

АДАПТИВНЕ УПРАВЛІННЯ ТУРБУЛЕНТНІСТЮ НА ОСНОВІ МІКРОЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ

¹Товкач С. С., ²Шквар Є.О.

¹Національний авіаційний університет, Київ,
Україна,

²Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», Київ, Україна

Адаптивні методи управління характеристиками обтікання є перспективною технологією, яка на основі результатів оцінки аналізу поточних характеристик розподілу турбулентних збурень у потоці збурень мусить у режимі реального часу шляхом формування відповідних керувальних дій забезпечувати близький до оптимального режим обтікання задля зменшення опору тертя, і, як наслідок, зниження витрати палива літального апарату (ЛА). Метою даної доповіді є висвітлення позиції авторів щодо можливості реалізації технології адаптивного управління пристінними турбулентними течіями на основі досягнень сучасних технологій в напрямку інтеграції функціональності та мініатюризації електронних виробів. Управління турбулентністю пропонується здійснювати на основі найсучаснішої елементної електронної бази - мікроелектромеханічних систем (MEMS) (рис. 1) та реалізувати за рахунок розробки технології інтерактивного управління й відповідного алгоритму що забезпечуватиме автоматичне самовдосконалення та налаштування на поточні умови по мірі його функціонування.

Для опрацювання інформації від розподіленого по обтічній поверхні масиву MEMS та управління ним у режимі реального часу планується ефективно застосовувати мобільні обчислювальні системи, що реалізують технології масивно-паралельної обробки на кшталт NVIDIA Jetson TK1.

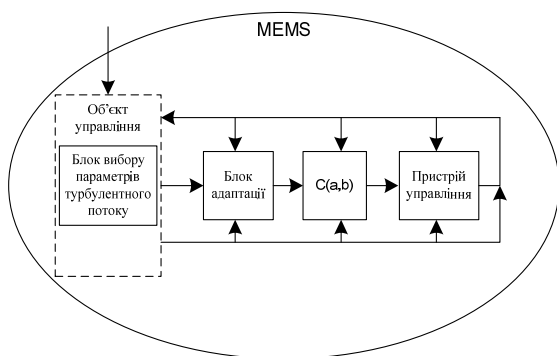


Рис. 1. Узагальнена модель адаптивного управління.

Структура закону управління у першому наближенні пропонується у такому вигляді: $y_i = w(x_i, z_i)C(a, b, \dots)$, де i - номер кроку адаптації, $w(x_i, z_i)$ - нелінійна функція, що характеризує властивості турбулентного обміну, $C(a, b, \dots)$ - коефіцієнти пристрою управління, які постійно уточнюються в процесі роботи системи і підлаштовуються під поточні умови її експлуатації.

Авторами пропонується здійснювати адаптацію алгоритму управління на основі комплексного координування частотних, енергетичних, часових параметрів пристінних течій шляхом формування розподілених керувальних впливів на обтічній поверхні, що дозволяє підвищувати ефективність в умовах розвиненої турбулентності. Від успішної реалізації адаптивного управління турбулентним потоком на основі MEMS можна очікувати зменшення опору тертя до 50% [1-3], але нові ідеї, засновані на адаптивній маніпуляції пристінними когерентними структурами, потребують для їх практичного втілення значного опрацювання з метою визначення та оптимізації законів управління структурними особливостями турбулентної течії, що формується над ділянкою обтічної поверхні, оздобленої пристроями MEMS. Додаткова складність обумовлена також і тим, що поблизу таких елементів компонування літака, як крило, гондולי двигунів, лінійні масштаби турбулентних вихрових структур, що формуються поблизу обтічної поверхні, змінюються в межах від десятків до сотень мікрон, а для усєї зсувної течії ці масштаби є сумірними з її товщиною, що обумовлює суворі вимоги до роздільної здатності системи управління. Для розробки стратегії розподіленого управління пропонується використання сучасного методу визначення характеристик турбулентних течій з необхідним рівнем роздільної здатності – моделювання великих вихорів (LES). Ураховуючи суттєву вимогливість даного метода до ресурсів обчислювальної техніки визначені пріоритети його паралельної (розгалуженої) реалізації.

У процесі подальшої реалізації даної проблематики автори вважають перспективним реалізацію еволюційного адаптивного активного управління зі зворотнім зв'язком, де передбачається використання алгоритмів розпізнавання образів, методології обробки сигналів, технології самовдосконалення у процесі функціонування. Вивчення та впровадження цих технологій відкриває значні перспективи в напрямку реальних технічних застосувань MEMS як засобів управління турбулентним обтіканням сучасних швидкісних транспортних засобів різноманітного призначення і, у першу чергу, їх впровадження в авіаційну галузь з метою забезпечення конкурентоспроможних характеристик ЛА.

ЛІТЕРАТУРА

1. Корнилов В.И. Проблемы снижения турбулентного трения активными и пассивными методами (обзор). // Теплофизика и аэромеханика. – 2005. – № 2. – С. 183–208.
2. Kornilov V.I. Current state and prospects of researches on the control of turbulent boundary layer by air blowing. // Progress in Aerospace Sciences. – 2015. – N 76. – P. 1–23.
3. Козлов В.В. Мэмс-технология в аэродинамике. // «Наука в Сибири» ИТПМ. – 2001. – С. 27-31.

