

**О.В.Єрмолаєва** (Національний авіаційний університет)  
**Д.В. Горбаненко**, студент (Національний авіаційний університет)  
**В.А. Грищук**, студент (Національний авіаційний університет)

### Обробка експериментальних сигналів динамічного об'єкта

Поняття якості складних динамічних систем різного призначення – одне з визначальних в інженерній практиці. Питання поліпшення чи максимізації мають постійно знаходитись в центрі уваги наукової та інженерної діяльності фахівців, котрі створюють чи експлуатують ці системи. Визначивши поняття якості конкретної складної системи, можна ставити і вирішувати задачі кількісних змін її динамічних характеристик, а також результатів перетворення динамічною системою усіх діючих на неї вхідних впливів та збурень.

Як відомо, якістю для рухомих об'єктів є точність стабілізації на траєкторії. Необхідною умовою для цього є повне знання моделей динаміки досліджуваного об'єкта і збурень, що діють на нього в процесі експлуатації. Априорі реальні моделі динаміки рухомого об'єкта під дією збурюючих факторів не завжди відомі. В таких випадках потрібним є проведення структурної ідентифікації – визначення динамічних характеристик об'єкта за результатами натурного експерименту. Першою стадією етапу ідентифікації є первинна обробка експериментальних даних.

Вхідні сигнали формувалися спеціально моделювальним послідовним багатовимірним фільтром безпосередньо з комп'ютерного псевдо білого шуму. Всі зафіксовані сигнали мають стохастичних характер. Для оцінки властивостей цих сигналів і взаємозв'язків між ними необхідно зробити їхню первинну обробку – визначення моделей динаміки сигналів у вигляді їх спектральних та взаємно спектральних щільностей

В результаті моделювання руху динамічного об'єкта були зареєстровані осцилограми управляючих впливів, а також вихідних реакцій системи (рис.1).

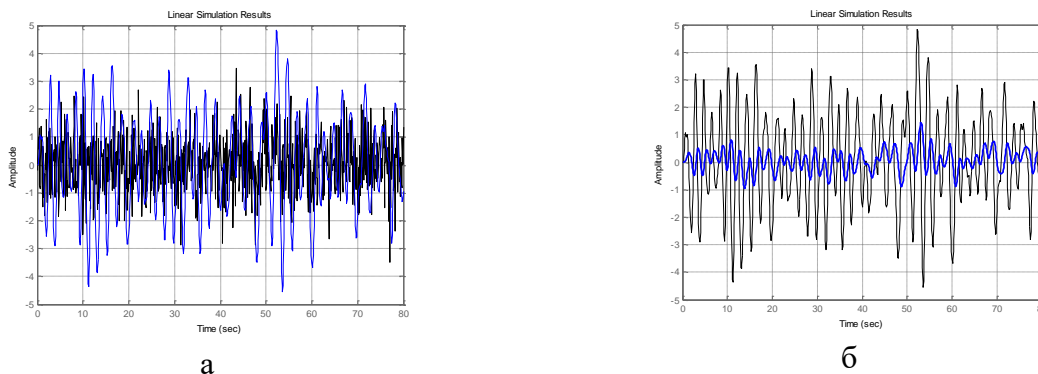
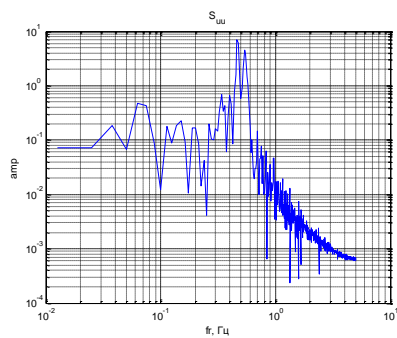
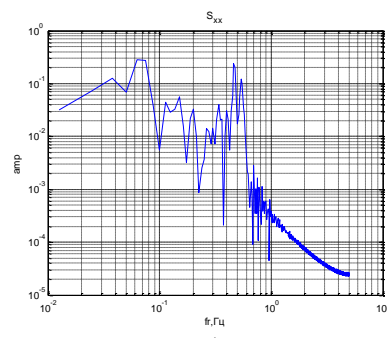


Рис.1 Осцилограми управляючих впливів (а) та вихідних реакцій системи (б)

Визначення статистичних характеристик експериментальних даних виконується за допомогою відомих алгоритмів визначення кореляційних та взаємних кореляційних функцій досліджуваних сигналів з наступним перетворенням цих функцій за Фур'є. Результатом цього є спектральні та взаємні спектральні щільності сигналів у вигляді графічних залежностей амплітуди і фази від частоти (рис.2 - 3).

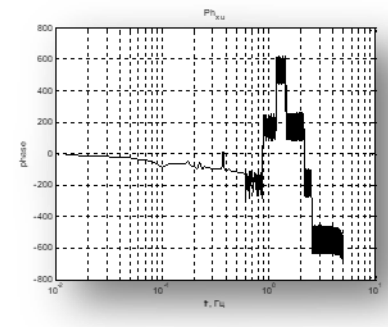
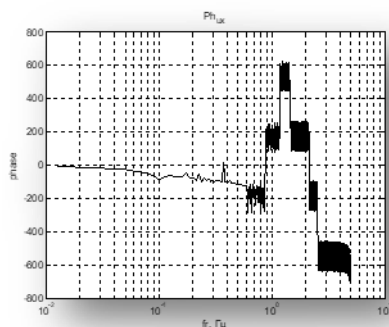
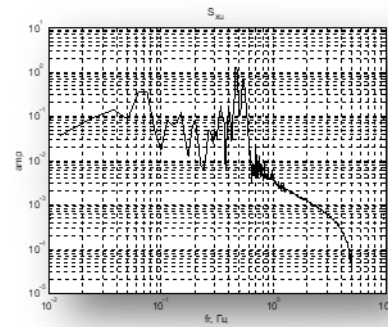
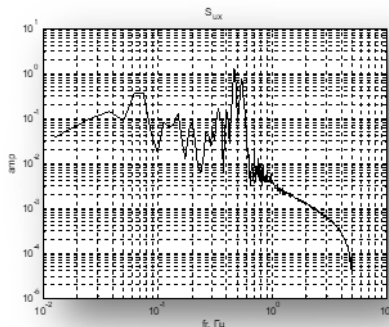


а



б

Рис.2 Спектральні щільності вхідного (а) і вихідного сигналів (б)

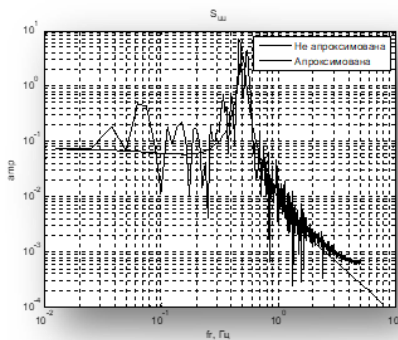


а

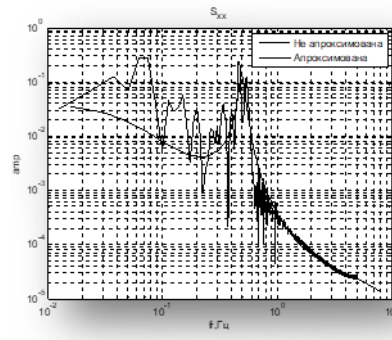
б

Рис.3 Взаємні спектральні щільності вхід-вихід (а) та вихід-вхід (б)

Для складання математичних моделей динаміки сигналів по отриманим графічним залежностям необхідно їх апроксимувати за допомогою узагальненого методу логарифмічних характеристик (рис. 4)



а



б

Рис.4 Апроксимація спектральних щільностей вхідного (а) і вихідного сигналів (б)

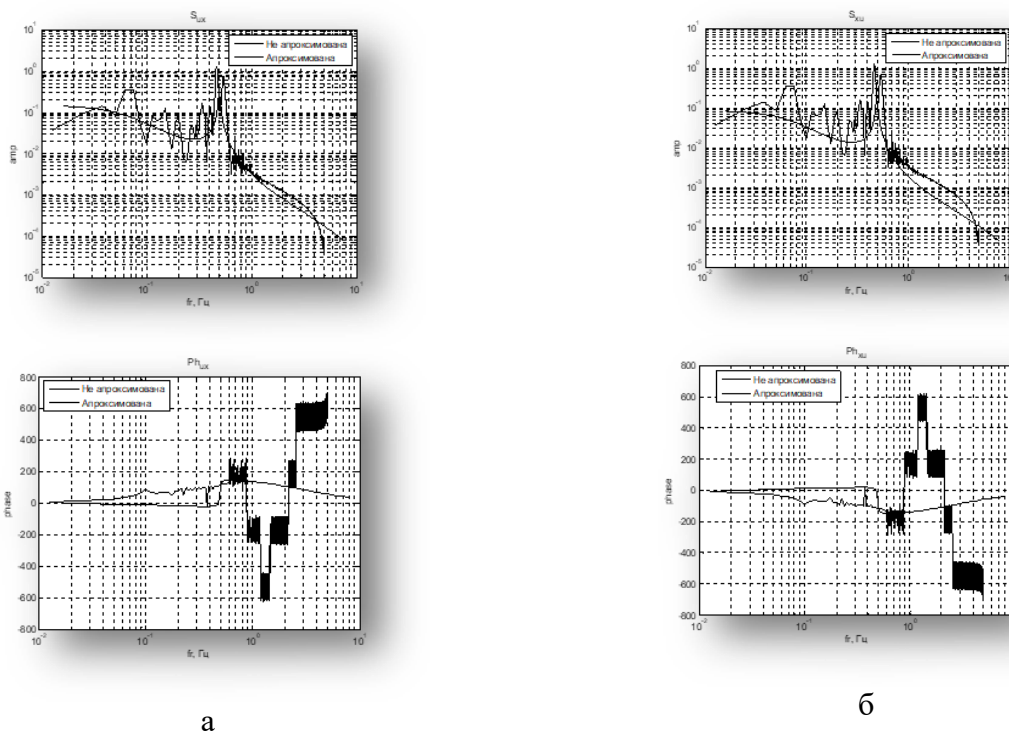


Рис.5 Апроксимація взаємна спектральних щільностей вхід-вихід (а) та вихід-вхід (б)

В результаті виконання всіх вищевказаних процедур отримані моделі динаміки сигналів динамічного об'єкта в вигляді спектральних і взаємних спектральних щільностей сигналів управління.

$$S'_{uu} = \frac{0,47^2}{\pi} \left| \frac{(0,61s + 1)(0,17^2 s^2 + 2 \cdot 1 \cdot 0,17s + 1)}{(0,32^2 s^2 + 2 \cdot 0,05 \cdot 0,32s + 1)(0,29^2 s^2 + 2 \cdot 2 \cdot 0,29s + 1)} \right|^2, \text{ (град}^2 \cdot \text{сек)}$$

$$S'_{xx} = \frac{0,35^2}{\pi} \left| \frac{(0,66s + 1)(0,45^2 s^2 + 2 \cdot 1,5 \cdot 0,45s + 1)(0,1s + 1)}{(1,32s + 1)(0,32^2 s^2 + 2 \cdot 0,06 \cdot 0,32s + 1)(0,29^2 s^2 + 2 \cdot 6 \cdot 0,29s + 1)} \right|^2, \text{ (В}^2 \cdot \text{сек)}$$

$$S'_{ux} = 2,8 \cdot \frac{0,47 \cdot 0,35}{\pi} \cdot \frac{(-0,61s + 1)(0,26^2 s^2 + 2 \cdot 2 \cdot 0,26s + 1)(-0,09s + 1)}{(2,27s + 1)(0,32^2 s^2 - 2 \cdot 0,02 \cdot 0,32s + 1)(0,23^2 s^2 + 2 \cdot 2 \cdot 0,23s + 1)(0,06s + 1)}, \text{ (град} \cdot \text{В} \cdot \text{сек)}$$

$$S'_{xu} = 1,7 \cdot \frac{0,47 \cdot 0,35}{\pi} \cdot \frac{(0,61s + 1)(0,26^2 s^2 - 2 \cdot 2 \cdot 0,26s + 1)(0,09s + 1)}{(-2,27s + 1)(0,32^2 s^2 + 2 \cdot 0,02 \cdot 0,32s + 1)(0,23^2 s^2 - 2 \cdot 2 \cdot 0,23s + 1)(-0,06s + 1)}, \text{ (град} \cdot \text{В} \cdot \text{сек)}$$

Отримані моделі можуть бути використані на етапі структурної ідентифікації динамічного об'єкта й синтезу його оптимальної структури.

### Список літератури

1. Статистична динаміка систем управління / Л.М. Блохін, М.Ю. Буриченко, Н.В. Білак, Ю.М. Безкорвайний, О.П. Кривоносенко Підручник для ВНЗ. – К.: НАУ, 2010. – 276 с.
2. Методология конструирования оптимальных систем стохастической стабилизации: монографія / Азарсков В.Н., Блохин Л.Н., Житецкий Л.С. — К.: НАУ, 2006. — 440 с.