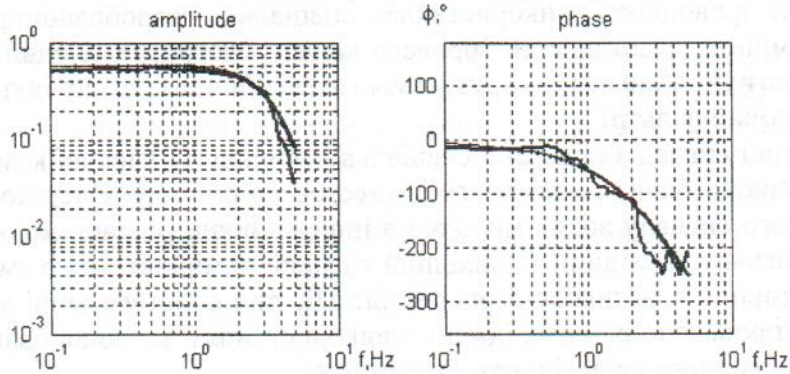


Рис. 4. Результати ідентифікації моделі зорового каналу оператора експериментальні (—), аналітичні (+)

На рис. 5 приведена спектральна щільність ремнанти оператора.

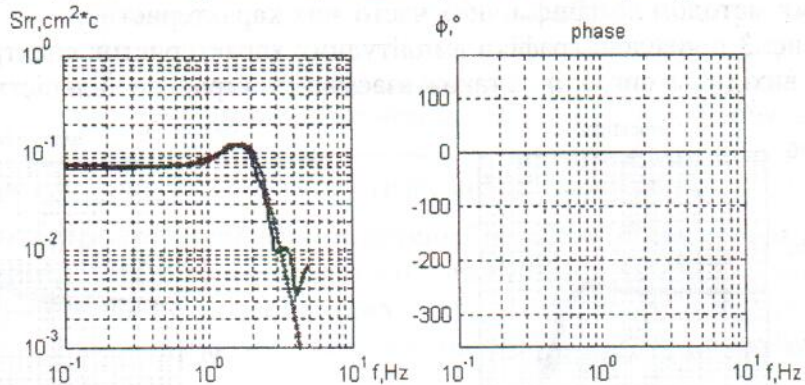


Рис. 5. спектральна щільність ремнанти оператора експериментальна (—), аналітична (+)

Далі приведені аналітичні вирази для моделі зорового каналу оператора та спектральної щільності його ремнанти

$$W_x^u(s) = \frac{0,4^2}{\pi} \cdot \frac{1}{(0,07^2 \cdot s^2 + 2 \cdot 0,8 \cdot 0,07 \cdot s + 1)(0,04^2 \cdot s^2 + 2 \cdot 0,5 \cdot 0,04 \cdot s + 1)} \cdot e^{-0,2 s},$$

$$S_{rr} = \left| \frac{1}{(0,075^2 \cdot s^2 + 2 \cdot 0,3 \cdot 0,075 \cdot s + 1)(0,05^2 \cdot s^2 + 2 \cdot 0,8 \cdot 0,05 \cdot s + 1)} \right|^2, [cm^2 c].$$

**Висновки.** Запропонована методика дозволяє атестувати групи операторів за характеристиками зорового каналу. Важливим моментом у запропонованій методиці ідентифікації моделі зорового каналу оператора є, за аналогією з роботою [2] те, що по величині дисперсії спектральної щільності ремнанти можна кількісно й оперативно оцінювати міру ефективності дій конкретного оператора при спостереженні.

#### Список літератури

1. Азарсков В. Н., Блохин Л. Н. Постановка, методика и некоторые результаты решения проблемы идентификации модели действия пилота при полуавтоматическом управлении полетом. Кибернетика и вычислительная техника. Вып. 140, 2004. – С. 12-22.
2. Блохин Л.Н. Оптимальные системы стабилизации. – К.: Техніка, 1982. – 144 с.
3. Азарсков В. Н., Блохин Л. Н., Бурдин В. В, Воронин Л. И. Космическая биология и авиакосмическая медицина. № 6. 1991. – С. 14-17.